




**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 372

ANAS - DIREZIONE TECNICA

| | | |
|---|---|---|
| <p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p> | <p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> | <p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p>    |
| <p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p> | <p><i>Ing. Moreno Panfilì</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p> | |
| <p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</i></p> | <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> | |
| <p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p> | <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p> | |

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE
Vasche di prima pioggia e sversamenti accidentali
Relazione tecnica e di calcolo

| | | | | | |
|-----------------|--|-------------|-----------------------------|------------|-----------|
| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | | REVISIONE | SCALA |
| PROGETTO | LIV.PROG. | ANNO | T000M00STRRE01_B | | |
| DTPG372 | D | 22 | CODICE ELAB. T000M00STRRE01 | B | - |
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037 | Gennaio '23 | Cecchetti | Panfilì | Guiducci |
| A | Emissione | Ottobre '22 | Cecchetti | Panfilì | Guiducci |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

INDICE

| | | |
|-----------|--|------------------|
| 1. | <u>PREMESSA.....</u> | <u>4</u> |
| 2. | <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u> | <u>6</u> |
| 3. | <u>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</u> | <u>7</u> |
| 3.1 | CALCESTRUZZO..... | 7 |
| 3.2 | ACCIAIO | 7 |
| 3.3 | ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI | 8 |
| 3.3.1 | <i>Calcestruzzo</i> | 8 |
| 4. | <u>STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO.....</u> | <u>11</u> |
| 4.1 | PARAMETRI DEL TERRENO | 11 |
| 4.2 | LIVELLO DI FALDA..... | 12 |
| 4.3 | DEFINIZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO | 12 |
| 5. | <u>VALUTAZIONE SISMICA.....</u> | <u>13</u> |
| 5.1 | VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO | 13 |
| 5.2 | PERICOLOSITÀ SISMICA | 14 |
| 5.3 | CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE | 15 |
| 5.4 | VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE..... | 16 |
| 5.5 | VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUI MANUFATTI..... | 17 |
| 6. | <u>CRITERI DI PROGETTAZIONE E COMBINAZIONI DI CALCOLO</u> | <u>18</u> |
| 6.1 | COMBINAZIONE DELLE AZIONI (CAP. 2.5.3 D.M. 17/01/2018)..... | 18 |
| 6.2 | COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE | 19 |
| 7. | <u>IMPOSTAZIONE DEL MODELLO</u> | <u>22</u> |
| 7.1 | PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO | 22 |
| 7.2 | SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA..... | 23 |
| 7.2.1 | <i>Elementi Frame.....</i> | 26 |
| 7.3 | SEZIONI DI VERIFICA..... | 29 |
| 8. | <u>ANALISI DEI CARICHI</u> | <u>30</u> |
| 8.1 | CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1)..... | 30 |
| 8.2 | CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)..... | 30 |
| 8.2.1 | <i>Ricoprimento.....</i> | 30 |
| 8.2.2 | <i>Spinta statica del terreno.....</i> | 31 |
| 8.2.3 | <i>Pressione dell'acqua</i> | 31 |
| 8.3 | CARICHI VARIABILI (Q)..... | 33 |
| 8.3.1 | <i>Pressione dell'acqua interna</i> | 33 |
| 8.3.2 | <i>Traffico.....</i> | 34 |

PROGETTAZIONE ATI:

| | | |
|------------|--|-----------|
| 8.4 | CARICHI SISMICI..... | 35 |
| 8.4.1 | <i>Forze derivanti dall'eccitazione dei carichi permanenti</i> | 36 |
| 8.4.2 | <i>Sovra spinta del terreno (Wood)</i> | 36 |
| 8.4.3 | <i>Sovra spinta acqua libera</i> | 37 |
| 9. | <u>CRITERI DI VERIFICA.....</u> | 38 |
| 9.1 | STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) | 38 |
| 9.1.1 | <i>Verifica delle tensioni</i> | 38 |
| 9.1.2 | <i>Verifica dell'apertura delle fessure</i> | 39 |
| 9.1 | STATI LIMITE ULTIMI (SLU)..... | 40 |
| 9.1.1 | <i>Verifica degli elementi in calcestruzzo armato</i> | 40 |
| 9.2 | VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO (GEO) | 42 |
| 9.2.1 | <i>Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno</i> | 42 |
| 10. | <u>RISULTATI DEI MODELLI.....</u> | 44 |
| 10 | <u>INVILUPPI COMBINAZIONI</u> | 45 |
| 10.1 | SLU..... | 45 |
| 10.2 | SLV | 46 |
| 10.3 | SLE – RARA/SLD..... | 47 |
| 10.4 | SLE - FREQUENTE | 47 |
| 10.5 | SLE – QUASI PERMANENTI | 48 |
| 11 | <u>VERIFICHE STRUTTURALI</u> | 50 |
| 11.1 | VERIFICHE STRUTTURALI – SOLETTA SUPERIORE | 51 |
| 11.1.1 | <i>SLU/SLV – Verifica a flessione</i> | 51 |
| 11.1.2 | <i>SLU/SLV – Verifica a Taglio</i> | 52 |
| 11.1.3 | <i>SLE Quasi Permanente – Verifica a fessurazione</i> | 53 |
| 11.1.4 | <i>SLE Frequente – Verifica a fessurazione</i> | 55 |
| 11.1.5 | <i>SLE Rara – Verifica delle tensioni</i> | 57 |
| 11.2 | VERIFICHE STRUTTURALI – PIEDRITTO..... | 58 |
| 11.2.1 | <i>SLU/SLV – Verifica a flessione</i> | 58 |
| 11.2.2 | <i>SLU/SLV – Verifica a Taglio</i> | 59 |
| 11.2.3 | <i>SLE Quasi Permanente – Verifica a fessurazione</i> | 60 |
| 11.2.4 | <i>SLE Frequente – Verifica a fessurazione</i> | 62 |
| 11.2.5 | <i>SLE Rara – Verifica delle tensioni</i> | 64 |
| 11.3 | VERIFICHE STRUTTURALI – FONDAZIONE | 65 |
| 11.3.1 | <i>SLU/SLV – Verifica a flessione</i> | 65 |
| 11.3.2 | <i>SLU/SLV – Verifica a Taglio</i> | 66 |

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 11.3.3 | <i>SLE Quasi Permanente – Verifica a fessurazione</i> | 67 |
| 11.3.4 | <i>SLE Frequente – Verifica a fessurazione</i> | 69 |
| 11.3.5 | <i>SLE Rara – Verifica delle tensioni</i> | 71 |
| 11.4 | VERIFICHE STRUTTURALI – MURI INTERNI | 72 |
| 11.4.1 | <i>SLU/SLV – Verifica a flessione</i> | 72 |
| 11.4.2 | <i>SLU/SLV – Verifica a Taglio</i> | 74 |
| 11.4.3 | <i>SLE Quasi Permanente – Verifica a fessurazione</i> | 75 |
| 11.4.4 | <i>SLE Frequente – Verifica a fessurazione</i> | 76 |
| 11.4.5 | <i>SLE Rara – Verifica delle tensioni</i> | 76 |
| 12 | <u>VERIFICHE GEOTECNICHE</u> | 78 |
| 12.1 | VERIFICHE A GALLEGGIAMENTO | 78 |
| 12.2 | VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE | 79 |
| 13 | <u>ALLEGATI DI CALCOLO</u> | 82 |

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche geotecniche e strutturali effettuate per la progettazione *definitiva* delle opere minori relative al progetto "E E45 – SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA".

L'intervento prevede una serie di viadotti e svincoli che hanno lo scopo di migliorare la viabilità della zona Est della città di Perugia, in località Collestrada, fino a raggiungere la Strada Statale 3bis nei pressi dello svincolo di Montebello (PG).

Lo studio è mirato a fornire il percorso critico seguito per la progettazione degli elementi strutturali presenti e le verifiche eseguite ai sensi delle NTC 18.

Tali vasche risultano interrate con un ricoprimento minimo di 1.00 m composto principalmente dal terreno di riempimento.

La vasca presenta un riempimento minimo di acqua pari a: 0.75m e un riempimento massimo pari a 1.70m .

Gli elementi presentano i seguenti spessori:

- Muro contro-terra: 0.30m;
- Soletta superiore: 0.25m;
- Fondazione: 0.40m
- Muri interni :0.30m

Tra le vasche presenti nel progetto, si dimensiona quella che presenta le condizioni al contorno peggiori. In particolare per quanto concerne le caratteristiche di terreno e di amplificazione del terreno, si fa riferimento alla vasca VPP6 posta alla progressiva 4+016.30 dell'asse principale, mentre per quanto concerne le condizioni al contorno relative ai carichi variabili si fa riferimento alla vasca adiacenti al cappio Ovest.

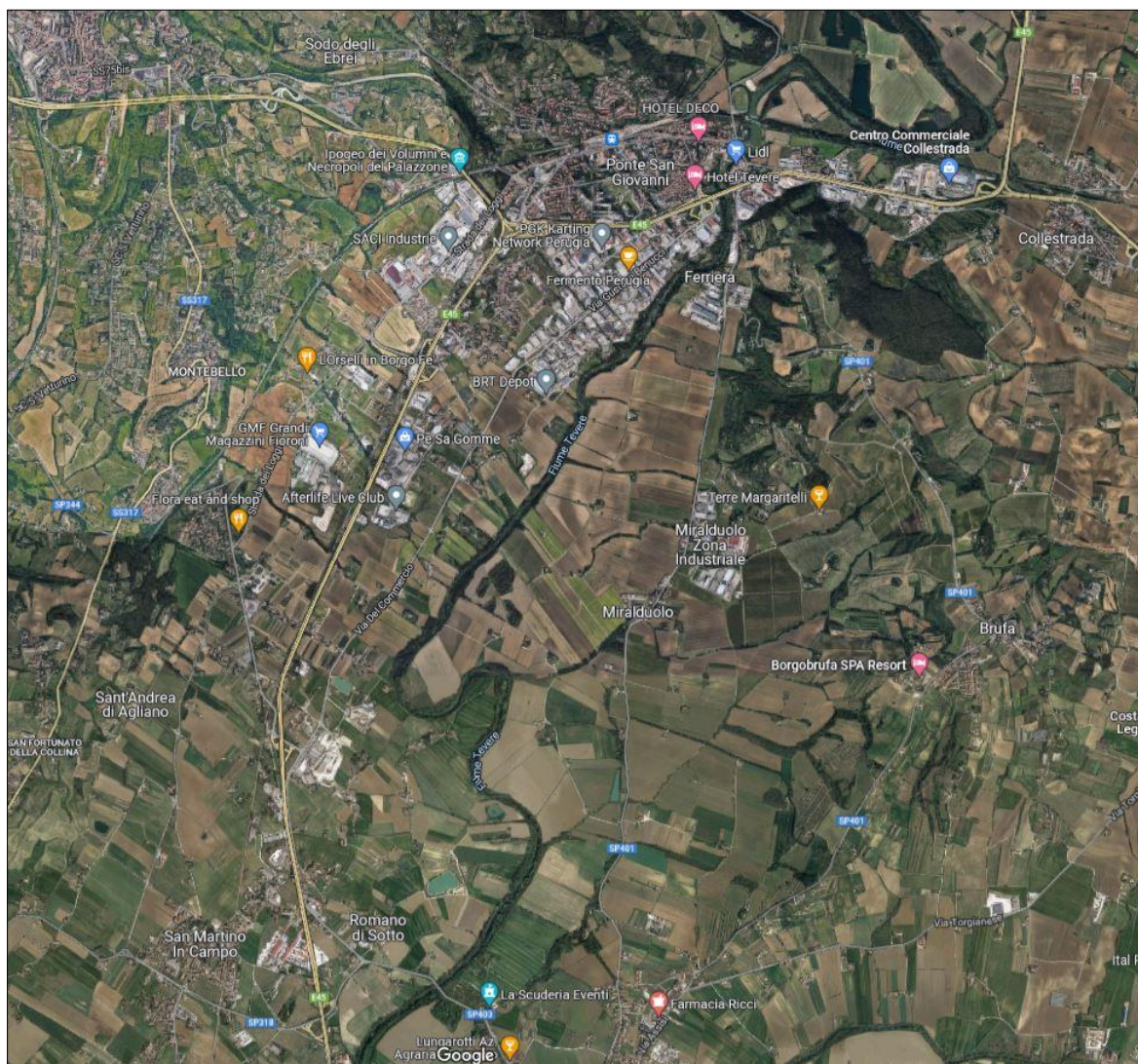


Figura 1-1: Area di intervento

PROGETTAZIONE ATI:

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica:

- [1] D.P.R. n° 380 del 06/06/2001, integrato ai sensi del D.Lgs. n° 301 del 27/12/2002 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [2] UNI EN 206-1:2016 – “Calcestruzzo-Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [3] UNI 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”;
- [4] D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” - GU n°42 del 20/2/2018;
- [5] Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» - Gazzetta Ufficiale del 11.02.2019 n. 35, supplemento ordinario n. 5;
- [6] CNR-DT 207 R1/2018 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni;
- [7] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [8] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104. Dato il contatto con acque di prima pioggia, generalmente acide, si considerano i seguenti materiali:

- **Calcestruzzo**

| | | |
|---|-----------|--------|
| Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104 | | |
| Classe di resistenza minima: | C_{min} | C32/40 |
| Classe di esposizione: | | XC2 |
| Classe di consistenza: | S | S4 |
| Dimensione massima aggregati [mm] | D_{max} | 20 |
| Copriferro minimo [mm] | c | 40 |

3.2 ACCIAIO

- **Acciaio per armature ordinarie**

| | | |
|--|----------|------------------|
| Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento | | |
| Tensione caratteristica di snervamento | f_{yk} | $\geq 450N/mm^2$ |
| Tensione caratteristica di rottura | f_{tk} | $\geq 540N/mm^2$ |

3.3 ULTERIORI SPECIFICHE RELATIVE AI MATERIALI

3.3.1 CALCESTRUZZO

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016.

Per le caratteristiche dei calcestruzzi si fa riferimento alle formule indicate di seguito:

- resistenza a compressione cubica: R_{ck}
- resistenza a compressione cilindrica: $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$
- resistenza a compressione cilindrica media: $f_{cm} = f_{ck} + 8$ [N/mm²]
- resistenza media a trazione semplice per classi <C50/60: $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$
- modulo elastico: $E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$ [N/mm²]
- coefficiente di Poisson: 0.20

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.

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.

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

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 (%) |
|---|---|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Assenza di rischio di corrosione o attacco | | | | | | |
| 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. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico. | - | C 12/15 | |
| 2 Corrosione indotta da carbonatazione | | | | | | |
| Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriero 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. 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. 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 5 b | XC4 | Ciclicamente asciutto e bagnato. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2. | 0,50 | C 32/40 | |
| 3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare | | | | | | |
| 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 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. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto. | 0,45 | C 35/45 | |

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

| 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 (%) |
|---|---|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare | | | | | | |
| 4 a 5 b | XS1 | 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 | |
| | XS2 | Permanente sommerso. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua. | 0,45 | C 35/45 | |
| | XS3 | Zone esposte agli spruzzi o alle marea. | 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 | |
| 5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti * | | | | | | |
| 2 b | XF1 | Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante. | Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua. | 0,50 | C 32/40 | |
| 3 | XF2 | 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 | XF3 | 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 | XF4 | 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 |
| 6 Attacco chimico** | | | | | | |
| 5 a | XA1 | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue. | 0,55 | C 28/35 | |
| 4 a 5 b | XA2 | 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 | XA3 | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. 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: - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione; - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</p> <p>**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p> | | | | | | |

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 340 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.

4. STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Per la definizione della stratigrafia di progetto e delle caratteristiche dei materiali si è fatto riferimento alla relazione geotecnica e ai profili geotecnici a cui si rimanda.

La zona geotecnica è caratterizzata da due strati di limo e argilla debolmente e mediamente sabbioso, con al di sotto è presente uno strato ghiaioso.

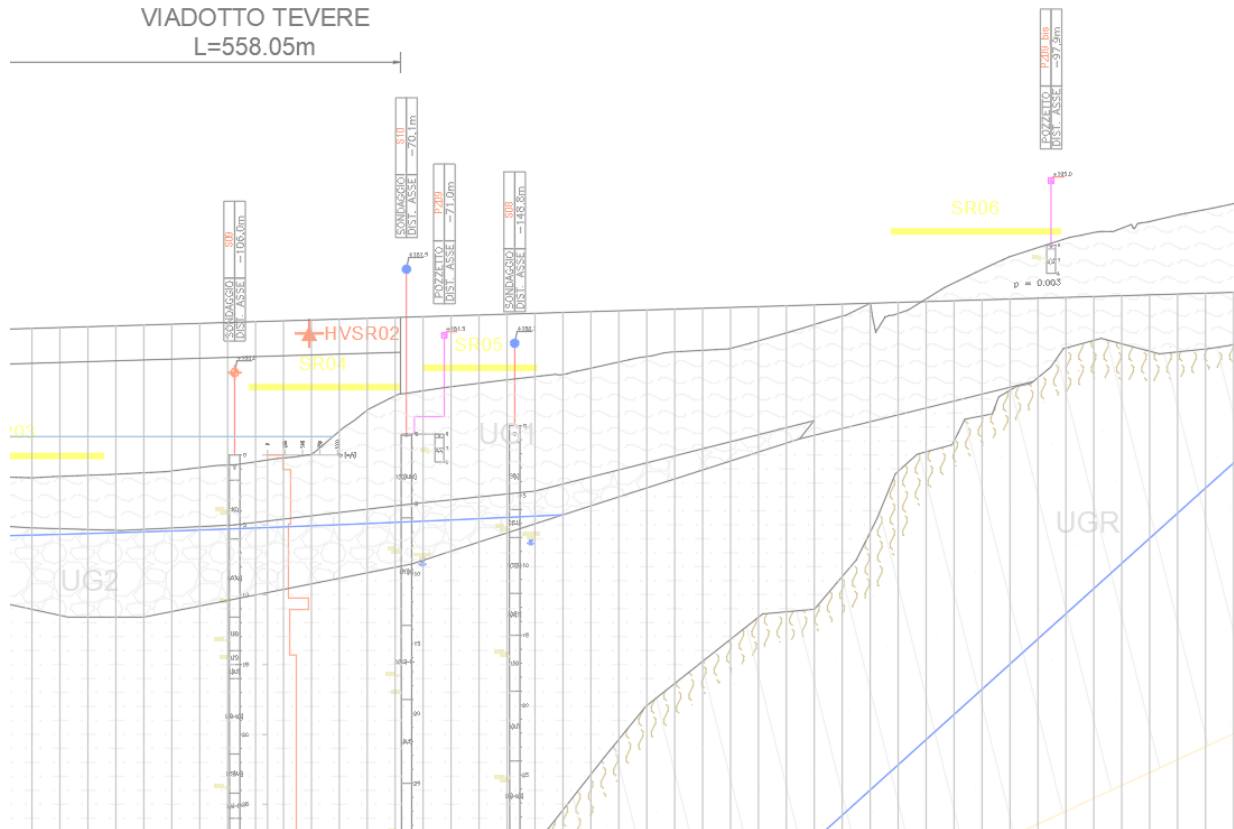


Figura 4.1 Stralcio del Profilo geotecnico

4.1 PARAMETRI DEL TERRENO

I parametri geotecnici assunti in fase di progetto, in via cautelativa, sono:

| CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE UNITA' GEOTECNICHE | | | | | | | | |
|---|--|---------------------|--------|---------|---------------|-----------|---------|---------|
| UNITA' | Descrizione | γ_n | c' | f' | c_v | | E | |
| | | (kN/m^3) | (kPa) | (°) | (kPa) | | | |
| UG1 | Limo con argilla sabbioso | 18 - 19 | 5 - 10 | 25 - 27 | 50 - 80 | | 20 - 25 | |
| UG2 | Ghiaia sabbiosa limosa/Sabbia limosa | 18 - 22 | 0 - 5 | 29 - 35 | - | | 40 - 60 | |
| UG3 | Limo e argilla da sabbioso a debolmente sabbioso | 19 - 21 | 5 - 20 | 24 - 30 | z < 10m | 170 - 200 | 45 - 60 | |
| | | | | | 10m < z < 30m | 200 - 250 | | |
| | | | | | z > 30m | 250 - 300 | | |
| UG4 | Limo con argilla sabbioso | 18 - 20 | 0 - 10 | 25 - 29 | 100 - 140 | | z < 10m | 25 - 35 |
| | | | | | | | z > 10m | 35 - 45 |

Tabella 4-1: Caratteristiche geotecniche dei terreni

PROGETTAZIONE ATI:

4.2 LIVELLO DI FALDA

Nei calcoli si è assunto un livello di falda ad una quota di circa 2.00 m sotto il piano campagna.

4.3 DEFINIZIONE DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

Il terreno viene considerato all'interno del modello attraverso una trave su suolo elastico. Il suo valore viene valutato attraverso la trattazione di Vesic.

$$k_{w,v} = \frac{E}{(1 - \nu^2) * B * c_t}$$

Figura 4.2 Valore della molla k di fondazione

Il valore orizzontale della molla viene preso pari alla metà di quella verticale.

5. VALUTAZIONE SISMICA

In accordo alle NTC2018, l'azione sismica da considerare nelle verifiche dei diversi stati limite di progetto è definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (a_g);
- ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione $S_e(T)$ "ancorato" al valore di a_g , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR per la vita utile della struttura.

Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite di interesse per la verifica, la forma spettrale è definita attraverso i valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti saranno stabiliti il periodo di riferimento per l'azione sismica sulla base della classificazione delle opere in progetto e gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, insieme ai periodi di ritorno corrispondenti.

5.1 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La Vita Nominale di progetto di un'opera (V_N), intesa come il numero di anni in cui la stessa può essere usata per lo scopo al quale è destinata purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così stabilita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per costruzioni temporanee e provvisorie;
- $V_N \geq 50$ anni, per costruzioni con livelli di prestazioni ordinari;
- $V_N \geq 100$ anni per costruzioni con livelli di prestazioni elevati.

Le verifiche sismiche di opere con $V_N \leq 10$ anni o di opere in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto prevede che la condizione provvisoria permanga per meno di 2 anni.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, per tutte le in esami si assumerà:

$V_N = 50$ anni.

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le Norme Tecniche distinguono le costruzioni in classi d'uso, legate ad esigenze di operatività nelle fasi immediatamente successive ad un evento sismico.

Le classi d'uso, caratterizzate mediante il coefficiente d'uso (C_U), sono così definite:

- Classe I ($C_U=0.7$): costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II ($C_U=1.0$): [...] Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. [...];
- Classe III ($C_U = 1.5$): [...] Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza [...].
- **Classe IV** ($C_U = 2.0$): [...] Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico [...].

Di conseguenza è attribuita la Classe IV ($C_U=2.0$).

L'azione sismica da considerare nelle verifiche è fissata in relazione ad un periodo di riferimento V_R che, per ciascun tipo di opera, si ricava moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Alla luce di quanto sopra esposto, il periodo di riferimento V_R rispetto al quale calcolare l'azione sismica di progetto è, per tutte le opere:

$$V_R = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni.}$$

La strategia di progettazione per i differenti stati limite di cui al punto 3.2.1 delle NTC-2018 è quindi ricavata dalla seguente formula (formula 3.2.0 delle NTC-2018), in funzione delle probabilità di superamento P_{VR} indicate in tabella 3.2.I nel periodo di riferimento V_R (si veda anche la *tabella seguente*):

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

| Stati Limite | P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R | |
|---------------------------|--|-----|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81% |
| | SLD | 63% |
| Stati limite ultimi | SLV | 10% |
| | SLC | 5% |

Tabella 5-1: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R per differenti stati limite (NTC-2018)

I valori del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame risultano pertanto:

| Tempo di di ritorno T_R | |
|---------------------------|-----------|
| SLO | 60 anni |
| SLD | 101 anni |
| SLV | 949 anni |
| SLC | 1950 anni |

Tabella 5-2: Tempo di ritorno sismico

5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA

Nelle norme tecniche NTC-2018 (Allegato B) sono forniti, secondo un reticolo di riferimento e per differenti intervalli di riferimento, i parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* per un sito rigido orizzontale (come definiti al paragrafo 3.2 delle NTC-2018) necessari per la determinazione delle azioni sismiche. Qualora l'area in esame non ricada in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, mediante la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:

- p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

PROGETTAZIONE ATI:

Inoltre, qualora le tabelle di pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contemplino il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} prefissati, il valore del generico parametro p (a_g, F_O, T_C^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi di T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando la seguente espressione, in allegato A alle NTC-2018:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

in cui:

p è il valore del parametro di interesse al T_R desiderato;

T_{R1}, T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p_1 e p_2 del generico parametro p .

Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici a_g, F_O, T_C^* riferiti alle coordinate geografiche dell'opera oggetto di verifica.

| Coordinate 43,0619° N / 12,4218° O | | | | |
|------------------------------------|--------------|-----------|-------|-------------|
| | T_R (anni) | a_g [g] | F_O | T_C^* (s) |
| SLD | 101 | 0.141 | 2.402 | 0.294 |
| SLV | 949 | 0.291 | 2.474 | 0.326 |
| SLC | 1950 | 0.314 | 2.482 | 0.330 |

Tabella 5-3: Parametri sismici

5.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

In accordo alle Norme Tecniche, le categorie di sottosuolo vengono distinte principalmente in funzione dei valori di V_S che caratterizzano il volume significativo del terreno con cui l'opera interagisce. La scelta deriva dal fatto che l'amplificazione sismica di un deposito è dipendente dal modulo di taglio a piccole deformazioni (G_0), a sua volta legato alla velocità di propagazione delle onde di taglio a piccole deformazioni mediante la ben nota relazione:

$$G_0 = \rho \cdot V_S^2$$

essendo ρ la densità del materiale che costituisce il deposito.

Per un dato sito, le Norme definiscono la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,eq}$) mediante la formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

essendo H lo spessore complessivo del deposito sopra al substrato, h_i =spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso e $V_{S,i}$ =velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato.

Per i siti nei quali la profondità del substrato è maggiore di 30 m (condizione sempre riscontrata lungo il tracciato), si pone $H=30$ m e nella formula si considereranno gli strati fino a 30 m. La velocità equivalente viene indicata come $V_{S,30}$.

In accordo alle NTC2018, l'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base si valuta mediante il coefficiente di sito (S), funzione sia della categoria di sottosuolo sopra determinata (S_S) sia dell'andamento piano altimetrico della superficie topografica (S_T):

$$S = S_S \cdot S_T.$$

PROGETTAZIONE ATI:

Il coefficiente S_s per ciascuna categoria di sottosuolo si ricava dalle espressioni fornite in Tabella 3.2.IV al par. 3.2.3 delle Norme Tecniche.

Tabella 5-4: Tab. 3.2.IV delle Norme Tecniche (espressioni di S_s e di C_c)

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Per le opere in progetto si assume la **categoria di suolo B**.

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, al coefficiente S_T possono essere assegnati i valori seguenti in funzione della categoria topografica corrispondente.

Tabella 5-5: Tab. 3.2.III delle Norme Tecniche (categorie topografiche)

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|---|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30° | 1,4 |

Considerato che il tracciato insiste su terreni sostanzialmente terreni con inclinazione media $i > 15^\circ$ (**cat. T2**), si assume, indipendentemente dall'ubicazione dell'opera, $S_T = 1.20$.

5.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE

In funzione delle categorie sopra definite è possibile definire i corrispondenti coefficienti amplificativi (secondo SLV):

- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.110
- S_T = coefficiente di amplificazione topografica = 1.200
- C_c = coefficiente funzione della cat. di sottosuolo = 1.332

L'accelerazione massima di progetto è data da $A_{max}[g] = a_g \cdot S_s \cdot S_T$

| Categoria di sottosuolo | | | | | |
|-------------------------|-----|--------------|-----------|-------|---------------|
| | | T_R (anni) | a_g [g] | S | A_{max} [g] |
| B | SLD | 101 | 0.141 | 1.332 | 0.187 |
| | SLV | 949 | 0.291 | 1.332 | 0.387 |
| | SLC | 1950 | 0.314 | 1.332 | 0.418 |

Tabella 5-6: Azioni delle accelerazioni massime attese in sito

5.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUI MANUFATTI

Le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base dei dati derivanti dalla pericolosità sismica (a_g , F_0 , T_c^*), della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche del sito come definite al paragrafo 3.2.2 delle NTC-2018.

In funzione delle categorie sopra definite è possibile ottenere i corrispondenti coefficienti amplificativi agli SLV:

$$A_{\max}(\text{SLV})[\text{g}] = a_g \cdot S_s \cdot S_T = 0,387 \text{ g}$$

6. CRITERI DI PROGETTAZIONE E COMBINAZIONI DI CALCOLO

Il progetto del sottovia in esame è stato svolto, secondo quanto prescritto dalle normative vigenti (NTC 2018), valutandone la sicurezza e le prestazioni in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale delle opere stesse:

- Stati limite ultimi (SLU), il superamento dei quali ha carattere irreversibile e si definisce collasso: crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi (totali o parziali), anche a seguito di eventi eccezionali (ad es. urti);
- Stati limite di esercizio (SLE), il superamento dei quali può avere carattere reversibile o irreversibile e determina l'incapacità delle opere di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio.

6.1 COMBINAZIONE DELLE AZIONI (CAP. 2.5.3 D.M. 17/01/2018)

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

La progettazione e verifica degli elementi strutturali è condotta in conformità alla normativa vigente Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (DM 17/01/2018). Le verifiche tensionali degli elementi strutturali sono eseguite col metodo degli stati limite. Ai fini del dimensionamento e delle verifiche sono stati presi in esame i seguenti approcci di calcolo, secondo quanto specificato in NTC 2018:

PROGETTAZIONE ATI:

Per ognuno degli stati limite sopra definiti si adotteranno le combinazioni di carico definite precedentemente.

6.2 COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d.$$

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza. La verifica della condizione ($E_d \leq R_d$) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti:

- Combinazione 1 A1+M1+R1
- Combinazione 2 A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti:

- Combinazione A1+M1+R3

Per entrambi gli approcci, i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui materiali (M) sono riassunti rispettivamente nelle tabelle 2 e 3.

Nel caso in cui si consideri la condizione di urto per svio (condizione applicata unicamente agli SLU), per la definizione dei fattori parziali sulle azioni si fa riferimento alla combinazione "eccezionale", definita al Par. 2.5.3 delle NTC2018. In tale combinazione si applicano i fattori parziali delle azioni secondo quanto prescritto, mentre i fattori parziali sugli spostamenti e sulle resistenze sono definiti in accordo con l'approccio considerato.

In presenza di sisma, gli Stati Limite di riferimento per le verifiche sono suddivisi in:

- Stati limite di Esercizio:
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative dopo l'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.
- Stati Limite Ultimi:
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana SLV, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

In condizioni sismiche, la resistenza di progetto R_d deve essere confrontata con azioni di progetto E_d definite adottando un coefficiente unitario sulle azioni.

Per la verifica agli SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali della tabella sotto riportata (Rif. Cap 5 delle NTC 2018):

Tab. 5.1.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | γ_{G1} e γ_{G3} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2 | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 1}$ | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

| Azioni | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV) | Coefficiente ψ_0 di combinazione | Coefficiente ψ_1 (valori frequenti) | Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem) | 0,75 | 0,75 | 0,0 |
| | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schema 2 | 0,0 | 0,75 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 4 (folla) | -- | 0,75 | 0,0 |
| | 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Vento | a ponte scarico SLU e SLE | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| | a ponte carico SLU e SLE | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Neve | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,6 | 0,5 |
| Temperatura | SLU e SLE | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

I valori caratteristici dei azioni dovute al traffico sono funzione del gruppo di carico considerato, come mostrato in Tab. 5.1.IV delle NTC 2018 sotto riportata:

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

| Gruppo di azioni | Carichi sulla superficie carrabile | | | | | Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili |
|------------------|--|----------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|
| | Carichi verticali | | | Carichi orizzontali | | Carichi verticali |
| | Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6) | Veicoli speciali | Folla (Schema di carico 5) | Frenatura | Forza centrifuga | Carico uniformemente distribuito |
| 1 | Valore caratteristico | | | | | Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ² |
| 2a | Valore frequente | | | Valore caratteristico | | |
| 2b | Valore frequente | | | | Valore caratteristico | |
| 3 (*) | | | | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 4 (**) | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 5 (***) | Da definirsi per il singolo progetto | Valore caratteristico o nominale | | | | |

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

7. IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

7.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO

L'analisi della struttura viene condotta con l'ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti per analisi lineari e non lineari SAP 2000 v22.2.0 prodotto da Computer&Structures Inc. Prima di procedere all'analisi del modello si rilasciano le dichiarazioni previste dalle NTC al paragrafo 10.2.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---------------------------------------|
| Titolo | SAP2000 – Structural Analysis Program |
| Versione | 22.2.0 |
| Produttore | Computer&Structures, Inc. |

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale è condotta con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni, attraverso il software VCAslu - ver 7.7, e fogli Excel predisposti al calcolo.

La struttura viene discretizzata in elementi beam e shell. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiacco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta, ed esplicitate nei capitoli che seguono.

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati se viene svolta la verifica strutturale con esso. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili. Il software tiene conto del vincolo esercitato dal terreno di fondazione e di rinfiacco, modellato con molle di rigidità pari alla costante di sottofondo.

PROGETTAZIONE ATI:

Strategia di soluzione

La struttura viene schematizzata come interconnessione di elementi posti nelle 3 dimensioni e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, K_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura K . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali p .

Indicando con u il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma:

$$K \cdot u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti u :

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi. La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sulla struttura. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

7.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura viene discretizzata con un modello 2D con elementi Beam (Frame) vincolata attraverso dei line spring atte a simulare l'interazione terreno struttura come precedentemente enunciato.

- Modello 2D unifilare

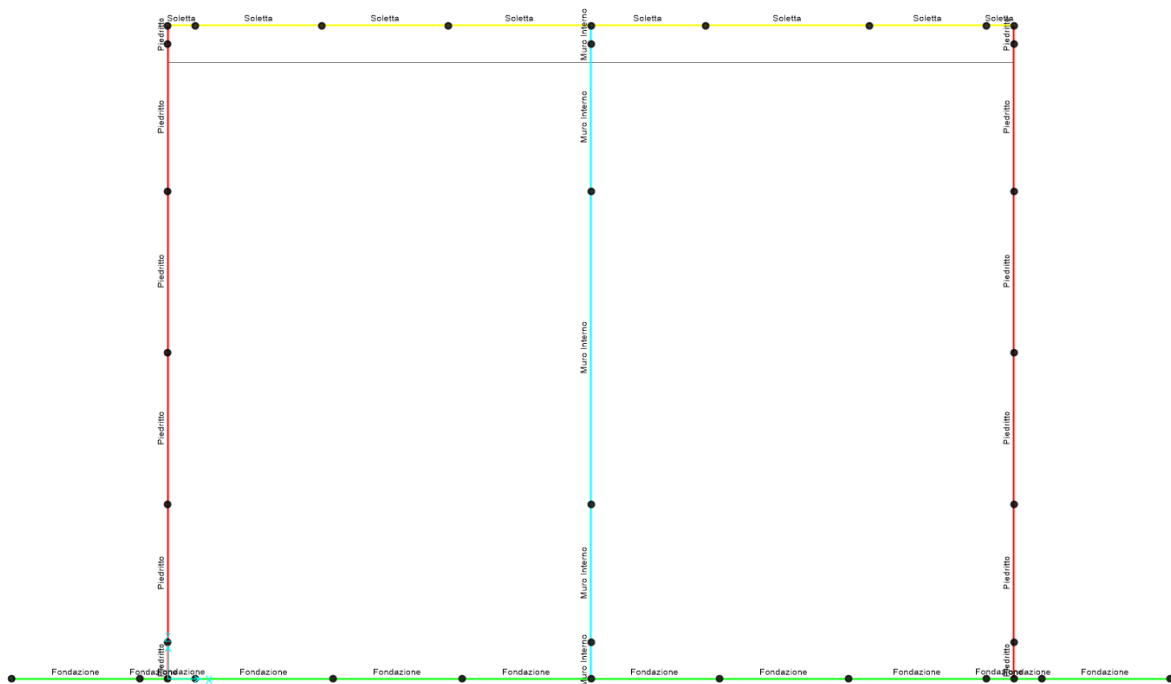


Figura 7.1 Modello 2D unifilare

PROGETTAZIONE ATI:

- Modello 2D estruso

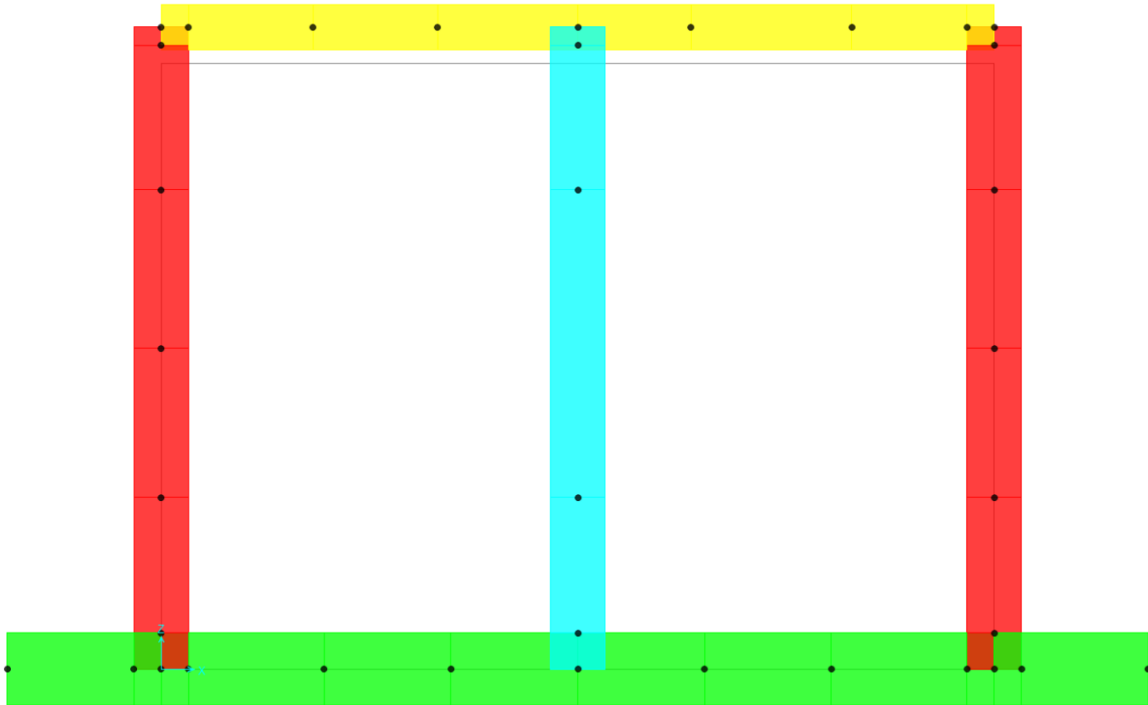
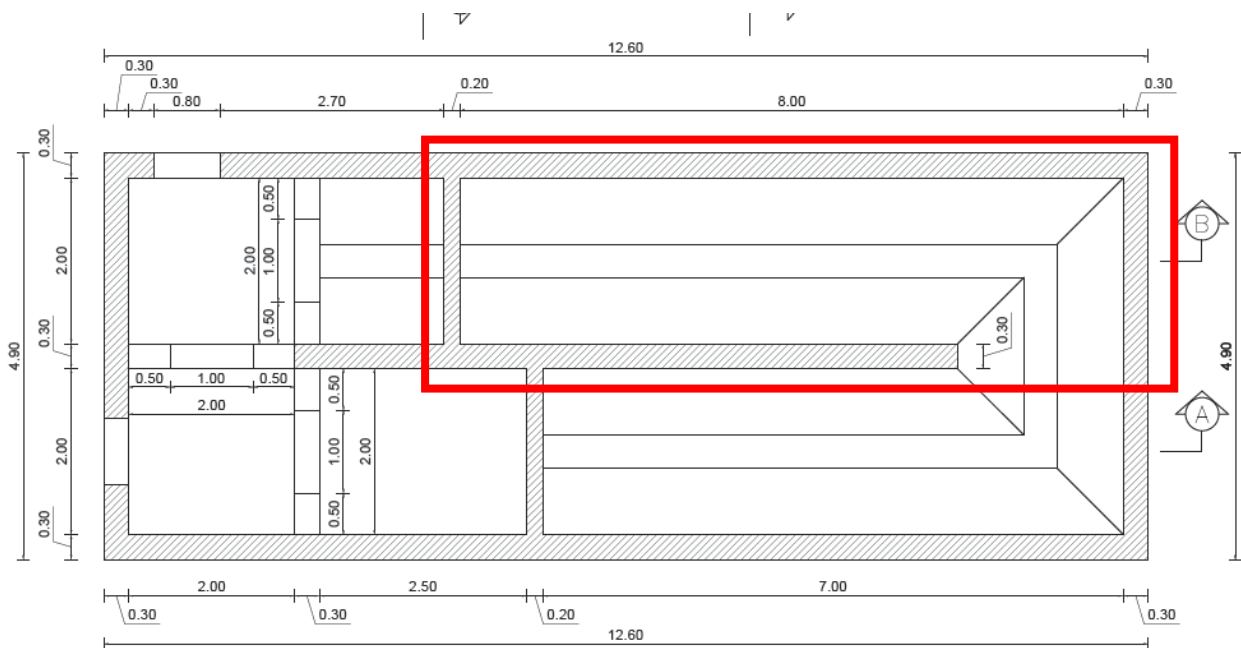


Figura 7.2 Modello 2D estrusa

A giustificazione della strategia di modellazione 2D rispetto a una 3D viene giustificata dal metodo di Grashof il quale permette di avere una stima dell'effetto piastra. In particolare, si prende in considerazione il rettangolo di piastra compreso tra il setto interno e il muro più esterno.



PROGETTAZIONE ATI:

Tale metodo considera una piastra rettangolare, con lati pari ad "a" e "b" caricata da un carico p, divisa in strisce di larghezza unitarie ortogonali tra loro. Tra le varie strisce in cui è divisa la piastra si scelgono due in cui il comportamento flettente è prevalente sul momento torsionale (vedi figura successiva).

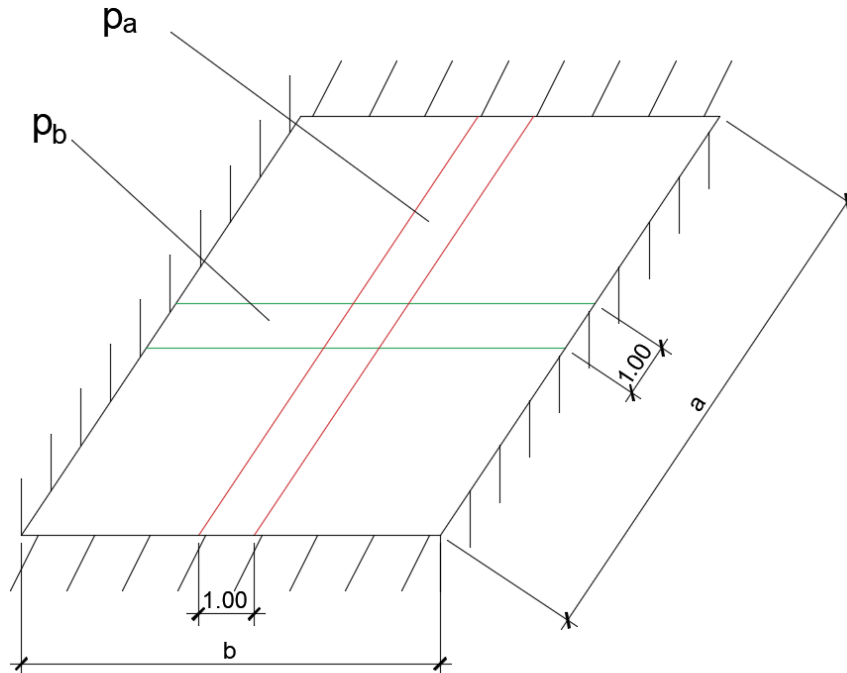


Figura 7.3 – Semplificazione del metodo di Grashof

Il metodo si basa sull'ipotesi che il carico si distribuisca in maniera congruente e cioè che la deformata delle due travi derivante dai due rispettivi carichi produca lo stesso valore della freccia nel punto di deformazione massimo. Considerando i quattro lati incastrati, tale condizione si traduce in:

$$\frac{p_a \cdot a^4}{384EJ} = \frac{p_b \cdot b^4}{384EJ}$$

Dato che tale equazione è in due incognite, l'equazione mancante per risolvere il sistema risulta semplicemente:

$$p_a + p_b = p$$

Risolviendo tale sistema, si ottiene quindi:

$$p_b = p \frac{a^4}{(a^4 + b^4)}$$

Nel caso in esame $b = 2.00m$ e $a = 8.00m$, da cui:

$$p_b = p \cdot 0.99$$

Per tale motivo, il carico si ridistribuisce principalmente in una direzione sola.

7.2.1 ELEMENTI FRAME

Si riportano di seguito le sezioni modellate nel programma agli elementi finiti:

7.2.1.1 Sezione Soletta di fondazione: “Fondazione”

La soletta di fondazione è modellata attraverso un elemento frame con larghezza unitaria e altezza pari a 0.40 m. Il materiale assegnato è un calcestruzzo C32/40.

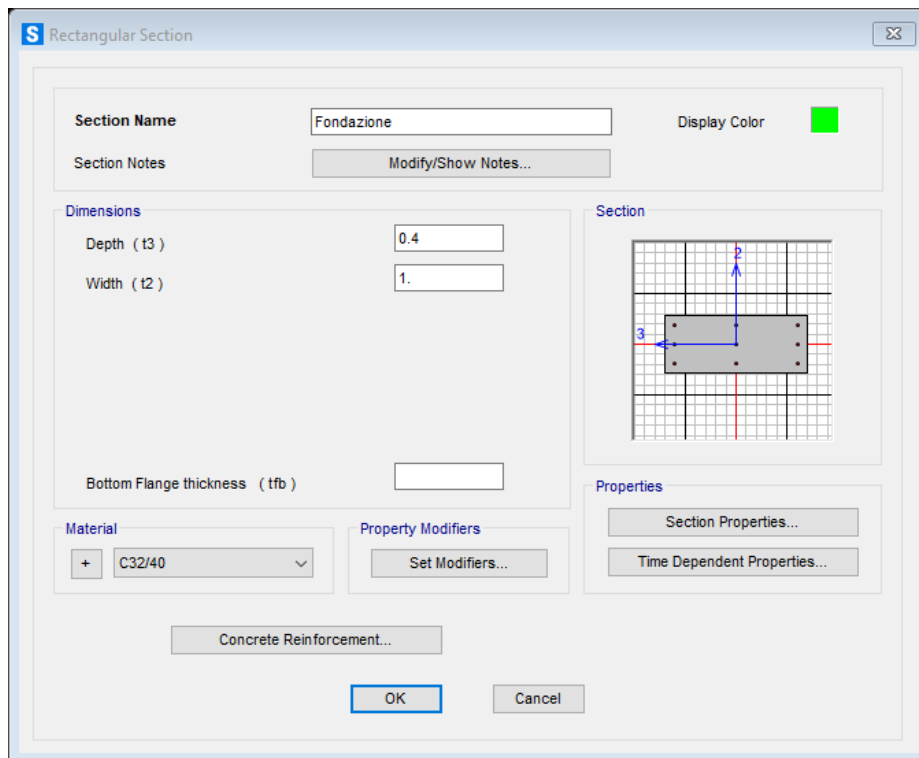


Figura 7.4 – Sezione “Fondazione”

7.2.1.2 Sezione Soletta di copertura: “Soletta”

La soletta di copertura è modellata attraverso un elemento frame con larghezza unitaria e altezza pari a 0.30 m. Il materiale assegnato è un calcestruzzo C32/40.

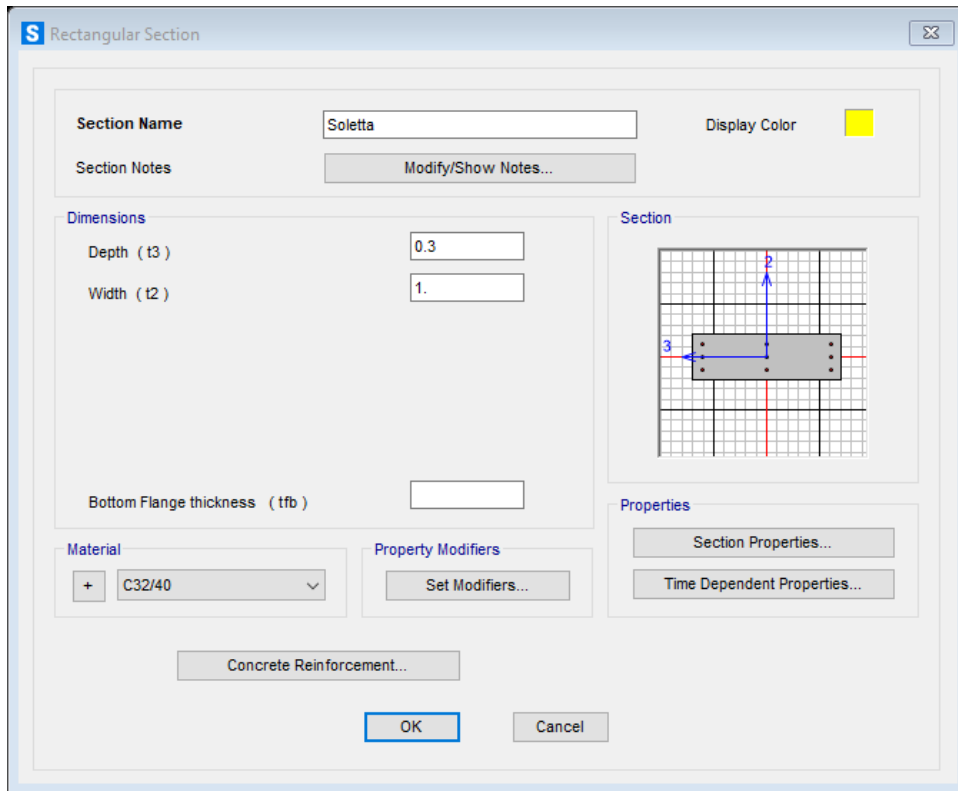


Figura 7.5 – Sezione “Soletta”

7.2.1.3 Sezione piedritti: “Piedritto”

I piedritti sono modellati attraverso un elemento frame con larghezza unitaria e spessore pari a 0.30 m. Il materiale assegnato è un calcestruzzo C32/40.

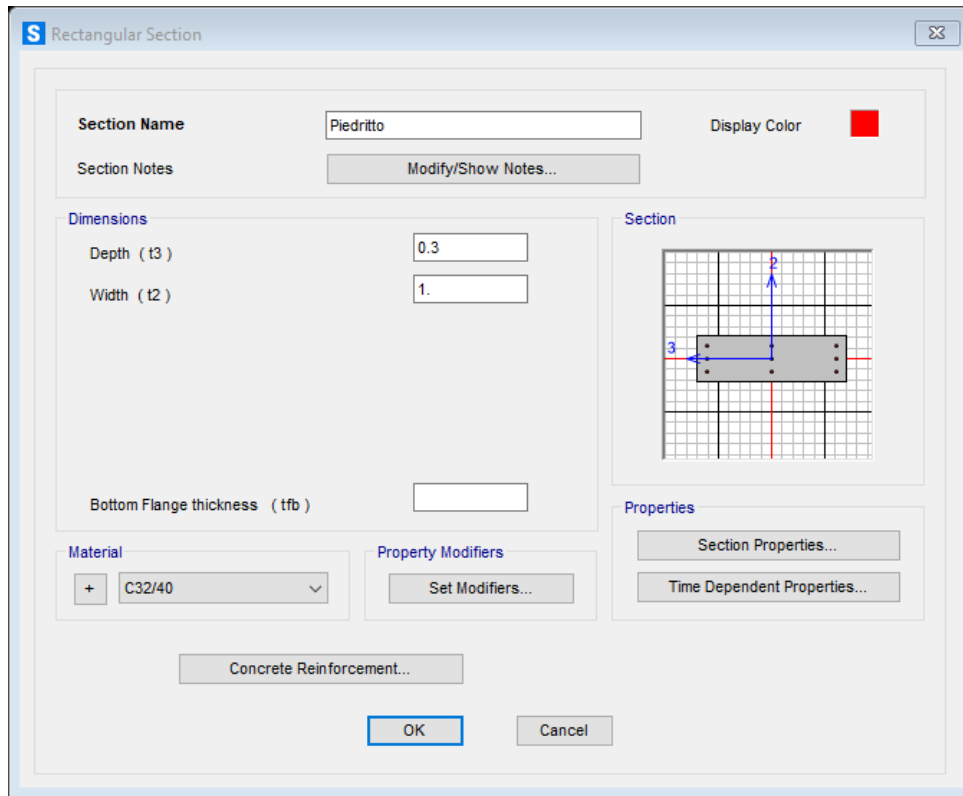


Figura 7.6 – Sezione “Piedritto”

7.2.1.4 Sezione muri interni: “Muro interno”

I muri interni sono modellati attraverso un elemento frame con larghezza unitaria e spessore pari a 0.30 m. Il materiale assegnato è un calcestruzzo C32/40.

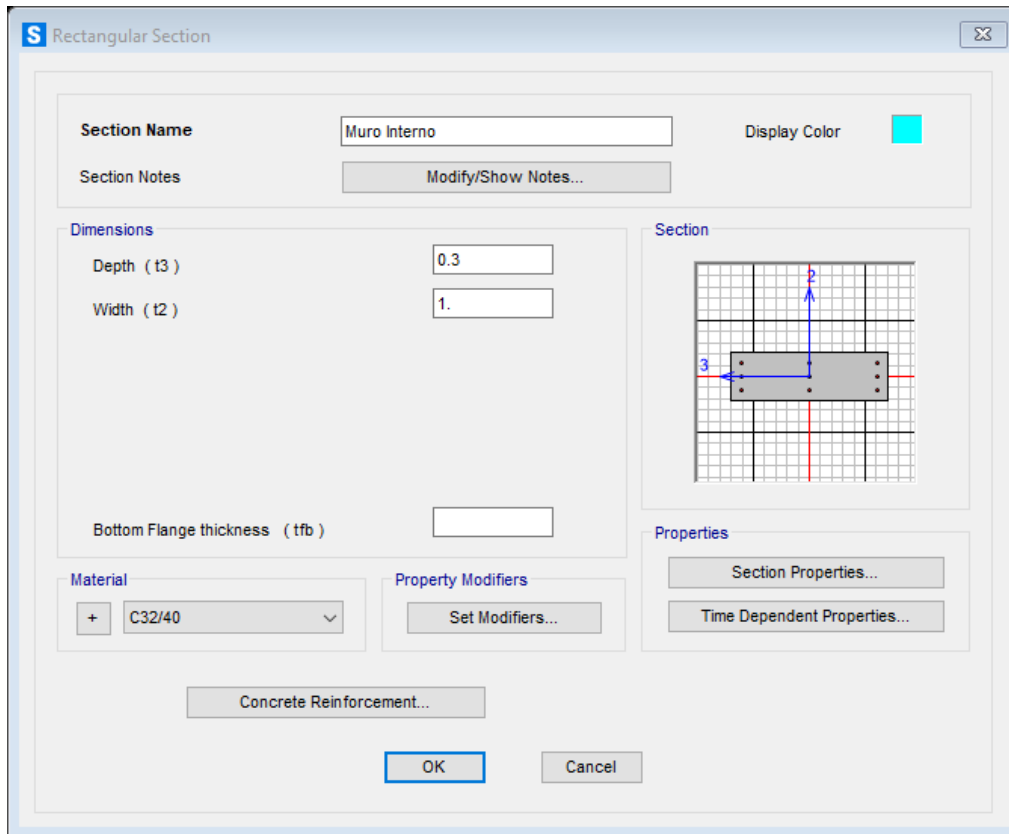


Figura 7.7 – Sezione “Muro interno”

7.3 SEZIONI DI VERIFICA

Si riportano di seguito le sezioni (indicate tramite i joint del modello di calcolo) per le quali si sono effettuate le verifiche allo stato limite, nei confronti della flessione (o pressoflessione), del taglio e dello sforzo normale, oltre che delle tensioni.

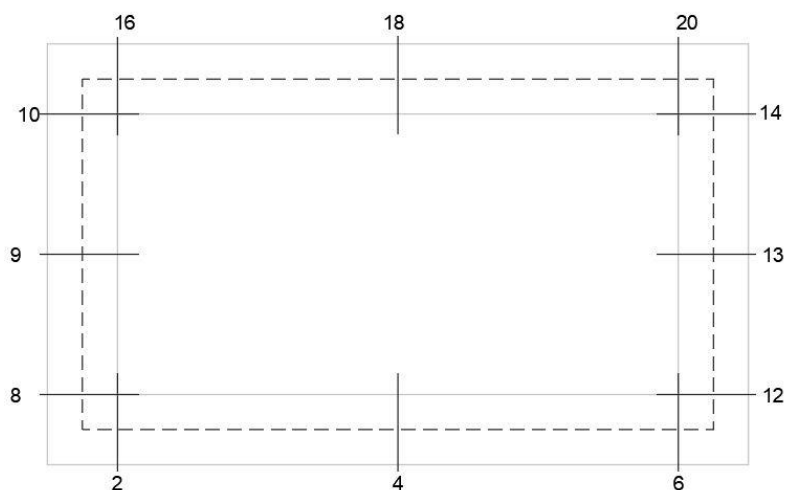


Figura 7.8: Sezioni considerate per la verifica di Momento e Taglio ai SL

8. ANALISI DEI CARICHI

In questo capitolo sono riportati unicamente i valori numerici delle azioni e la loro applicazione agli elementi del modello.

8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1)

Gli elementi strutturali, in calcestruzzo armato, presentano un peso specifico pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$. Tale carico viene valutato automaticamente dal software a partire dalla definizione della geometria dell'elemento e dal peso specifico del materiale.

8.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

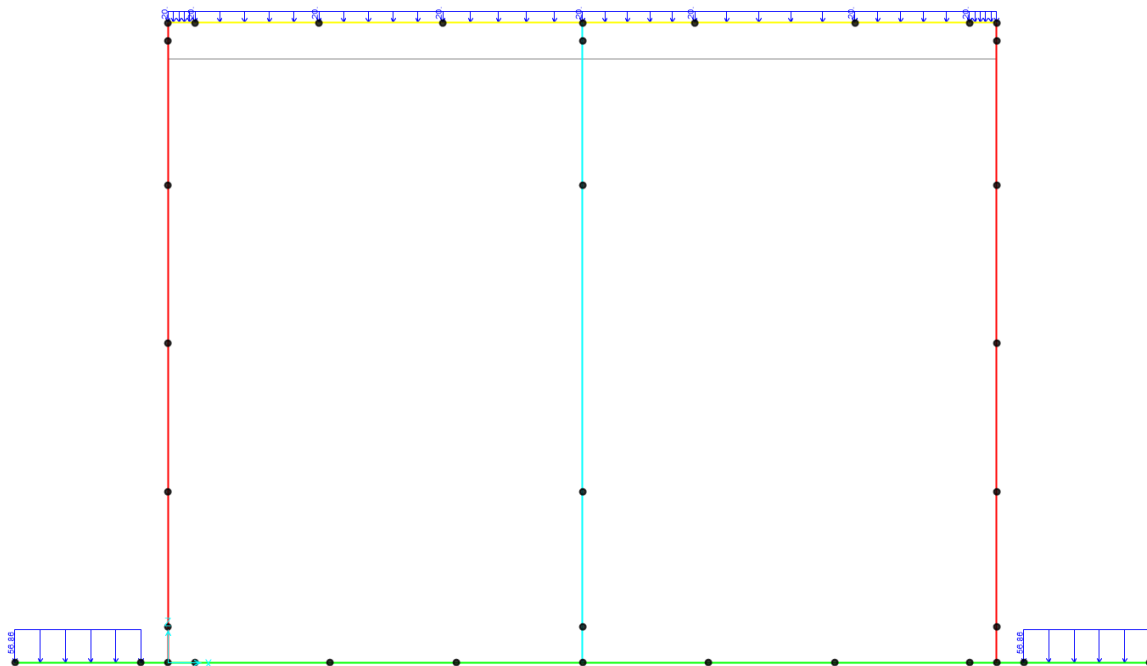
I carichi permanenti non strutturali si riferiscono al peso del terreno di ricoprimento, alla spinta laterale delle terre e alla pressione dell'acqua.

8.2.1 RICOPRIMENTO

Si considera in sommità agente il carico del terreno di ricoprimento pari a 1.00m. A favore di sicurezza si tiene conto che tutto il ricoprimento sia composto da sola pavimentazione industriale come:

$$q_{ricopr} = \gamma_{terr} \cdot h = 20 \text{ kN/m}^2$$

Con γ_{terr} pari al peso specifico della pavimentazione.



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 8.1 – Carico riempimento superiore

8.2.2 SPINTA STATICA DEL TERRENO

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla vasca dipendono dallo spostamento relativo che lo stesso può subire. Avendo una struttura piuttosto rigida e poco deformabile, si può considerare che le deformazioni del terreno siano impedito dalla struttura che non cede in nessun punto; per questo motivo la pressione esercitata è una spinta a riposo espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_0$$

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo, ricavabile tramite la formula di Jacky:

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 0.625$$

Dove ϕ' è l'angolo di attrito interno del terreno.

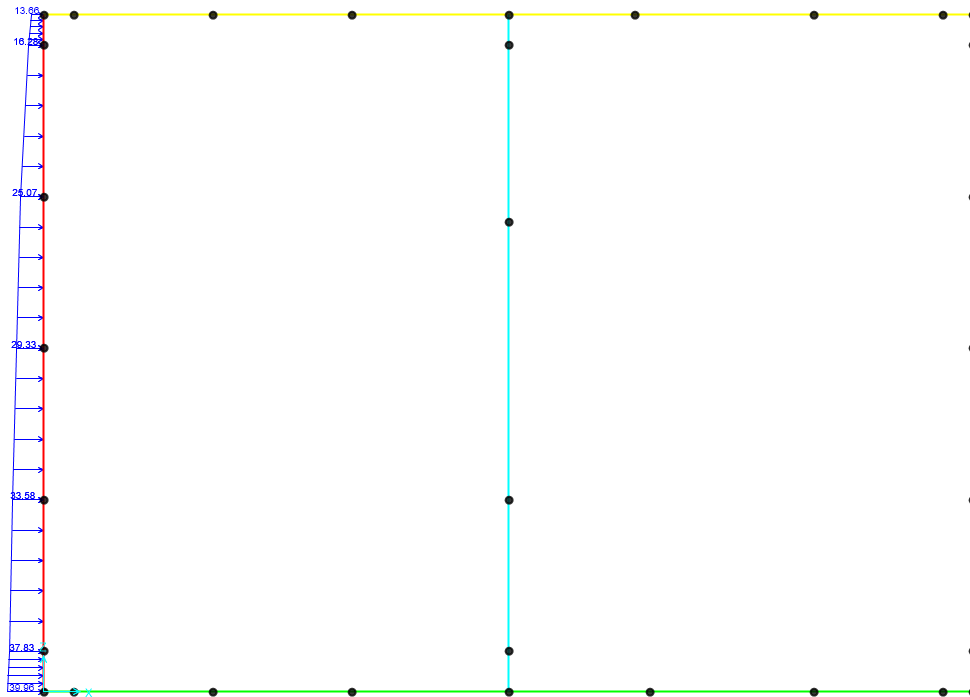


Figura 8.2 – Spinta terre su paramento sinistro

8.2.3 PRESSIONE DELL'ACQUA

L'acqua a differenza del terreno, risulta un materiale isotropo e la sua pressione agisce con la stessa intensità in ogni direzione.

Il suo valore risulta quindi pari a:

PROGETTAZIONE ATI:

$$p_{idro} = \gamma_w * h_{falda}$$

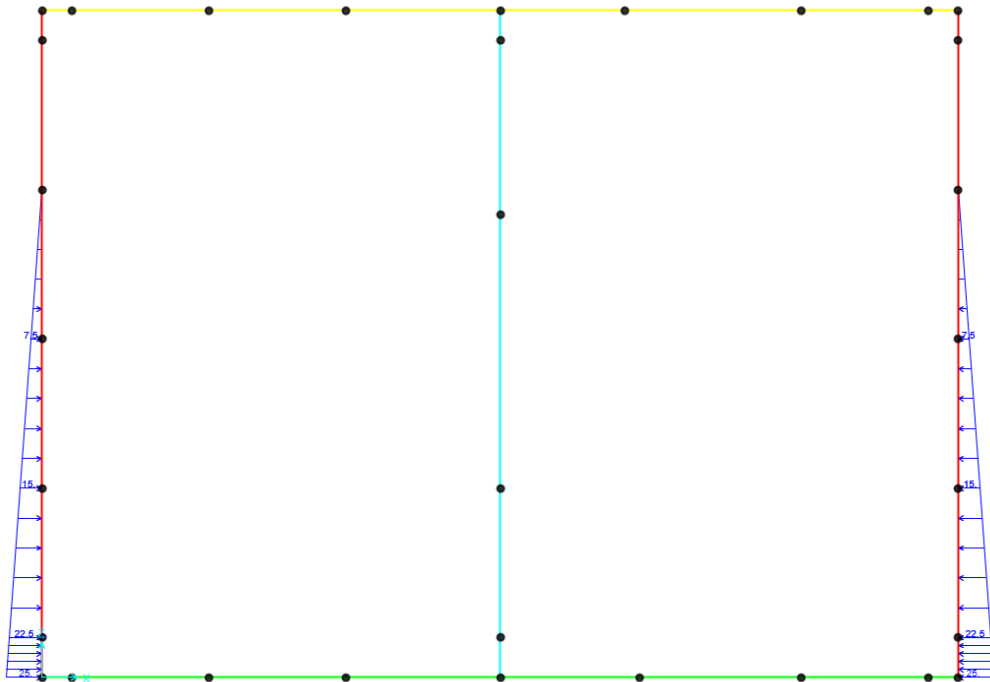


Figura 8.3 – Spinta acqua di falda su paramenti

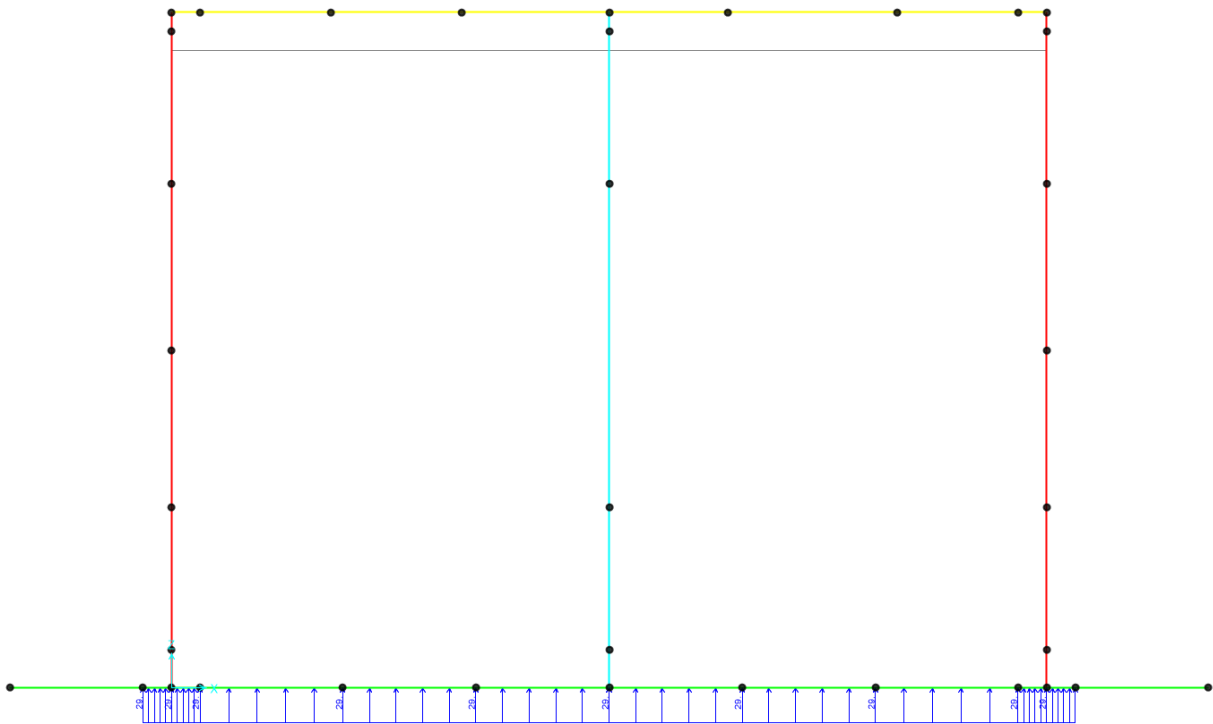


Figura 8.4 – Spinta acqua di falda sulla fondazione

PROGETTAZIONE ATI:

8.3 CARICHI VARIABILI (Q)

Di seguito si riportano i carichi che hanno carattere variabile in termini di tempi di applicazione sulla struttura. Questi si distinguono in: spinta dell'acqua interna alla vasca, mezzi pesanti passanti al di sopra o a lato della struttura.

8.3.1 PRESSIONE DELL'ACQUA INTERNA

Per la pressione interna dell'acqua si considerano principalmente due livelli dell'acqua: il massimo e il minimo.

Il primo si crea nelle condizioni di "piena" mentre la seconda è considerabile come una situazione permanente, intesa come livello minimo di acqua presente all'interno della vasca. Agli SLU quest'ultimo carico non viene considerato in quanto risulta favorevole alla verifica della fondazione, per gli SLV invece tale carico verrà considerato in quanto verrà tenuta in conto la sovra spinta sismica dell'acqua libera di muoversi.

I due livelli sono quindi:

- Livello massimo dell'acqua: $h = 2.00\text{m}$ (per semplicità al posto dei 1.7m di progetto)
- Livello minimo dell'acqua: $h = 0.75\text{m}$

Di seguito vengono riportati i carichi applicati nel modello.

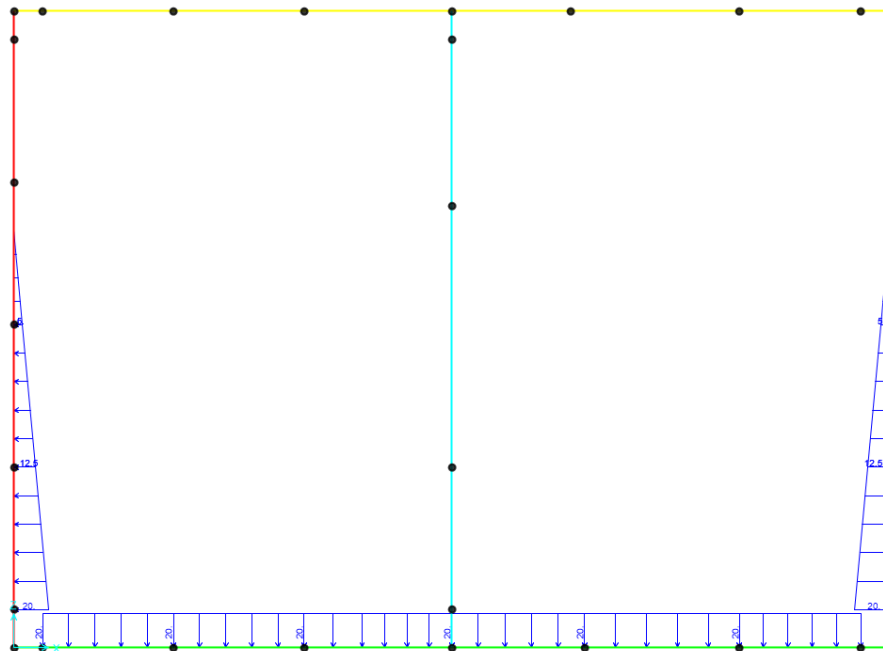


Figura 8.5 – Spinta acqua con battente massimo

PROGETTAZIONE ATI:

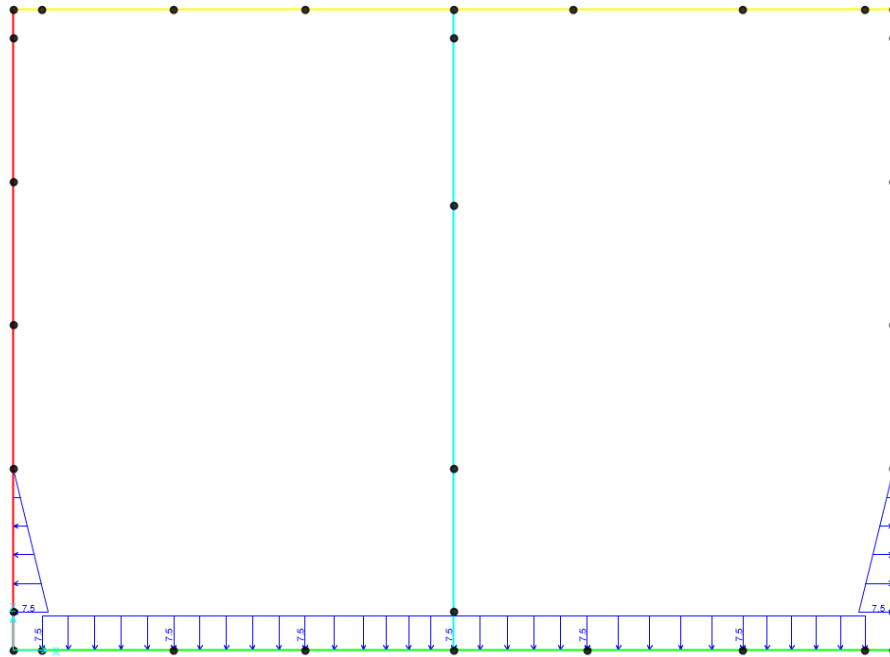


Figura 8.6 – Spinta acqua con battente minimo

8.3.2 TRAFFICO

La presenza a lato della strada induce uno stato di sforzo ulteriore nel terreno che si traduce in una sovra spinta sui piedritti. Per tale motivo si considera agenti i carichi tipici della progettazione del ponte. La presenza del traffico interessa solo il terreno a lato della struttura. Tuttavia a favore di sicurezza si considera un carico di 10 kPa derivante da possibili mezzi che transitano al di sopra per la manutenzione dell'area.

Per il calcolo dei carichi agenti sulla soletta e sui piedritti si farà riferimento al Cap. C5.1.3.3.5.1 della Circolare NTC2018, dove ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre pari del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si possono sostituire i carichi tandem con dei carichi uniformemente distribuiti applicati su una superficie rettangolare larga 3.00m e lunga 2.20m.

8.3.2.1 Distribuzione della sovrappressione del terreno derivante dal traffico

La distribuzione delle pressioni orizzontali σ_x dovute alla presenza del carico concentrato al di fuori della vasca viene calcolata, in accordo con la teoria di Boussinesq, in funzione della posizione del carico, della superficie su cui insiste e della sua intensità come indicato di seguito:

$$\sigma_x = q / \pi [\alpha - \sin \alpha \cos 2\beta]$$

Nell'immagine che segue viene rappresentata la distribuzione di pressioni orizzontali agenti sul ritto valutata secondo la trattazione di Boussinesq che definisce l'andamento delle pressioni orizzontali nel semispazio elastico dovute ad un carico di dimensioni finite posto sulla superficie.

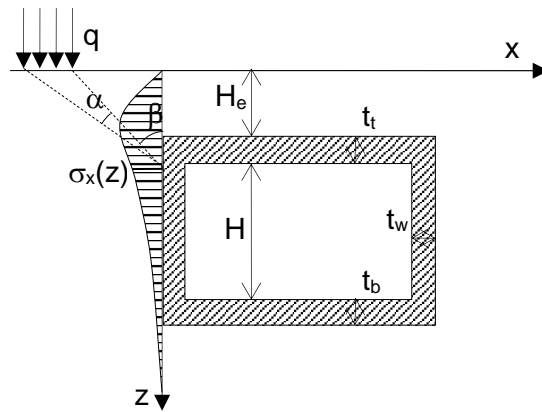


Figura 8.7 – Diffusione del carico per spinta orizzontale

Di seguito i valori della spinta agenti sulla parete.

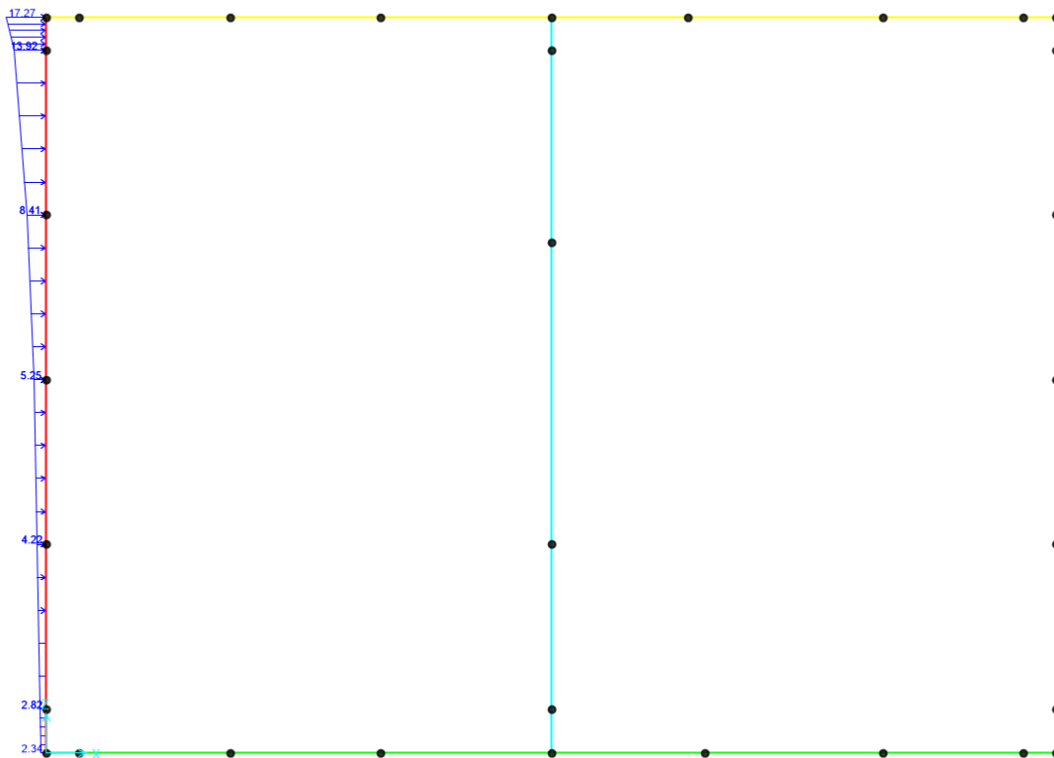


Figura 8.8 – Diffusione del carico per spinta orizzontale sul modello

8.4 CARICHI SISMICI

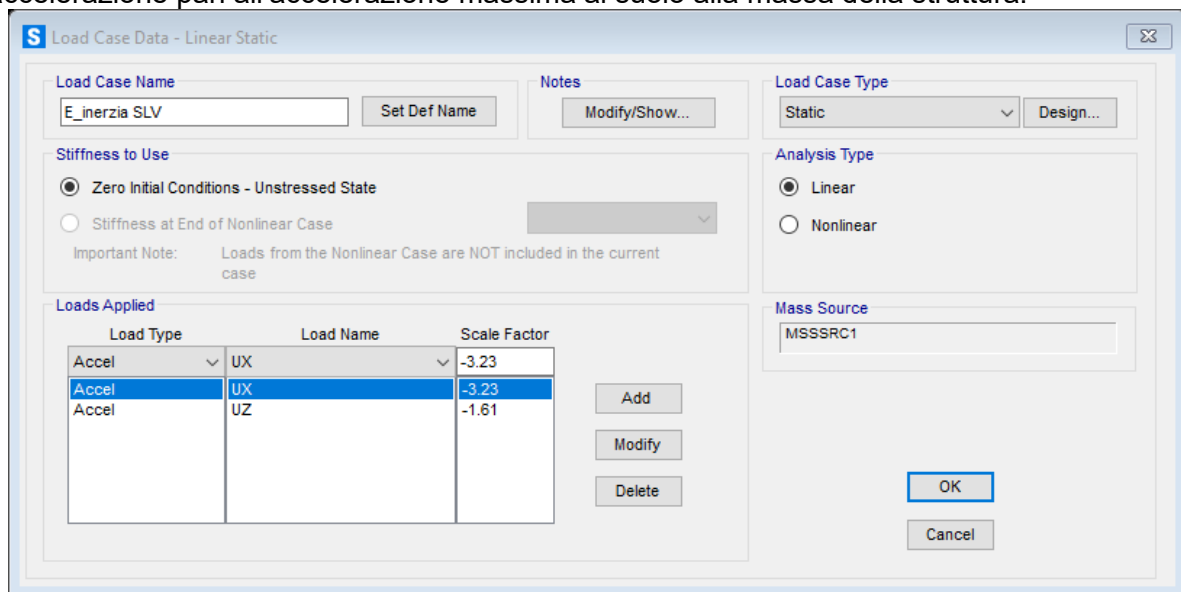
I carichi sismici considerati provengono dalle eccitazioni delle diverse masse presenti nel sistema. Questi possono riassumersi in:

PROGETTAZIONE ATI:

- Forze derivanti dall'eccitazione della massa della struttura;
- Forze derivanti dall'eccitazione dei pesi quasi permanenti non strutturali;
- Sovrappinta del terreno;
- Sovrappinta dell'acqua presente all'interno della vasca

8.4.1 FORZE DERIVANTI DALL'ECCITAZIONE DEI CARICHI PERMANENTI

Le masse dei carichi permanenti (strutturali e non), se eccitate dal sisma, creano delle sollecitazioni ulteriori a quelle statiche agenti. Data la rigidità della struttura, si suppone che la risposta sismica sia uno spostamento coincidente con quello del terreno. Il suo contributo è considerato applicando un'accelerazione pari all'accelerazione massima al suolo alla massa della struttura.



| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|-----------|-----------|--------------|
| Accel | UX | -3.23 |
| Accel | UX | -3.23 |
| Accel | UZ | -1.61 |

Figura 8.9 – Applicazione dell'accelerazione alle masse della struttura

Le masse vengono definite a partire dai carichi precedentemente definiti.

8.4.2 SOVRA SPINTA DEL TERRENO (WOOD)

Nel caso in esame, la teoria di spinta sismica è quella in caso di strutture rigide. Il metodo di Wood fornisce la sovrappinta sismica del terreno su una parete interrata soggetta a deformazioni molto contenute, tali da poter assumere che il terreno si trovi in fase elastica sia in condizioni statiche, sia durante il sisma. La sovrappinta sismica da assumere è data dall'espressione:

$$\Delta P = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

in cui γ rappresenta il peso specifico del terreno.

Tale spinta non dipende dalle proprietà di resistenza del terreno, rimanendo elastico anche in condizioni sismiche, e viene applicata come pressione uniforme sulla parete dello scatolare. Tale formula vale per terreni omogenei in assenza di falda e per manufatti di altezza contenuta. In caso di strutture molto profonde è opportuno condurre valutazioni basate su metodi più rigorosi. Nel caso il manufatto sia parzialmente in falda e il terreno sia dinamicamente permeabile, l'acqua si

comporta indipendentemente dallo scheletro solido. Dovranno pertanto essere calcolate la spinta idrostatica, la sovraspinta sismica assumendo il peso specifico efficace del terreno e la spinta idrodinamica. Nel caso di terreno dinamicamente impermeabile la sovraspinta di Wood dovrà essere calcolata considerando il peso specifico del terreno definito dall'espressione:

$$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_d \cdot H_1 + \gamma_{sat} \cdot H_2}{H} = 17.00 \text{ kN/m}^3$$

in cui H1 e H2 rappresentano gli spessori del terreno rispettivamente secco e sommerso

Nel caso in esame:

$$\Delta p = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H = 23.25 \text{ kN/m}$$

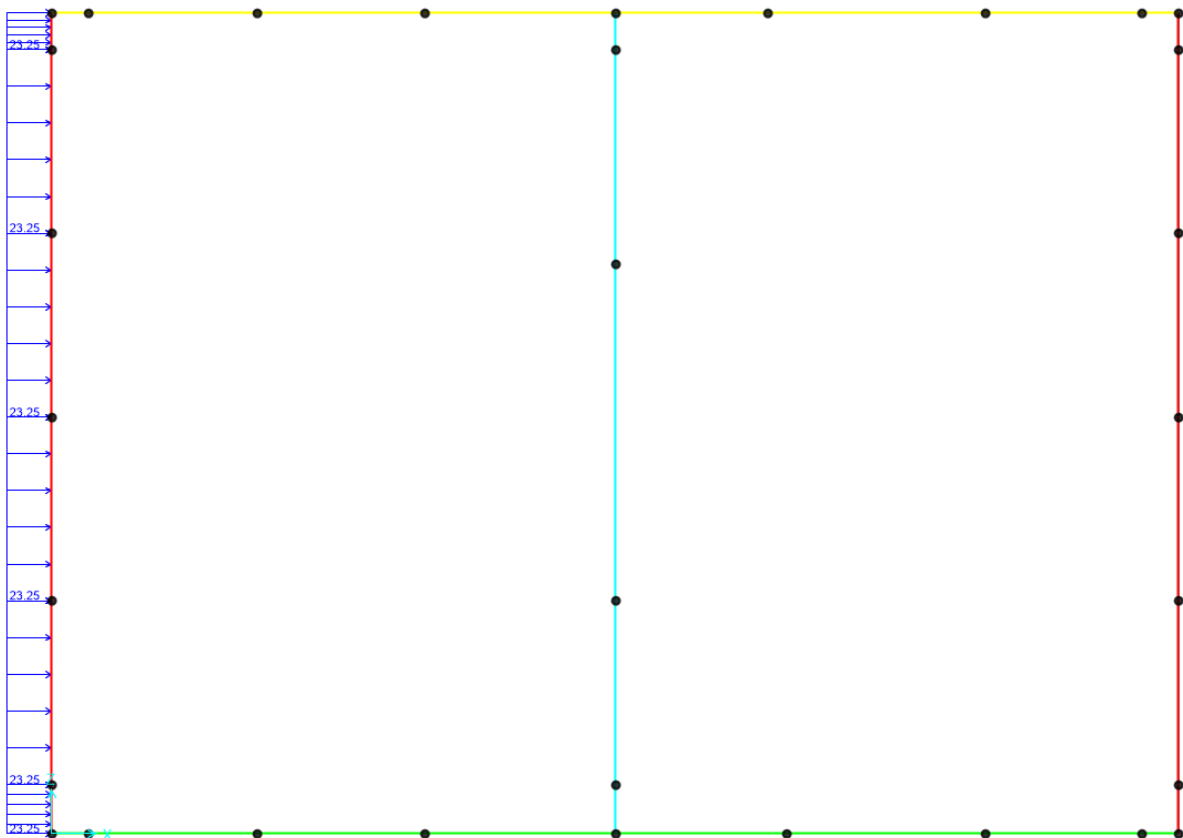


Figura 8.10 – Spinta di Wood

8.4.3 SOVRA SPINTA ACQUA LIBERA

All'interno della struttura risulta presente sempre un livello minimo di acqua. Questa risulta libera di muoversi, e per tal motivo, è possibile che questa generi una sovrappressione la cui espressione è valutabile come segue:

$$q_{wE}(z) = \frac{7}{8} \cdot S \cdot \frac{a_g}{g} \cdot \gamma_w \sqrt{H_w z}$$

PROGETTAZIONE ATI:

Dove H_w è il livello d'acqua presente pari a quello minimo in quanto la combinazione sismica presenta come carichi statici quelli quasi permanenti.

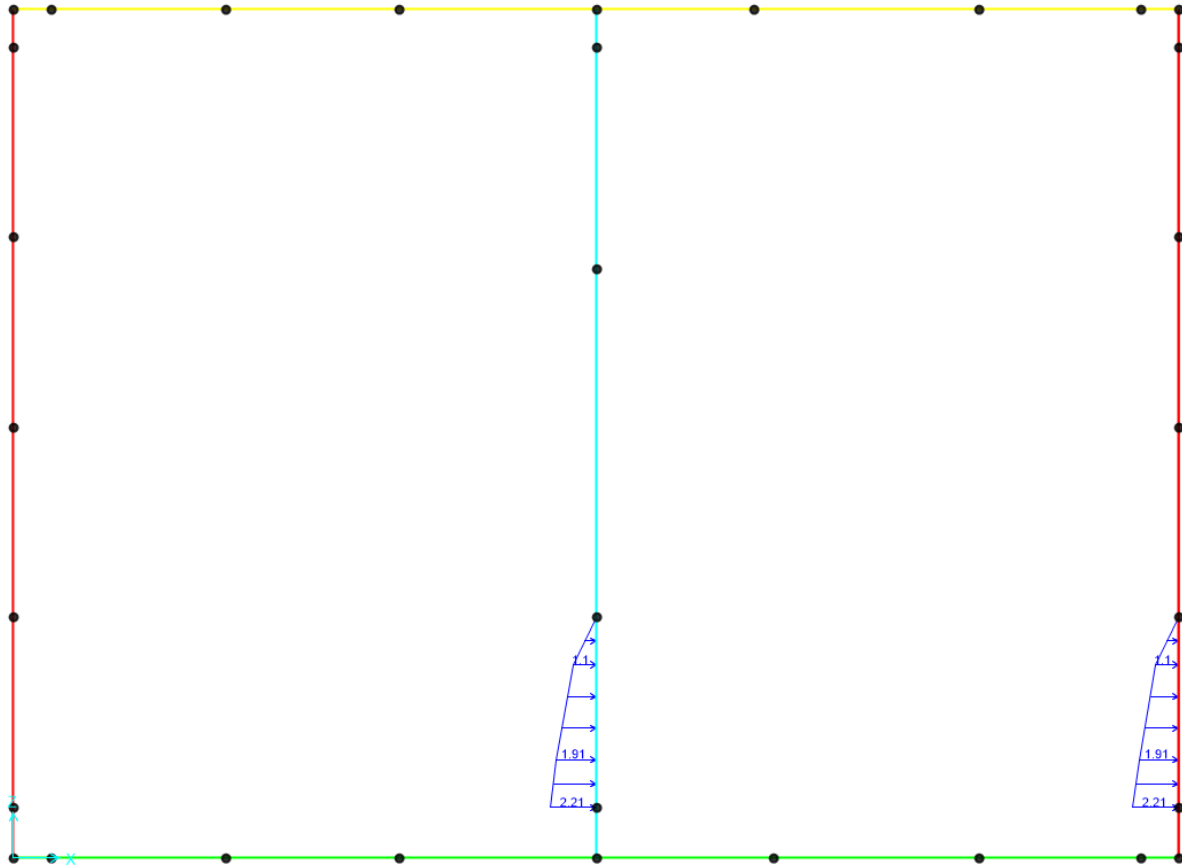


Figura 8.11 – Spinta sismica acqua libera

9. CRITERI DI VERIFICA

9.1 STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono eseguite sulle tensioni massime degli elementi della sezione resistente in c.a. sulle condizioni di esercizio e sull'apertura delle fessure nella soletta in calcestruzzo. In questa fase non si considera, a favore di sicurezza, il contributo dovuto all'armatura lenta.

9.1.1 VERIFICA DELLE TENSIONI

Le verifiche delle tensioni sono eseguite in fasi di applicazione dei carichi: si verifica l'intera sezione alle combinazioni di carico Rara, Frequente e Quasi permanente.

PROGETTAZIONE ATI:

9.1.2 VERIFICA DELL'APERTURA DELLE FESSURE

Per gli SLE occorre verificare che l'ampiezza delle fessure w_k , per gli elementi con armature lente, sia al di sotto del valore limite fissato per le classi di esposizione in oggetto. Si riportano per completezze le tabelle Tab. 4.1.III e 4.1.IV delle NTC18.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| Condizioni ambientali | Classe di esposizione |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

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

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

In particolare, devono essere rispettati i seguenti limiti:

- Combinazione di carico frequente: $w_k = 0.3 \text{ mm}$;
- Combinazione di carico quasi permanente: $w_k = 0.2 \text{ mm}$

Si preferisce una condizione di armatura sensibile data l'impossibilità di manutenzione dell'armatura lungo un lato.

L'ampiezza caratteristica w_k delle lesioni si valuta attraverso l'espressione:

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Dove:

$s_{r,max}$ è il massimo interasse tra le fessure;

ε_{sm} è il valor medio della deformazione nell'acciaio.

ε_{cm} è il valor medio della deformazione nel calcestruzzo fra le fessure.

La differenza $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ può valutarsi attraverso l'espressione:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Dove:

σ_s è la tensione nell'acciaio calcolata in sezione parzializzata;

E_s è il modulo elastico dell'acciaio;

$\rho_{p,eff}$ è il rapporto tra l'area dell'armatura tesa e l'area effettiva di calcestruzzo in trazione;

PROGETTAZIONE ATI:

α_e è il rapporto tra il modulo elastico dell'acciaio e quello del calcestruzzo
 $k_t = 0.4$ (carico di lunga durata).

Detta s la distanza massima tra le barre di armatura, il massimo interasse tra le fessure si può valutare attraverso la seguente espressione:

$$\begin{cases} s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}, & \text{se } s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) \\ s_{r,max} = 1.3 \cdot (H - y_n), & \text{se } s > 5 \cdot (c + \phi/2) \end{cases}$$

Dove:

c è il copriferro (distanza tra bordo del calcestruzzo e l'armatura; assunto uguale a 4cm);
 y_n è la distanza dell'asse neutro dal lembo superiore;
 ϕ è il diametro delle barre;
 H è l'altezza della sezione;
 $k_1 = 0.8$ (per barre ad aderenza migliorata);
 $k_2 = 0.5$ (per flessione);
 $k_3 = 3.4$ (valore consigliato);
 $k_4 = 0.425$ (valore consigliato).

9.1 STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) sono eseguite sulle azioni interne della sezione resistente per definire le caratteristiche sezionali dell'elemento principale (trave in acciaio) e della soletta in calcestruzzo.

9.1.1 VERIFICA DEGLI ELEMENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO

9.1.1.1 Verifica a flessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa retta, la capacità, in termini di resistenza e duttilità, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli $\sigma - \epsilon$:

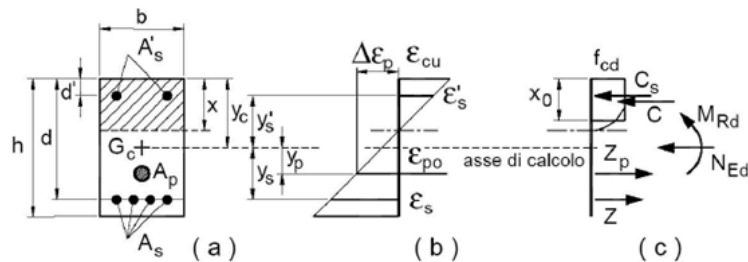


Figura 9.1 – Schema di verifiche a flessione

PROGETTAZIONE ATI:

Le verifiche a flessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente. $FS = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1$.

$$\left(\frac{M_{E_{yd}}}{M_{R_{yd}}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{E_{zd}}}{M_{R_{zd}}} \right)^\alpha \leq 1$$

Le verifiche flessionali agli SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Nel caso di pressoflessione deviata la verifica della sezione può essere posta nella forma:

- $M_{E_{yd}}$, $M_{E_{zd}}$ sono i valori di progetto delle due componenti di flessione retta della sollecitazione attorno agli assi y e z;
- $M_{R_{yd}}$, $M_{R_{zd}}$ sono i valori di progetto dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti a N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi y e z.

Il copriferro netto assunto è pari a 40 mm. Quindi per conseguenza il valore della distanza "d" e "d'" delle barre longitudinali superiori ed inferiori dovrà essere definita come somma di copriferro, diametro armatura di taglio e raggio dell'armatura longitudinale definita nella relativa verifica.

9.1.1.2 Verifica a taglio

Per la verifica di resistenza agli SLU, con riferimento alle sollecitazioni taglianti, deve risultare: $FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} \geq 1$

Per il calcolo della resistenza di calcolo V_{Rd} si fa riferimento ai seguenti valori:

- Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

PROGETTAZIONE ATI:

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}(\alpha) + \operatorname{ctg}(\theta)) \cdot \sin \alpha$$

- Valore di progetto del massimo di sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

-

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \frac{\operatorname{ctg}(\alpha) + \operatorname{ctg}(\theta)}{1 + \operatorname{ctg}^2(\theta)}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$, con d espresso in mm;
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd}$ è la tensione media di compressione della sezione;
- A_c è l'area della sezione in calcestruzzo;
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- s è il passo delle staffe;
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- α è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- θ è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa e deve essere $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$.

9.2 VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO (GEO)

9.2.1 COLLASSO PER CARICO LIMITE DEL COMPLESSO FONDAZIONE-TERRENO

Vista la natura dei terreni, la valutazione della capacità portante della fondazione dello scatolare viene condotta in condizioni non drenate. La formula generale risulta essere:

$$q_{lim} = s_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q$$

Con:

| | |
|-----------------|--|
| $N_c = 2 + \pi$ | fattori di capacità portante |
| s_c | fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione; |
| d_c | fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di posa; |
| i_c | fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione dei carichi; |
| g_c | fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna; |

PROGETTAZIONE ATI:

b_c fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di posa;
 q tensione verticale efficace agente al piano di posa della fondazione;

Inoltre, si definisce efficace la parte di fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi verticali di progetto Q_V risulta centrata. Per fondazioni rettangolari di larghezza B e lunghezza L , indicate con e_B ed e_L le componenti della eccentricità del carico rispettivamente in direzione B e L , le corrispondenti dimensioni efficaci sono:

$$B' = B - 2 e_B \qquad L' = L - 2 e_L$$

Nella figura seguente sono mostrati i valori dei coefficienti sopra citati:

| Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesic (1973, 1975b) bearing-capacity equations of Table 4-1. Use s'_c, d'_c when $\phi = 0$ only for Hansen equations. Subscripts H, V for Hansen, Vesic, respectively. | | Table of inclination, ground, and base factors for the Hansen (1970) equations. See Table 4-5c for equivalent Vesic equations. | |
|---|--|--|---|
| Shape factors | Depth factors | Inclination factors | Ground factors (base on slope) |
| $s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$ $s_{c(H)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$ $s_{c(V)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$ $s_c = 1.0$ for strip | $d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$ $d_c = 1.0 + 0.4k$ $k = D/B$ for $D/B \leq 1$ $k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$ k in radians | $i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f c_a}}$ $i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ $i_q = \left[1 - \frac{0.5H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$ | $g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_r = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta$ |
| $s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$ $s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$ for all ϕ | $d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$ k defined above | $i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2\alpha_2}$ $i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^2/450^\circ)H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$ | Base factors (tilted base) $b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$ $b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$ $b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_r = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ η in radians |
| $s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$ $s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$ | $d_\gamma = 1.00$ for all ϕ | $A_f = B' \cdot L'$ | |
| Notes: 1. Note use of "effective" base dimensions B', L' by Hansen but not by Vesic. 2. The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load H_B . 3. With a vertical load and a load H_L (and either $H_B = 0$ or $H_B > 0$) you may have to compute two sets of shape s_i and d_i as $s_{i,B}, s_{i,L}$ and $d_{i,B}, d_{i,L}$. For i, L subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio L'/B' or D/L' . | | Notes: 1. Use H_i as either H_B or H_L , or both if $H_L > 0$. 2. Hansen (1970) did not give an i_c for $\phi > 0$. The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesic. 3. Variable c_a = base adhesion, on the order of 0.6 to 1.0 \times base cohesion. 4. Refer to sketch for identification of angles η and β , footing depth D , location of H_i (parallel and at top of base slab; usually also produces eccentricity). Especially note V = force normal to base and is not the resultant R from combining V and H_i . | |

10. RISULTATI DEI MODELLI

E' descritto in seguito un riassunto delle sollecitazioni, per ogni tipologia di involucro di combinazione di carico, individuate per ogni elemento strutturale. Vengono riportati i valori significativi ai fini delle verifiche.

A favore di sicurezza viene trascurato il contributo dell'azione assiale nelle verifiche.

| <i>Soletta Superiore</i> | | <i>SLU-SLV</i> | <i>SLE R - SLD</i> | <i>SLE Freq</i> | <i>SLE QP</i> |
|-----------------------------|-----|----------------|--------------------|-----------------|---------------|
| <i>Sollecitazione Joint</i> | | | | | |
| <i>M (kNm)</i> | Max | 16.37 kNm | 11.00 kNm | 7.02 kNm | 3.87 kNm |
| | Min | -43.55 kNm | -37.37 kNm | -21.60 kNm | -16.10 kNm |
| <i>V (kN)</i> | Max | 76.14 kN | | | |
| | Min | -68.41 kN | | | |
| <i>N (kN)</i> | Max | | | | |
| | Min | | | | |

| <i>Piedritti esterni</i> | | <i>SLU-SLV</i> | <i>SLE R-SLD</i> | <i>SLE Freq</i> | <i>SLE QP</i> |
|-----------------------------|-----------|----------------|------------------|-----------------|---------------|
| <i>Sollecitazione Joint</i> | | | | | |
| <i>M (kNm)</i> | Max | 91.49 kNm | 76.62 kNm | 41.12 kNm | 36.87 kNm |
| | Min | -42.16 kNm | -33.11 kNm | -31.95 kNm | -34.31 kNm |
| <i>V (kN)</i> | Max | 127.08 kN | | | |
| | Min | -97.68 kN | | | |
| <i>N (kN)</i> | Max (N-M) | -30.28 kN | -37.97 kN | -73.74 kN | -62.76 kN |
| | Min | -59.48 kN | -63.96 kN | -80.08 kN | -64.48 kN |

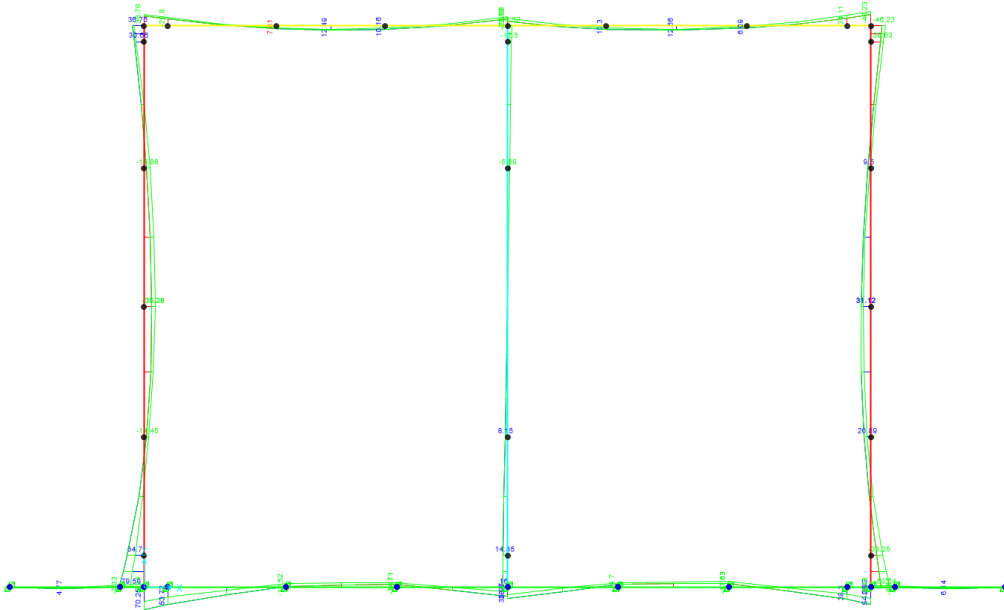
| <i>Muri interni</i> | | <i>SLU-SLV</i> | <i>SLE R-SLD</i> | <i>SLE Freq</i> | <i>SLE QP</i> |
|-----------------------------|-----|----------------|------------------|-----------------|---------------|
| <i>Sollecitazione Joint</i> | | | | | |
| <i>M (kNm)</i> | Max | 65.70 kNm | 48.89 kNm | 7.99 kNm | 2.18 kNm |
| | Min | -54.52 kNm | -40.68 kNm | -6.96 kNm | -1.89 kNm |
| <i>V (kN)</i> | Max | 41.039 kN | | | |
| | Min | -0.004 kN | | | |
| <i>N (kN)</i> | Max | -85.88 kN | -90.36 kN | -111.25 kN | -87.24 kN |
| | Min | -66.55 kN | -99.68 kN | -89.12 kN | -63.47 kN |

| <i>Soletta di fondazione</i> | | <i>SLU-SLV</i> | <i>SLE R - SLD</i> | <i>SLE Freq</i> | <i>SLE QP</i> |
|------------------------------|-----|----------------|--------------------|-----------------|---------------|
| <i>Sollecitazione Joint</i> | | | | | |
| <i>M (kNm)</i> | Max | 78.20 kNm | 65.08 kNm | 37.99 kNm | 32.4 kNm |
| | Min | -44.48 kNm | -39.22 kNm | -14.30 kNm | -15.65 kNm |
| <i>V (kN)</i> | Max | 87.30 kN | | | |
| | Min | -71.05 kN | | | |
| <i>N (kN)</i> | Max | | | | |
| | Min | | | | |

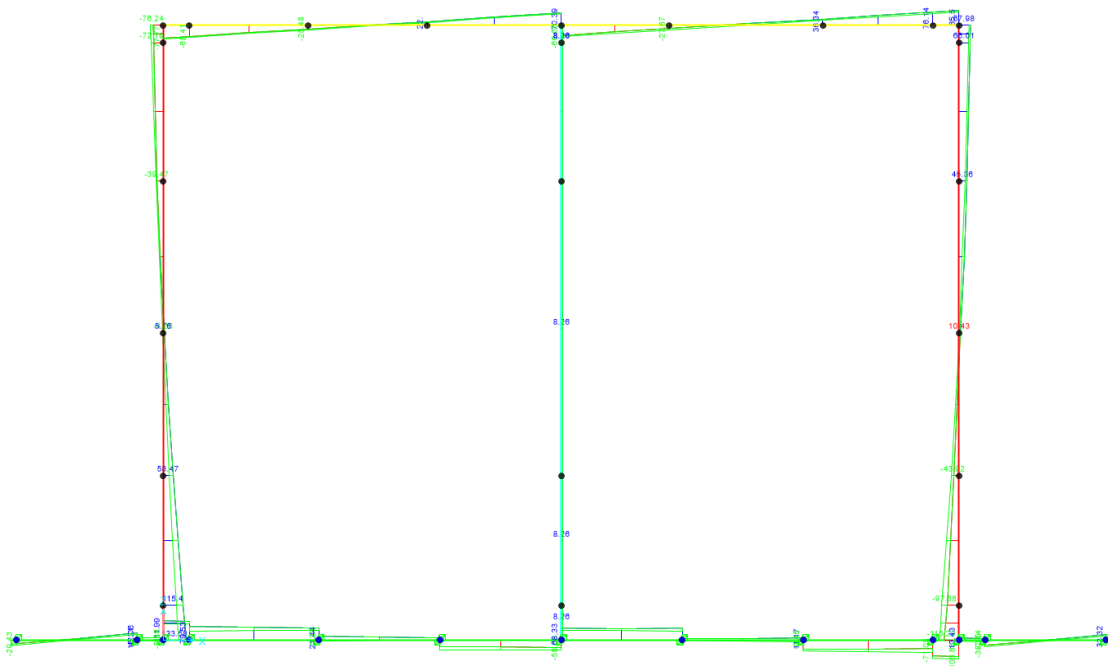
10 INVILUPPI COMBINAZIONI

10.1 SLU

- Momento flettente



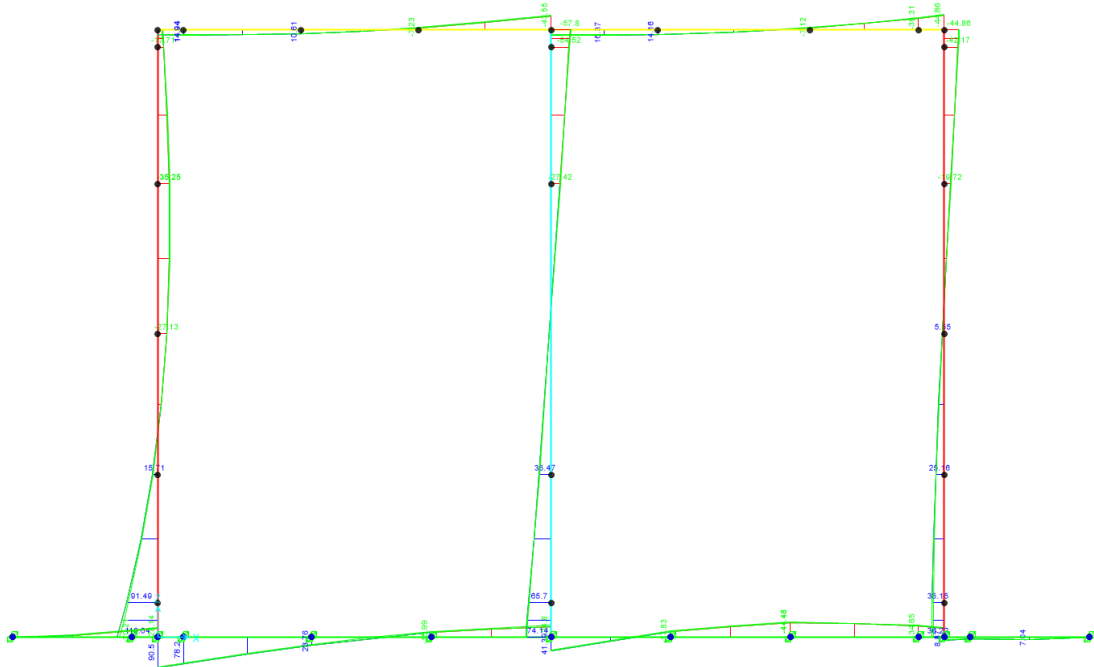
- Taglio



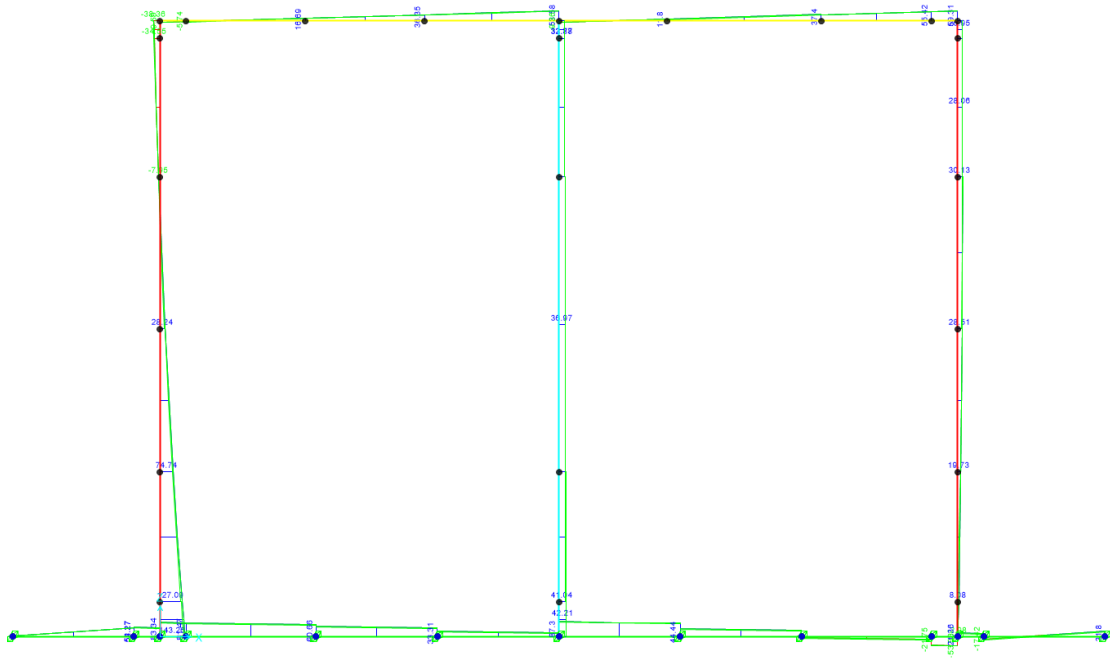
PROGETTAZIONE ATI:

10.2 SLV

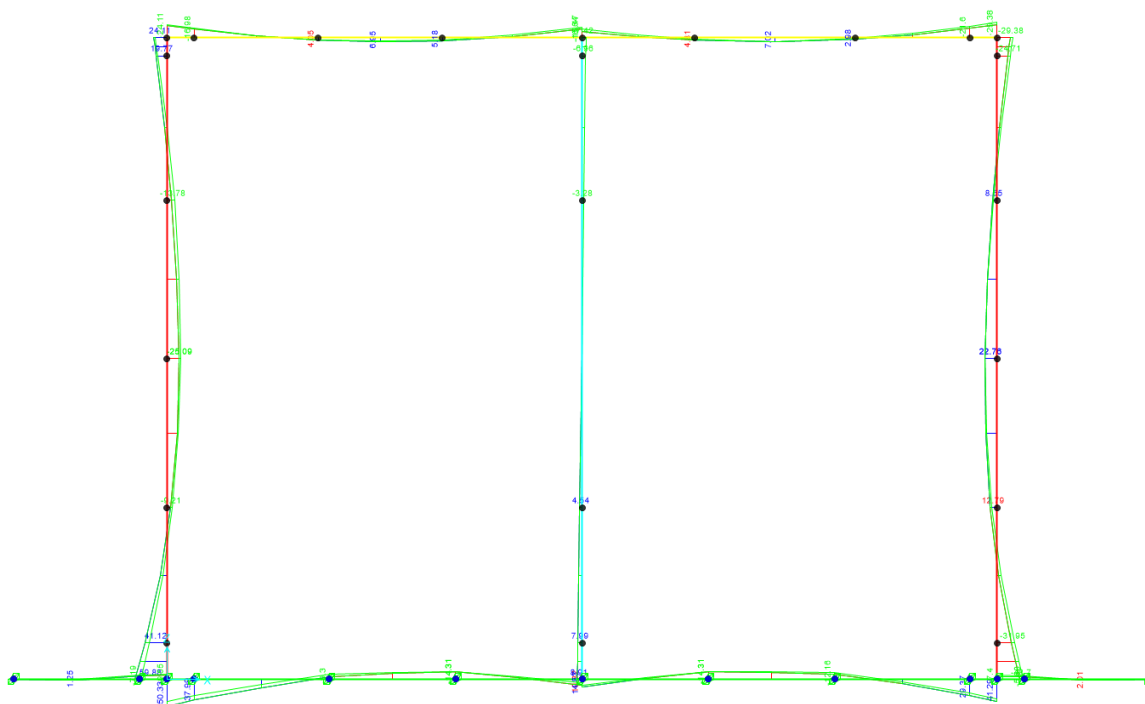
- Momento flettente



- Taglio



PROGETTAZIONE ATI:

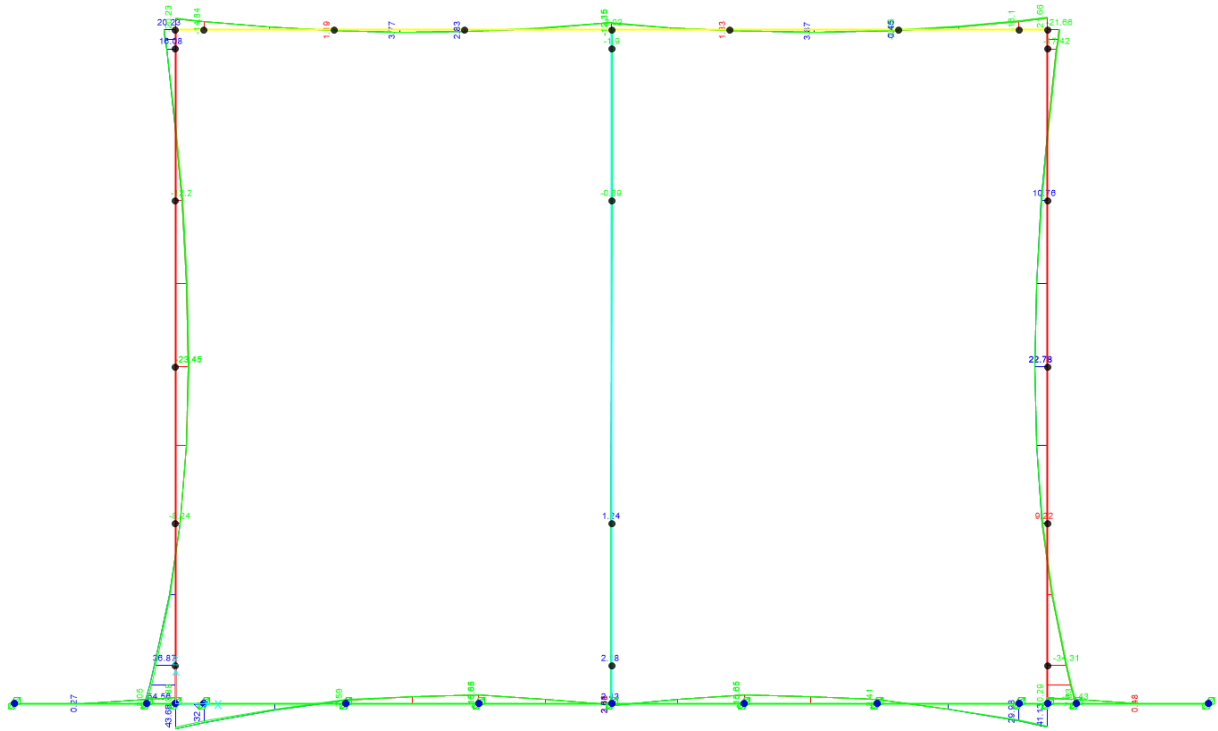


10.5 SLE – QUASI PERMANENTI

- Momento flettente

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



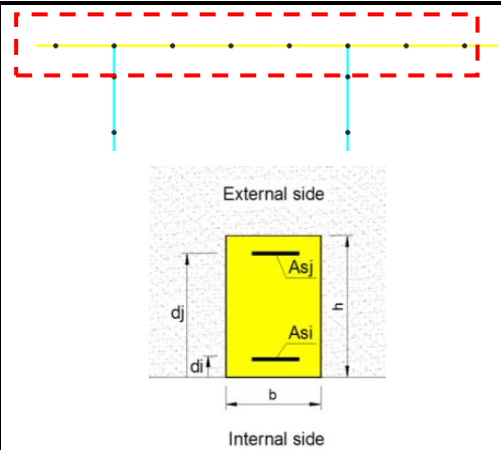
PROGETTAZIONE ATI:

11 VERIFICHE STRUTTURALI

Per ciascun elemento strutturale considerato di volta in volta (fondazione, soletta superiore ed elevazioni) vengono considerate diverse sezioni di verifica. Per ciascuna di esse viene specificato il quantitativo di armatura predisposto, sulla base del quale vengono condotte le verifiche strutturali riportate nei paragrafi seguenti. Di seguito si riassumono le caratteristiche geometriche (Larghezza della sezione B e altezza della sezione H) e le armature assunte per il dimensionamento dei principali elementi strutturali (numero, diametro e posizione delle barre previste per l'elemento di lunghezza unitaria).

- Soletta superiore

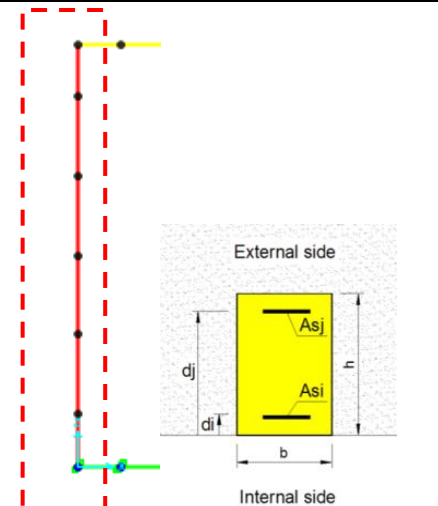
| Soletta | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|------------|-------|---------------|------------------------------|
| | Dimensioni | | Armature | | | |
| Sezione | B (m) | H (m) | d_i (mm) | n_i | ϕ_i (mm) | A_{s_i} (mm ²) |
| Inviluppo | 1.00 | 0.25 | 60 | 5 | 14 | 770 |
| Armatura a taglio (per 100 cm) | | | | | | |
| No arm. taglio | | | | | | |



PS: i valori di A_{s_i} e A_{s_j} sono uguali (A_{s_j} posto a $d_j = 190$ mm)

- Piedritto esterno

| Piedritto | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|------------|-------|---------------|------------------------------|
| | Dimensioni | | Armature | | | |
| Sezione | B (m) | H (m) | d_i (mm) | n_i | ϕ_i (mm) | A_{s_i} (mm ²) |
| - | 1.00 | 0.30 | 70 | 5 | 20 | 1571 |
| Armatura a taglio (per 100 cm) | | | | | | |
| $\phi 10/20 \times 20$ – br.5 | | | | | | |

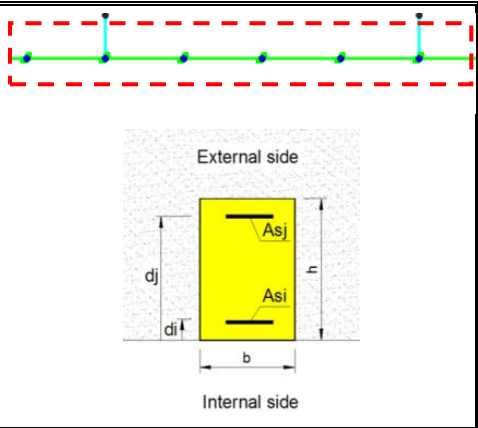


PS: i valori di A_{s_i} e A_{s_j} sono uguali (A_{s_j} posto a $d_j = 230$ mm)

PROGETTAZIONE ATI:

- Soletta di fondazione

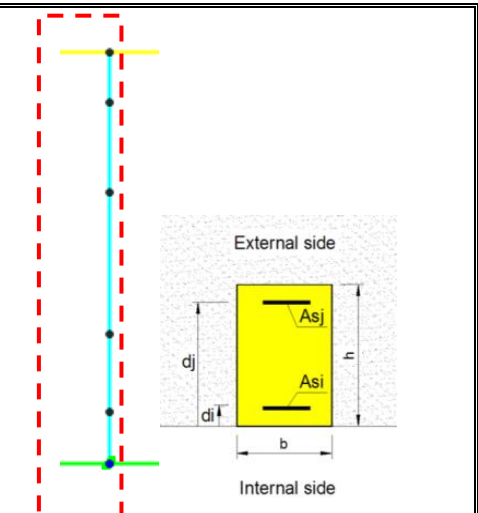
| Fondazione | | | | | | |
|------------|------------|-------|---|----------------|---------------------|------------------------------------|
| Sezione | Dimensioni | | Armature | | | |
| | B (m) | H (m) | d _i (mm) | n _i | ø _i (mm) | A _{si} (mm ²) |
| Inviluppo | 1.00 | 0.40 | 70 | 6.66 | 14 | 1016 |
| | | | Armatura a taglio (per 100 cm) Ø8/20x20 – br.5 | | | |



PS: i valori di A_{si} e A_{sj} sono uguali (A_{sj} posto a d_j = 330 mm)

- Muri interni

| Muri interni | | | | | | |
|--------------|------------|-------|---|----------------|---------------------|------------------------------------|
| Sezione | Dimensioni | | Armature | | | |
| | B (m) | H (m) | d _i (mm) | n _i | ø _i (mm) | A _{si} (mm ²) |
| - | 1.00 | 0.30 | 70 | 5 | 20 | 1571 |
| | | | Armatura a taglio (per 100 cm) Ø8/20x20 – br.5 | | | |



PS: i valori di A_{si} e A_{sj} sono uguali (A_{sj} posto a d_j = 230 mm)

11.1 VERIFICHE STRUTTURALI – SOLETTA SUPERIORE

Saranno di seguito descritte le verifiche secondo la flessione, taglio per lo stato limite ultimo e fessurazione, limitazione delle tensioni e deformabilità per gli Stati limite d'esercizio.

11.1.1 SLU/SLV – VERIFICA A FLESSIONE

Nei risultati riassunti di seguito verranno considerati i set di sollecitazioni derivanti dalla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni interne flettenti (M_{y,max} e M_{y,min}) e per ciascuna di esse verranno calcolati i momenti resistenti (M_{Rd}) associati alle caratteristiche geometriche e meccaniche specificate per la sezione in esame.

PROGETTAZIONE ATI:

$$M_{Ed} = -43.55 \text{ kNm/m} ;$$

$$A_s = (5\phi 14)/m = 1016 \text{ mm}^2/m ; A'_s = (5\phi 14)/m = 770 \text{ mm}^2$$

$$|M_{Rd}| = 64.44 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} > |M_{Ed}| = 43.55 \text{ kNm/m}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File:

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

TITOLO : _____

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 25 | 1 | 7.70 | 6 |
| | | | 2 | 7.70 | 19 |

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{Ed} 16.6 kNm
 M_{yEd} 0

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

Materiali:
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{cl} 2.114

Calcolo:
 M_{xRd} 64.44 kNm
 Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 13.32 ‰
 d 19 cm
 x 3.953 x/d 0.208
 δ 0.7

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

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

11.1.2 SLU/SLV – VERIFICA A TAGLIO

$$|V_{Ed}| = 76.14 \text{ kN} ; A_{sw} = \text{no arm. a taglio, spilli costruttivi } \phi 8 \text{ } 40 \times 40 \text{ cm}$$

$$|V_{Rd}| = 108.07 \text{ kN} > |V_{Ed}|$$

| VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2018 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1) | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------|--|
| Note e convenzioni | | | |
| N > 0 => trazione | Compilare le celle in azzurro | | |
| Dati di input | | | |
| Rck | | 40 N/mm ² | |
| fck | | 31 N/mm ² | |
| Valore medio della resistenza a trazione | f _{ctm} = | 3.0 N/mm ² | = 0.3 x fck ^(2/3) |
| Coefficiente sicurezza cls | γ _c = | 1.5 | Fattore di confidenza FC = 1 |
| Coefficiente carichi lunga durata | α _{cc} = | 0.85 | |
| fcd=resistenza di calcolo del cls | | 17.68 N/mm ² | = α _{cc} x fck / γ _c |
| Resistenza caratteristica di snervamento acciaio | f _{yk} = | 450 N/mm ² | |
| Coefficiente sicurezza acciaio | γ _s = | 1.15 | |
| Snervamento di calcolo acciaio | f _{yd} = | 391 N/mm ² | = f _{yd} / γ _s |
| Forza di taglio di calcolo | V _{sd} = | 76.1 kN | |
| Forza assiale di calcolo | N _{sd} = | 0 kN | |
| Larghezza sezione | b _w = | 100 cm | = 1000 mm |
| altezza della sezione | H = | 25 cm | = 250 mm |
| Copriferro | c = | 4 cm | |
| Diametro barre superiori | φ ₂ = | 14 mm | (armatura compressa) |
| Diametro barre inferiori | φ ₁ = | 14 mm | (armatura tesa) |
| Diametro staffe | φ _{st} = | 8 mm | |
| Numero di barre superiori | N ₂ = | 5 | |
| Numero di barre inferiori | N ₁ = | 5 | |
| altezza utile della sezione | d = | 19.5 cm | = 195 mm |
| Resistenza di calcolo dell'elemento senza armatura a taglio: Vrd1 (rif. cap. 4.1.2.1.3.1 del D.M. 2018) | | | |
| Vrd1 = {[0.18 x k x (100 x ρ ₁ x fck) ^(1/3) / γ _c] + 0.15 x σ _{cp} } x (b _w x d) | | | |
| con Vrd1 >= Vrd1min = (Vmin + 0.15 x σ _{cp}) x (b _w x d) | | | |
| K = 1 + (200 / d) ^{0.5} < 2.00 | K = | 2.00 | |
| Vmin = 0.035 x K ^{1.5} x fck ^{0.5} | Vmin = | 0.55 N/mm ² | |
| ρ ₁ = A _{s1} / (b _w d) ≤ 0.02 | | | |
| A _{s1} = area delle armature di trazione che si estendono non meno di d + l _{bn} oltre la sezione considerata | A _{s1} = | 7.70 cm ² | = 769.6902 mm ² |
| | ρ ₁ = | 0.0039 | |
| σ _{cp} = -N _{sd} / A _c ≤ 0.2 fcd | σ _{cp} = | 0.00 N/mm ² | |
| | Vrd1 = | 108 kN | |
| | Vrdmin = | 108 kN | |
| | Vrd1 = | 108.07 kN | OK - VERIFICA SODDISFATTA |

11.1.3 SLE QUASI PERMANENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, alle combinazioni caratteristiche le massime azioni interne non devono eccedere i seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 fck = 14.40 MPa$

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 25 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 7.70 | 6 |
| 2 | 7.70 | 19 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

Materiali
 B450C C32/40

| | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------|
| ϵ_{su} | 67.5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 ‰ |
| E_s | 200000 N/mm² | f_{cd} | 18.13 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 |
| ϵ_{syd} | 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm² | τ_{co} | 0.7333 |
| | | τ_{c1} | 2.114 |

σ_c -3.514 N/mm²
 σ_s 125.1 N/mm²
 ϵ_s 0.6254 ‰
d 19 cm
x 5.633 x/d 0.2965
 δ 0.8106

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

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

- $\sigma_{c,max} = 3.51 \leq 14.40 \text{ MPa}$;

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione quasi permanente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

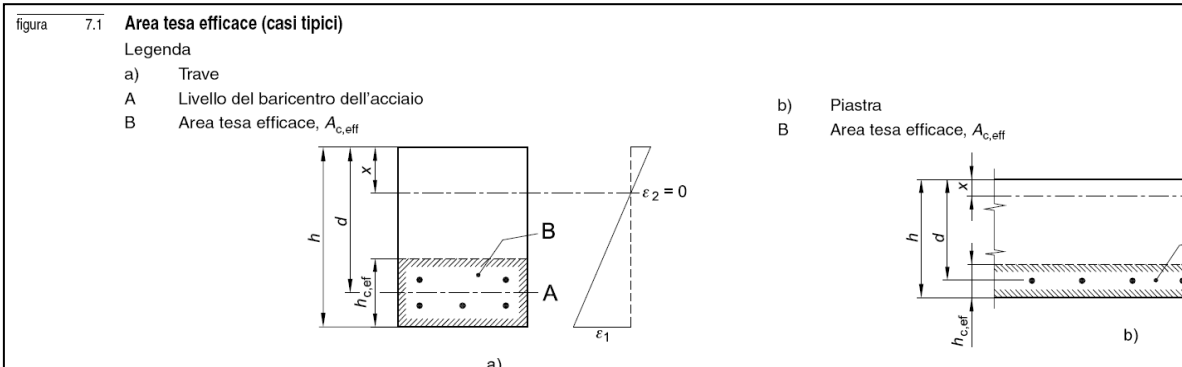
DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata
Asse neutro della sezione

| | |
|------------|-------------|
| σ_s | 125.1 [MPa] |
| X | 56.33 [mm] |

Tipo e durata dei carichi applicati
Coefficiente di omogeneizzazione
Area totale delle armature presenti nella zona tesa
Area efficace tesa di calcestruzzo

| | |
|-----------------|---------------------------|
| | Lunga ▾ |
| α_e | 6.00 [-] |
| A_s | 770 [mm ²] |
| $A_{c,eff.1}$ | 150000 [mm ²] |
| $A_{c,eff.2}$ | 64557 [mm ²] |
| $A_{c,eff.3}$ | 125000 [mm ²] |
| $A_{c,eff.min}$ | 64557 [mm ²] |



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso
Resistenza efficace media del calcestruzzo
Fattore di durata del carico

| | |
|----------------|-------------|
| $\rho_{p,eff}$ | 0.01192 [-] |
| $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| k_f | 0.4 [-] |

Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls

| | |
|---|---------------------|
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000375 [-] |
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | 0.000082 [-] |
| $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000375 [-] |

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)
Diametro equivalente delle barre
Spaziatura massima di riferimento
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione

| | |
|---------------|------------|
| s | 200 [mm] |
| ϕ_{eq} | 14.00 [mm] |
| $s_{max,rif}$ | 235 [mm] |
| k_1 | 0.800 [-] |
| k_2 | 0.500 [-] |
| k_3 | 3.400 [-] |
| k_4 | 0.425 [-] |

Distanza massima tra le fessure

| | |
|---------------|-----------------|
| $S_{r,max.1}$ | 336 [mm] |
| $S_{r,max.2}$ | 252 [mm] |
| $S_{r,max}$ | 336 [mm] |

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente

| | |
|-------------|------------------|
| $w_{k,lim}$ | 0.20 [mm] |
| w_k | 0.13 [mm] |

Ampiezza delle fessure (di calcolo)

$$w_k = 0,13 \text{ mm} \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.1.4 SLE FREQUENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLE-Frequente:

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 25 | 1 | 7.70 | 6 |
| | | | 2 | 7.70 | 19 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 21.6 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali
 B450C C32/40
 E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -4.572 N/mm²
 σ_s 162.8 N/mm²
 ε_s 0.8138 ‰
 d 19 cm
 x 5.633 x/d 0.2965
 δ 0.8106

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

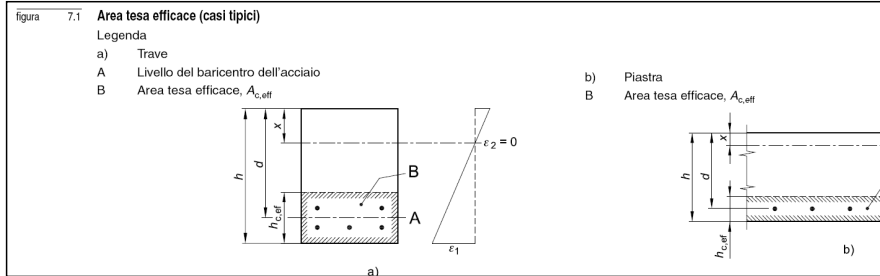
La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione frequente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

| | | |
|---|-----------------|---------------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 162.8 [MPa] |
| Asse neutro della sezione | X | 56.33 [mm] |
| Tipo e durata dei carichi applicati | | Lunga |
| Coefficiente di omogeneizzazione | α_e | 6.00 [-] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | A_s | 770 [mm ²] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo | $A_{c,eff.1}$ | 150000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.2}$ | 64557 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.3}$ | 125000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.min}$ | 64557 [mm ²] |



| | | |
|---|---|---------------------|
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$ | 0.01192 [-] |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| Fattore di durata del carico | k_t | 0.4 [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000488 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | 0.000270 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000488 [-] |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s | 200 [mm] |
| Diametro equivalente delle barre | ϕ_{eq} | 14.00 [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento | $s_{max,ref}$ | 235 [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione | k_1 | 0.800 [-] |
| | k_2 | 0.500 [-] |
| | k_3 | 3.400 [-] |
| | k_4 | 0.425 [-] |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Distanza massima tra le fessure | $s_{r,max.1}$ | 336 [mm] |
| | $s_{r,max.2}$ | 252 [mm] |
| | $s_{r,max}$ | 336 [mm] |

| | | |
|---|-------------------------|------------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0.30 [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo) | w_k | 0.16 [mm] |

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

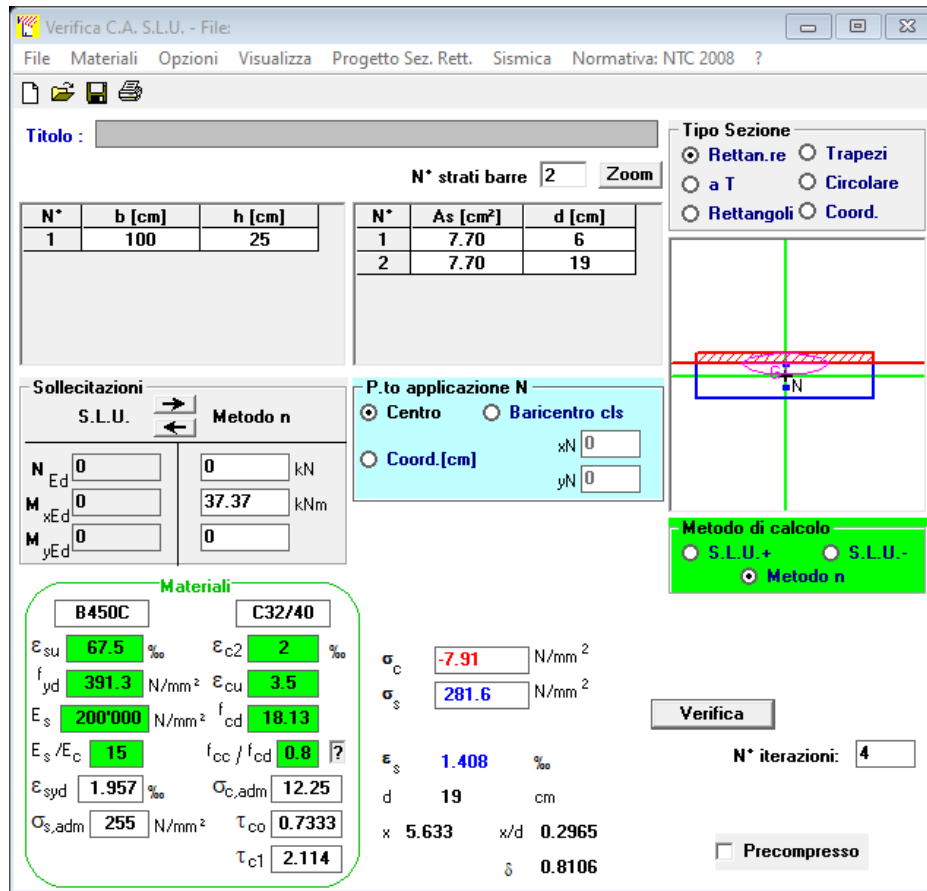
$$w_k = 0,16 \text{ mm} \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.1.5 SLE RARA – VERIFICA DELLE TENSIONI

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLEr-SLD, che non devono eccedere dei seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck} = 19,32 \text{ MPa}$
- $\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

TITOLO: _____

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 25 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 7.70 | 6 |
| 2 | 7.70 | 19 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 37.37 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -7.91 N/mm²
 σ_s 281.6 N/mm²
 ε_s 1.408 ‰
 d 19 cm
 x 5.633 x/d 0.2965
 δ 0.8106

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

- $\sigma_{c,max} = 7.91 \leq 19,32 \text{ MPa}$;
- $\sigma_{s,max} = 281.60 \leq 360 \text{ MPa}$.

11.2 VERIFICHE STRUTTURALI – PIEDRITTO

Saranno di seguito descritte le verifiche secondo la flessione, taglio per lo stato limite ultimo e fessurazione, limitazione delle tensioni e deformabilità per gli Stati limite d'esercizio.

11.2.1 SLU/SLV – VERIFICA A FLESSIONE

Nei risultati riassunti di seguito verranno considerati i set di sollecitazioni derivanti dalla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni interne flettenti ($M_{l,y,max}$ e $M_{l,y,min}$) e per ciascuna di esse verranno calcolati i momenti resistenti (M_{Rd}) associati alle caratteristiche geometriche e meccaniche specificate per la sezione in esame.

$$M_{Ed} = 91.49 \text{ kNm/m} ; N_{Ed} = -30.28 \text{ kN/m}$$

$$A_s = (5\emptyset 20)/m = 1571 \text{ mm}^2/m ; A'_s = (5\emptyset 20)/m = 1571 \text{ mm}^2$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$|M_{Rd}| = 140.00 \text{ kNm/m} > |M_{Ed}|$$

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 30 | 1 | 15.71 | 7 |
| | | | 2 | 15.71 | 23 |

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

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

Retta Deviata

L₀ cm

Precompresso

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 [?]
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333 ‰
 τ_{c1} 2.114 ‰

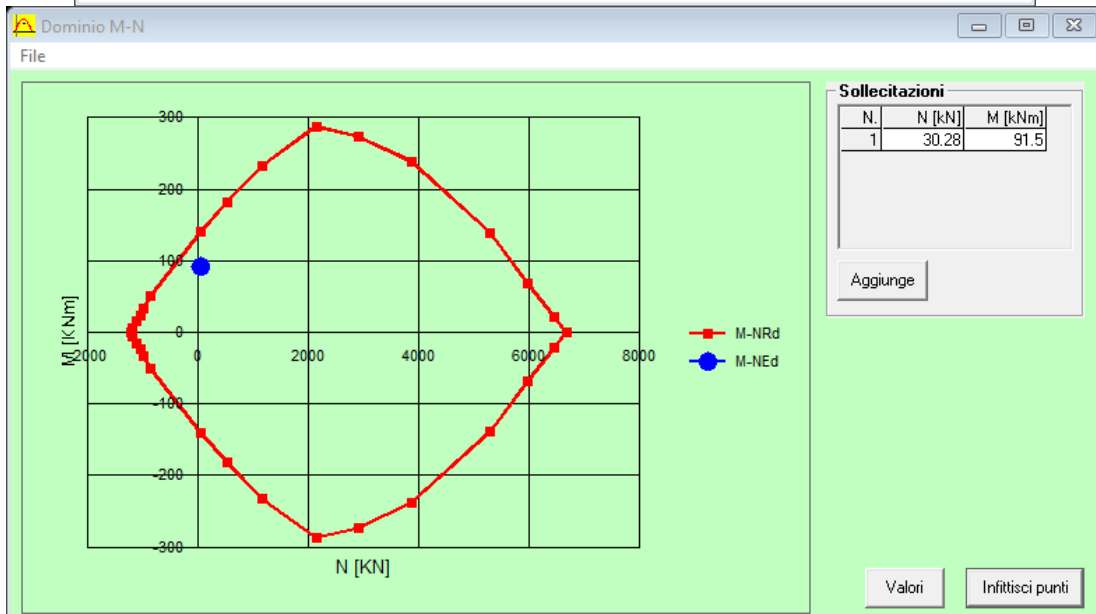
M_{xRd} 140 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 10.25 ‰
 d 23 cm
 x 5.856 x/d 0.2546
 δ 0.7583

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

Retta Deviata

L₀ cm

Precompresso



11.2.2 SLU/SLV – VERIFICA A TAGLIO

$$|V_{Ed}| = 127.08 \text{ kN} ; A_{sw} = \text{spilli } \varnothing 10 / 20 \times 20 - 5 \text{ br.}$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$|V_{Rd}| = 409.98 \text{ kN} > |V_{Ed}|$$

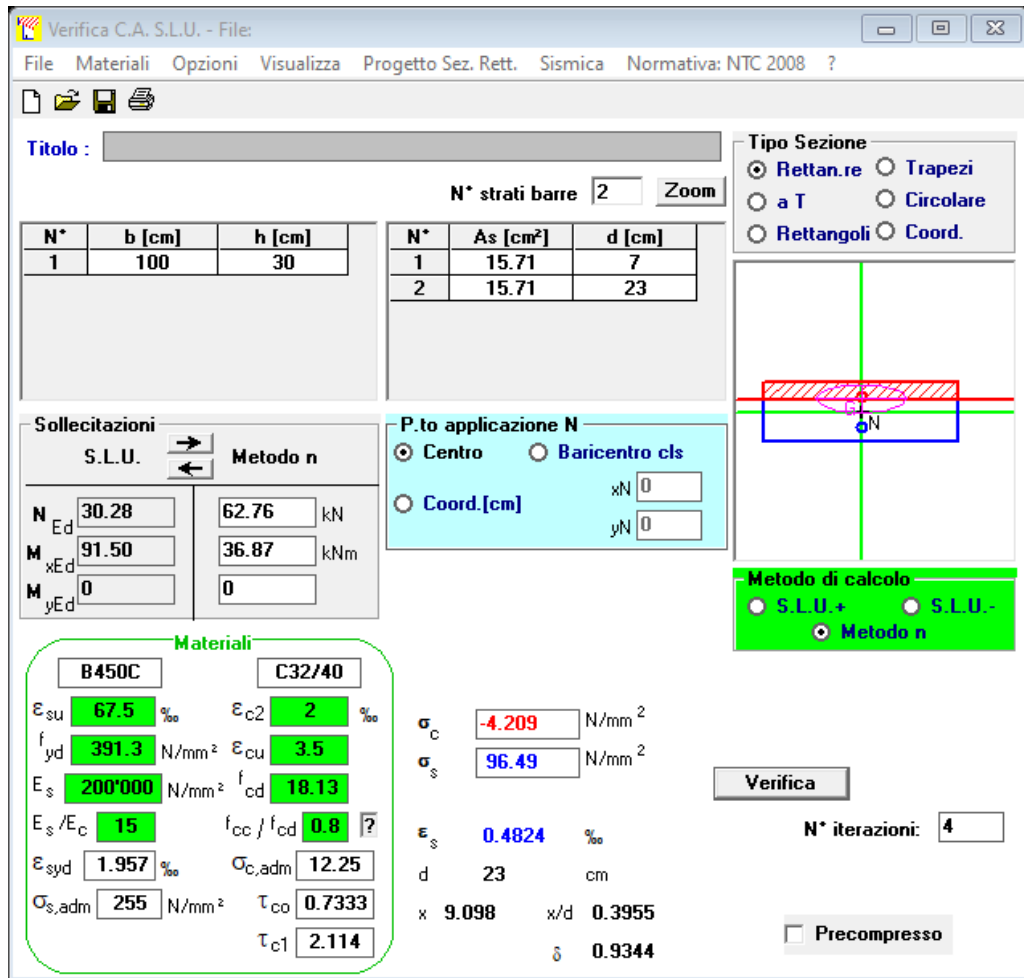
| VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2018 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1) | | | |
|---|---|----------------------------------|--|
| Note e convenzioni | | | |
| N > 0 => trazione | Compilare le celle in azzurro | | |
| Dati di input | | | |
| Rck | 40 | N/mm ² | |
| fck | 31 | N/mm ² | |
| Valore medio della resistenza a trazione | $f_{ctm} = 3.0$ | N/mm ² | = 0.3 x fck ^(2/3) |
| Coefficiente sicurezza cls | $\gamma_c = 1.5$ | | Fattore di confidenza FC = 1 |
| Coefficiente carichi lunga durata | $\alpha_{cc} = 0.85$ | | |
| fcd=resistenza di calcolo del cls | 17.68 | N/mm ² | = $\alpha_{cc} \times f_{ctm} / \gamma_c$ |
| Resistenza caratteristica di snervamento acciaio | $f_{yk} = 450$ | N/mm ² | |
| Coefficiente sicurezza acciaio | $\gamma_s = 1.15$ | | |
| Snervamento di calcolo acciaio | $f_{yd} = 391$ | N/mm ² | = f_{yk} / γ_s |
| Forza di taglio di calcolo | $V_{sd} = 127.0$ | kN | |
| Forza assiale di calcolo | $N_{sd} = 0$ | kN | |
| Larghezza sezione | $b_w = 100$ | cm | = 1000 mm |
| altezza della sezione | $H = 30$ | cm | = 300 mm |
| Copriferro | $c = 4$ | cm | |
| Diametro barre superiori | $\phi_2 = 20$ | mm | (armatura compressa) |
| Diametro barre inferiori | $\phi_1 = 20$ | mm | (armatura tesa) |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 10$ | mm | |
| Numero di barre superiori | $N_2 = 5$ | | |
| Numero di barre inferiori | $N_1 = 5$ | | |
| altezza utile della sezione | $d = 24$ | cm | = 240 mm |
| Resistenza di calcolo dell'elemento con armatura a taglio (rif. cap. 4.1.2.1.3.2 del D.M. 2018) | | | |
| Verifica delle bielle compresse: V_{rcd} | | | |
| $V_{rcd} = [0.9 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot\alpha + \cot\theta)] / [1 + (\cot\theta)^2]$ | | | |
| Definizione del coefficiente maggiorativo α_c | $\sigma_{cp} < 0.00 \Rightarrow \alpha_c = 1$ | 1 membrature non compresse | |
| | $0.00 \leq \sigma_{cp} < 4.42 \Rightarrow \alpha_c = 1.00$ | ↓ | |
| | $4.42 \leq \sigma_{cp} \leq 8.84 \Rightarrow \alpha_c = 1.25$ | | |
| | $8.84 < \sigma_{cp} < 17.68 \Rightarrow \alpha_c = 2.50$ | | |
| Essendo | $\sigma_{cp} = 0.00$ | N/mm ² | si assume quindi $\alpha_c = 1$ |
| Resistenza a compressione ridotta | $f_{cd} = 8.84$ | N/mm ² | = 0.5 x fcd |
| Angolo di inclinazione dell'armatura a taglio | $\alpha = 90$ | ° | (45° per ferri piegati e 90° per staffe) |
| | $\alpha = 1.57$ | rad | |
| Angolo di inclinazione dei puntoni compressi | $\theta = 45$ | ° | (compreso tra 21.8° e 45°) |
| | $\theta = 0.79$ | rad | |
| V_{rcd} = 954.72 kN | | OK - VERIFICA SODDISFATTA | |
| Verifica dell'armatura a taglio: V_{rsd} | | | |
| $V_{rsd} = 0.9 \times d \times (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times (\cot\alpha + \cot\theta) \times \sin\alpha$ | | | |
| Passo delle staffe | $s = 20$ | cm | 200 mm |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 10$ | mm | |
| Braccia resistenti | $n = 5$ | | |
| Area armatura a taglio | $A_{sw} = 3.93$ | cm ² | 393 mm ² |
| Percentuale minima di armatura | $\rho_{w,min} = 0.0010$ | mm | = 0.08 x (Fck ^{0.5}) / Fyk |
| Area minima di armatura a taglio | $A_{w,min} = 198.60$ | mm ² | = $\rho_{w,min} \times s \times B_w \times \sin\alpha$ (EC2-Par.9.2.2) |
| V_{rsd} = 165.96 kN | | OK - VERIFICA SODDISFATTA | |

11.2.3 SLE QUASI PERMANENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, alle combinazioni caratteristiche le massime azioni interne non devono eccedere i seguenti valori:

PROGETTAZIONE ATI:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 f_{ck} = 14.40 \text{ MPa}$



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 30 | 1 | 15.71 | 7 |
| | | | 2 | 15.71 | 23 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | | |
|------------------|-------|-------|-----|
| N _{Ed} | 30.28 | 62.76 | kN |
| M _{xEd} | 91.50 | 36.87 | kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 | |

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

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

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

| B450C | C32/40 |
|----------------------------|------------------------|
| ϵ_{su} 67.5 ‰ | ϵ_{c2} 2 ‰ |
| f_{yd} 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} 3.5 ‰ |
| E_s 200'000 N/mm² | f_{cd} 18.13 |
| E_s/E_c 15 | f_{cc}/f_{cd} 0.8 |
| ϵ_{syd} 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ 12.25 |
| $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² | τ_{co} 0.7333 |
| | τ_{c1} 2.114 |

σ_c -4.209 N/mm²
 σ_s 96.49 N/mm²
 ϵ_s 0.4824 ‰
 d 23 cm
 x 9.098 x/d 0.3955
 δ 0.9344

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

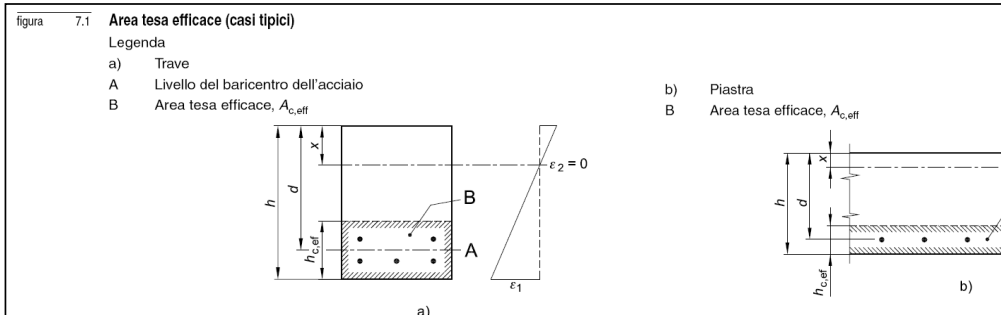
- $\sigma_{c,max} = 4.20 \leq 14.40 \text{ MPa}$;

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione quasi permanente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

| | | |
|---|-----------------|---------------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 96.49 [MPa] |
| Asse neutro della sezione | x | 90.98 [mm] |
| | | Lunga ▾ |
| Tipo e durata dei carichi applicati | α_e | 6.00 [-] |
| Coefficiente di omogeneizzazione | A_s | 1571 [mm ²] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | $A_{c,eff.1}$ | 182500 [mm ²] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo | $A_{c,eff.2}$ | 69673 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.3}$ | 150000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.min}$ | 69673 [mm ²] |



| | | |
|---|---|---------------------|
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$ | 0.02255 [-] |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| Fattore di durata del carico | k_t | 0.4 [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000289 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | 0.000178 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000289 [-] |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s | 200 [mm] |
| Diametro equivalente delle barre | ϕ_{eq} | 20.00 [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento | $s_{max,rif}$ | 250 [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione | k_1 | 0.800 [-] |
| | k_2 | 0.500 [-] |
| | k_3 | 3.400 [-] |
| | k_4 | 0.425 [-] |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Distanza massima tra le fessure | $s_{r,max.1}$ | 287 [mm] |
| | $s_{r,max.2}$ | 272 [mm] |
| | $s_{r,max}$ | 287 [mm] |

| | | |
|---|-------------------------|------------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0.20 [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo) | w_k | 0.08 [mm] |

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$w_k = 0,08 \text{ mm} \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.2.4 SLE FREQUENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLE-Frequente:

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | | |
|------------------|-------|-------|-----|
| N _{Ed} | 30.28 | 73.74 | kN |
| M _{xEd} | 91.50 | 41.12 | kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 | |

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

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

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

| B450C | | C32/40 | |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------|--------|
| ε _{su} | 67.5 ‰ | ε _{c2} | 2 ‰ |
| f _{yd} | 391.3 N/mm² | ε _{cu} | 3.5 ‰ |
| E _s | 200'000 N/mm² | f _{cd} | 18.13 |
| E _s /E _c | 15 | f _{cc} /f _{cd} | 0.8 |
| ε _{syd} | 1.957 ‰ | σ _{c,adm} | 12.25 |
| σ _{s,adm} | 255 N/mm² | τ _{co} | 0.7333 |
| | | τ _{c1} | 2.114 |

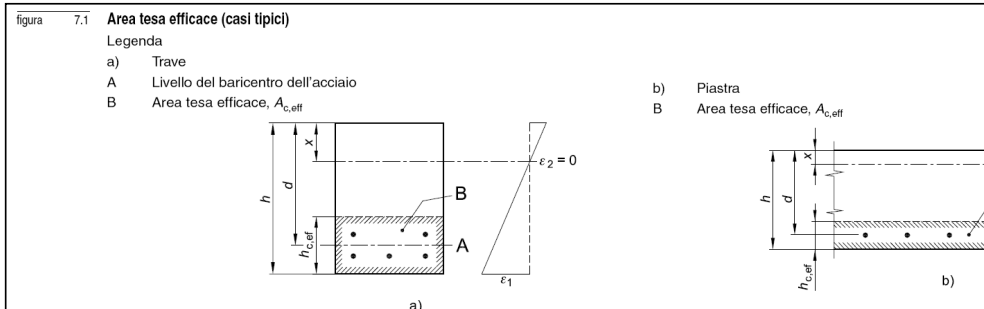
σ_c -4.692 N/mm²
 σ_s 106.4 N/mm²
 ε_s 0.5319 ‰
 d 23 cm
 x 9.157 x/d 0.3981
 δ 0.9377

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione frequente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

| | | |
|---|-----------------|---------------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 106.4 [MPa] |
| Asse neutro della sezione | X | 91.57 [mm] |
| Tipo e durata dei carichi applicati | | Breve |
| Coefficiente di omogeneizzazione | α_e | 6.00 [-] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | A_s | 1571 [mm ²] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo | $A_{c,eff.1}$ | 182500 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.2}$ | 69477 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.3}$ | 150000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.min}$ | 69477 [mm ²] |



| | | |
|---|---|---------------------|
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$ | 0.02261 [-] |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| Fattore di durata del carico | k_t | 0.6 [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000319 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | 0.000076 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000319 [-] |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s | 200 [mm] |
| Diametro equivalente delle barre | ϕ_{eq} | 20.00 [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento | $s_{max,rif}$ | 250 [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione | k_1 | 0.800 [-] |
| | k_2 | 0.500 [-] |
| | k_3 | 3.400 [-] |
| | k_4 | 0.425 [-] |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Distanza massima tra le fessure | $s_{r,max.1}$ | 286 [mm] |
| | $s_{r,max.2}$ | 271 [mm] |
| | $s_{r,max}$ | 286 [mm] |

| | | |
|---|-------------------------|------------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0.30 [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo) | w_k | 0.09 [mm] |

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

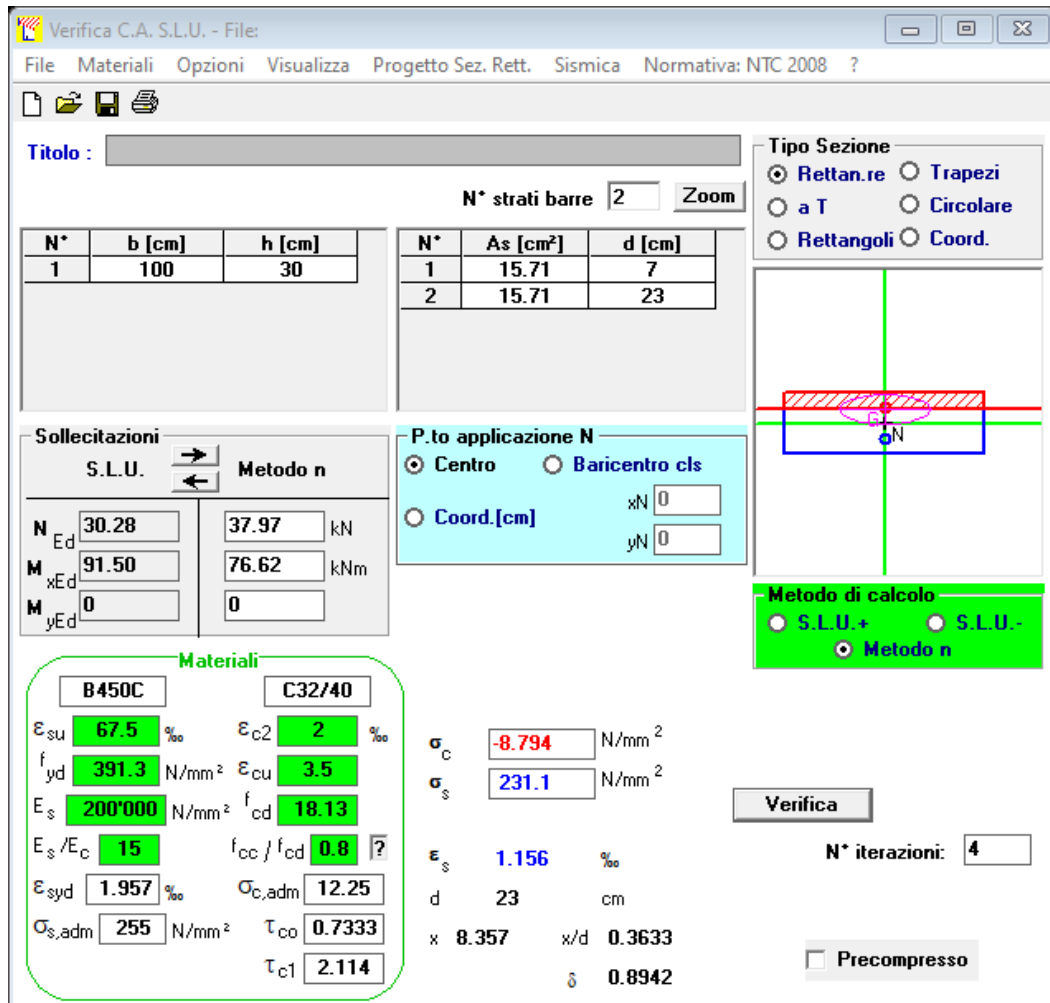
$$w_k = 0,09 \text{ mm} \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.2.5 SLE RARA – VERIFICA DELLE TENSIONI

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLEr-SLD, che non devono eccedere dei seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck} = 19,32 \text{ MPa}$
- $\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |

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

Diagramma della sezione trasversale con la posizione della forza normale N.

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

| | S.L.U. | Metodo n |
|------------------|--------|-----------|
| N _{Ed} | 30.28 | 37.97 kN |
| M _{xEd} | 91.50 | 76.62 kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 |

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

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

Materiali:
 B450C C32/40

| Parametro | Valore | Unità |
|------------------|---------|------------|
| ϵ_{su} | 67.5 | ‰ |
| ϵ_{c2} | 2 | ‰ |
| f_{yd} | 391.3 | N/mm² |
| ϵ_{cu} | 3.5 | ‰ |
| E_s | 200'000 | N/mm² |
| f_{cd} | 18.13 | N/mm² |
| E_s/E_c | 15 | |
| f_{cc}/f_{cd} | 0.8 | |
| ϵ_{syd} | 1.957 | ‰ |
| $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 | N/mm² |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 | N/mm² |
| τ_{co} | 0.7333 | |
| τ_{c1} | 2.114 | |
| σ_c | -8.794 | N/mm² |
| σ_s | 231.1 | N/mm² |
| ϵ_s | 1.156 | ‰ |
| d | 23 | cm |
| x | 8.357 | x/d 0.3633 |
| δ | 0.8942 | |

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

- $\sigma_{c,max} = 8.79 \leq 19,32 \text{ MPa}$;
- $\sigma_{s,max} = 231.10 \leq 360 \text{ MPa}$.

11.3 VERIFICHE STRUTTURALI – FONDAZIONE

Saranno di seguito descritte le verifiche secondo la flessione, taglio per lo stato limite ultimo e fessurazione, limitazione delle tensioni e deformabilità per gli Stati limite d'esercizio.

11.3.1 SLU/SLV – VERIFICA A FLESSIONE

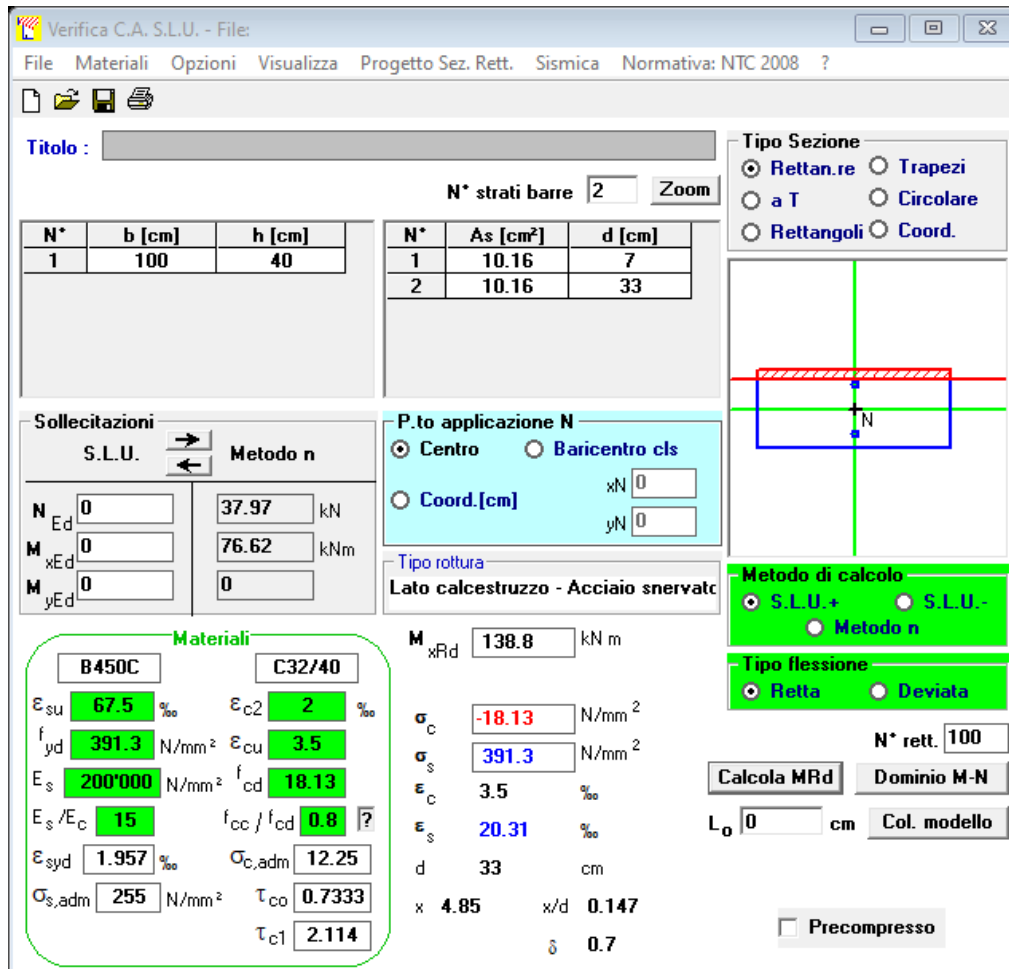
Nei risultati riassunti di seguito verranno considerati i set di sollecitazioni derivanti dalla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni interne flettenti ($M_{y,max}$ e $M_{y,min}$) e per ciascuna

di esse verranno calcolati i momenti resistenti (M_{Rd}) associati alle caratteristiche geometriche e meccaniche specificate per la sezione in esame.

$$M_{Ed} = 78.20 \text{ kNm/m} ;$$

$$A_s = (6\phi 14)/m = 1016 \text{ mm}^2/m ; A'_s = (6\phi 14)/m = 1016 \text{ mm}^2$$

$$|M_{Rd}| = 138.8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} > |M_{Ed}| = 78.20 \text{ kNm/m}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 40 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 10.16 | 7 |
| 2 | 10.16 | 33 |

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 37.97 kN
M_{xEd} 0 76.62 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 138.8 kN m
σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 20.31 ‰
d 33 cm
x 4.85 x/d 0.147
δ 0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

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

Precompresso

11.3.2 SLU/SLV – VERIFICA A TAGLIO

$$|V_{Ed}| = 87.30 \text{ kN} ; A_{sw} = \text{spilli } \phi 8 / 20 \times 20 - 5 \text{ br.}$$

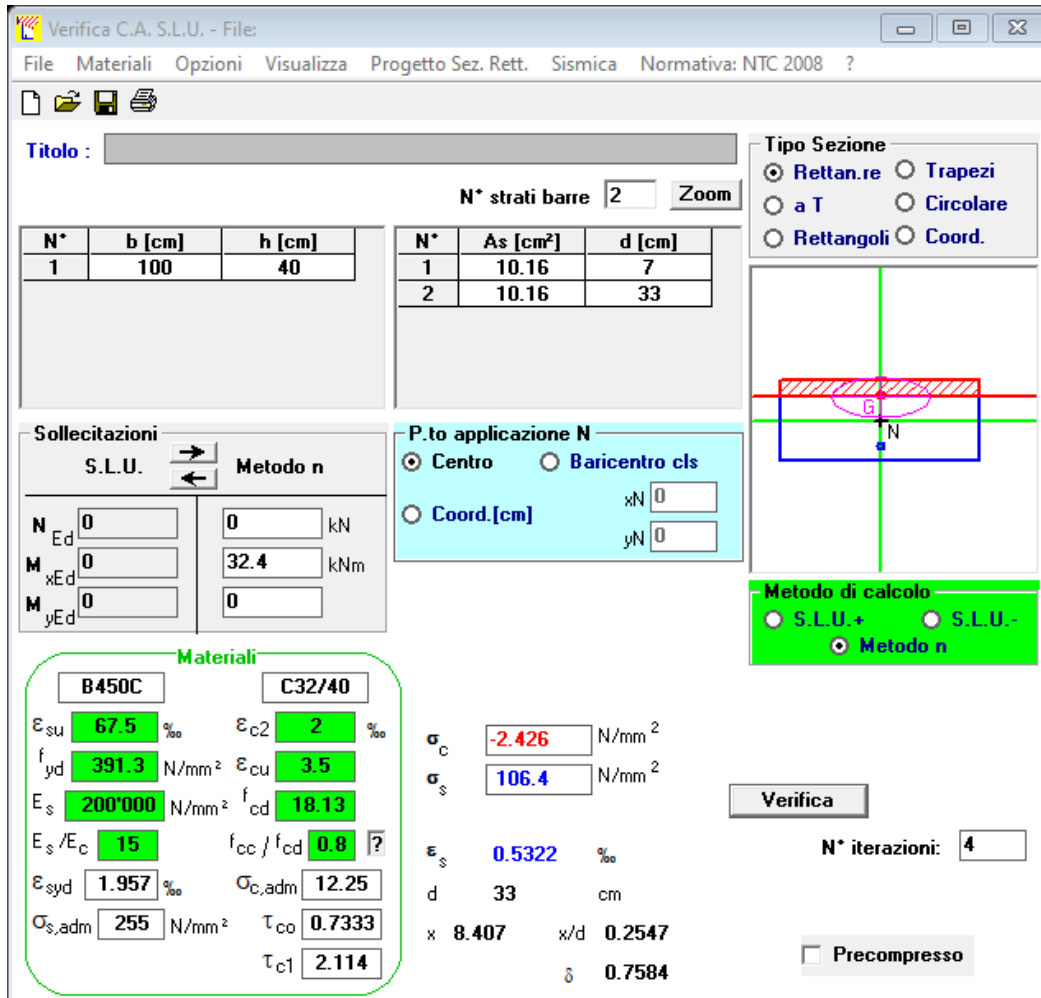
$$|V_{Rd}| = 152.68 \text{ kN} > |V_{Ed}|$$

| VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2018 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1) | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------|--|
| Note e convenzioni | | | |
| N > 0 => trazione | Compilare le celle in azzurro | | |
| Dati di input | | | |
| Rck | 40 | N/mm ² | |
| fck | 31 | N/mm ² | |
| Valore medio della resistenza a trazione | $f_{ctm} = 3.0$ | N/mm ² | = 0.3 x fck ^(2/3) |
| Coefficiente sicurezza cls | $\gamma_c = 1.5$ | | Fattore di confidenza FC = 1 |
| Coefficiente carichi lunga durata | $\alpha_{cc} = 0.85$ | | |
| fcd=resistenza di calcolo del cls | $f_{cd} = 17.68$ | N/mm ² | = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$ |
| Resistenza caratteristica di snervamento acciaio | $f_{yk} = 450$ | N/mm ² | |
| Coefficiente sicurezza acciaio | $\gamma_s = 1.15$ | | |
| Snervamento di calcolo acciaio | $f_{yd} = 391$ | N/mm ² | = f_{yd} / γ_s |
| Forza di taglio di calcolo | $V_{sd} = 87.3$ | kN | |
| Forza assiale di calcolo | $N_{sd} = 0$ | kN | |
| Larghezza sezione | $b_w = 100$ | cm | = 1000 mm |
| altezza della sezione | $H = 40$ | cm | = 400 mm |
| Copriferro | $c = 4$ | cm | |
| Diametro barre superiori | $\phi_2 = 14$ | mm | (armatura compressa) |
| Diametro barre inferiori | $\phi_1 = 14$ | mm | (armatura tesa) |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 8$ | mm | |
| Numero di barre superiori | $N_2 = 6$ | | |
| Numero di barre inferiori | $N_1 = 6$ | | |
| altezza utile della sezione | $d = 34.5$ | cm | = 345 mm |
| Resistenza di calcolo dell'elemento con armatura a taglio (rif. cap. 4.1.2.1.3.2 del D.M. 2018) | | | |
| Verifica delle bielle compresse: Vrcd | | | |
| $V_{rcd} = [0.9 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot\alpha + \cot\theta)] / [1 + (\cot\theta)^2]$ | | | |
| Definizione del coefficiente maggiorativo α_c | $\sigma_{cp} < 0.00$ | => | $\alpha_c = 1$ membrature non compresse |
| | $0.00 \leq \sigma_{cp} < 4.42$ | => | $\alpha_c = 1.00$ |
| | $4.42 \leq \sigma_{cp} \leq 8.84$ | => | $\alpha_c = 1.25$ |
| | $8.84 < \sigma_{cp} < 17.68$ | => | $\alpha_c = 2.50$ membrature fortemente compresse |
| Essendo | $\sigma_{cp} = 0.00$ | N/mm ² | si assume quindi $\alpha_c = 1$ |
| Resistenza a compressione ridotta | $f_{cd} = 8.84$ | N/mm ² | = 0.5 x fcd |
| Angolo di inclinazione dell'armatura a taglio | $\alpha = 90$ | ° | (45° per ferri piegati e 90° per staffe) |
| | $\alpha = 1.57$ | rad | |
| Angolo di inclinazione dei puntoni compressi | $\theta = 45$ | ° | (compreso tra 21.8° e 45°) |
| | $\theta = 0.79$ | rad | |
| Vrcd = 1372.41 | | kN | OK - VERIFICA SODDISFATTA |
| Verifica dell'armatura a taglio: Vrsd | | | |
| $V_{rsd} = 0.9 \times d \times (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times (\cot\alpha + \cot\theta) \times \sin\alpha$ | | | |
| Passo delle staffe | $s = 20$ | cm | 200 mm |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 8$ | mm | |
| Braccia resistenti | $n = 5$ | | |
| Area armatura a taglio | $A_{sw} = 2.51$ | cm ² | 251 mm ² |
| Percentuale minima di armatura | $\rho_{w,min} = 0.0010$ | mm | = 0.08 x (Fck ^{0.5}) / Fyk |
| Area minima di armatura a taglio | $A_{w,min} = 198.60$ | mm ² | = $\rho_{w,min} \times s \times B_w \times \sin\alpha$ (EC2-Par.9.2.2) |
| Vrsd = 152.68 | | kN | OK - VERIFICA SODDISFATTA |

11.3.3 SLE QUASI PERMANENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, alle combinazioni caratteristiche le massime azioni interne non devono eccedere i seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 f_{ck} = 14.40 \text{ MPa}$



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 40 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 10.16 | 7 |
| 2 | 10.16 | 33 |

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

Diagramma della sezione trasversale con la posizione della forza normale N.

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

| | S.L.U. | Metodo n |
|------------------|--------|----------|
| N _{Ed} | 0 | 0 kN |
| M _{xEd} | 0 | 32.4 kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 |

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

Materiali

| B450C | | C32/40 | |
|------------------|---------------|------------------|--------|
| ϵ_{su} | 67.5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 ‰ |
| E_s | 200'000 N/mm² | f_{cd} | 18.13 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 |
| ϵ_{syd} | 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm² | τ_{co} | 0.7333 |
| | | τ_{c1} | 2.114 |

Risultati:

| | |
|--------------|--------------|
| σ_c | -2.426 N/mm² |
| σ_s | 106.4 N/mm² |
| ϵ_s | 0.5322 ‰ |
| d | 33 cm |
| x | 8.407 |
| x/d | 0.2547 |
| δ | 0.7584 |

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

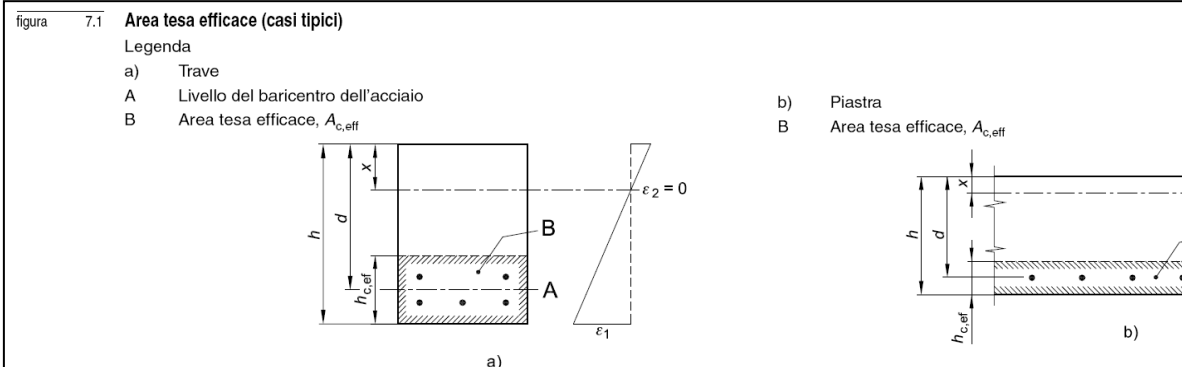
- $\sigma_{c,max} = 2.46 \leq 14.40 \text{ MPa}$;

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione quasi permanente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

| | | |
|---|-----------------|---------------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 106.4 [MPa] |
| Asse neutro della sezione | X | 84.07 [mm] |
| Tipo e durata dei carichi applicati | | |
| Coefficiente di omogeneizzazione | α_e | 6.00 [-] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | A_s | 924 [mm ²] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo | $A_{c,eff.1}$ | 182500 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.2}$ | 105310 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.3}$ | 200000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.min}$ | 105310 [mm ²] |



| | | |
|---|---|---------------------|
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$ | 0.00877 [-] |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| Fattore di durata del carico | k_f | 0.4 [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000319 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0.000194 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000319 [-] |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s | 200 [mm] |
| Diametro equivalente delle barre | ϕ_{eq} | 14.00 [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento | $s_{max,rif}$ | 235 [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione | k_1 | 0.800 [-] |
| | k_2 | 0.500 [-] |
| | k_3 | 3.400 [-] |
| | k_4 | 0.425 [-] |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Distanza massima tra le fessure | $s_{r,max.1}$ | 407 [mm] |
| | $s_{r,max.2}$ | 411 [mm] |
| | $s_{r,max}$ | 407 [mm] |

| | | |
|---|-------------------------|------------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0.20 [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo) | w_k | 0.13 [mm] |

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$w_k = 0,13 \text{ mm} \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.3.4 SLE FREQUENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLE-Frequente:

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 40 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 10.16 | 7 |
| 2 | 10.16 | 33 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

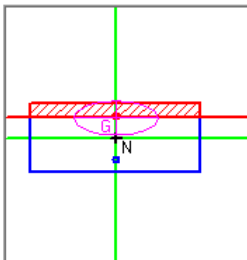
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

| B450C | | C32/40 | |
|------------------|---------------|------------------|--------|
| ϵ_{su} | 67.5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 ‰ |
| E_s | 200'000 N/mm² | f_{cd} | 18.13 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 |
| ϵ_{syd} | 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm² | τ_{co} | 0.7333 |
| | | τ_{c1} | 2.114 |

σ_c -2.844 N/mm²
 σ_s 124.8 N/mm²
 ϵ_s 0.6241 ‰
 d 33 cm
 x 8.407 x/d 0.2547
 δ 0.7584

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

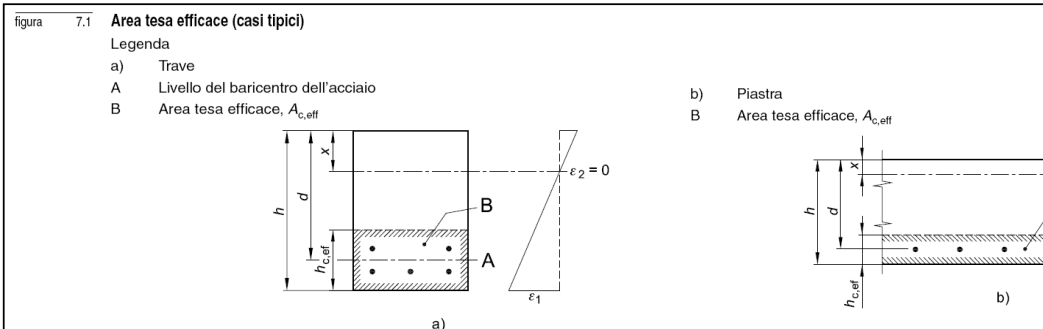


La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione frequente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_2 = 0,30$ mm

Nel caso corrente si ha un'apertura uguale a:

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

| | | |
|---|-----------------|---------------------------|
| Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 124.8 [MPa] |
| Asse neutro della sezione | x | 84 [mm] |
| Tipo e durata dei carichi applicati | | Breve |
| Coefficiente di omogeneizzazione | α_e | 6.00 [-] |
| Area totale delle armature presenti nella zona tesa | A_s | 924 [mm ²] |
| Area efficace tesa di calcestruzzo | $A_{c,eff.1}$ | 182500 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.2}$ | 105333 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.3}$ | 200000 [mm ²] |
| | $A_{c,eff.min}$ | 105333 [mm ²] |



| | | |
|---|---|---------------------|
| Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso | $\rho_{p,eff}$ | 0.00877 [-] |
| Resistenza efficace media del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 3.0 [MPa] |
| Fattore di durata del carico | k_t | 0.6 [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ | 0.000374 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ | -0.000465 [-] |
| | $[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ | 0.000374 [-] |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri) | s | 200 [mm] |
| Diametro equivalente delle barre | ϕ_{eq} | 14.00 [mm] |
| Spaziatura massima di riferimento | $s_{max,rif}$ | 235 [mm] |
| Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione | k_1 | 0.800 [-] |
| | k_2 | 0.500 [-] |
| | k_3 | 3.400 [-] |
| | k_4 | 0.425 [-] |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Distanza massima tra le fessure | $s_{r,max.1}$ | 407 [mm] |
| | $s_{r,max.2}$ | 411 [mm] |
| | $s_{r,max}$ | 407 [mm] |

| | | |
|---|-------------------------|------------------|
| Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente | $w_{k,lim}$ | 0.30 [mm] |
| Ampiezza delle fessure (di calcolo) | w_k | 0.15 [mm] |

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$w_k = 0,15 \text{ mm} \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$$

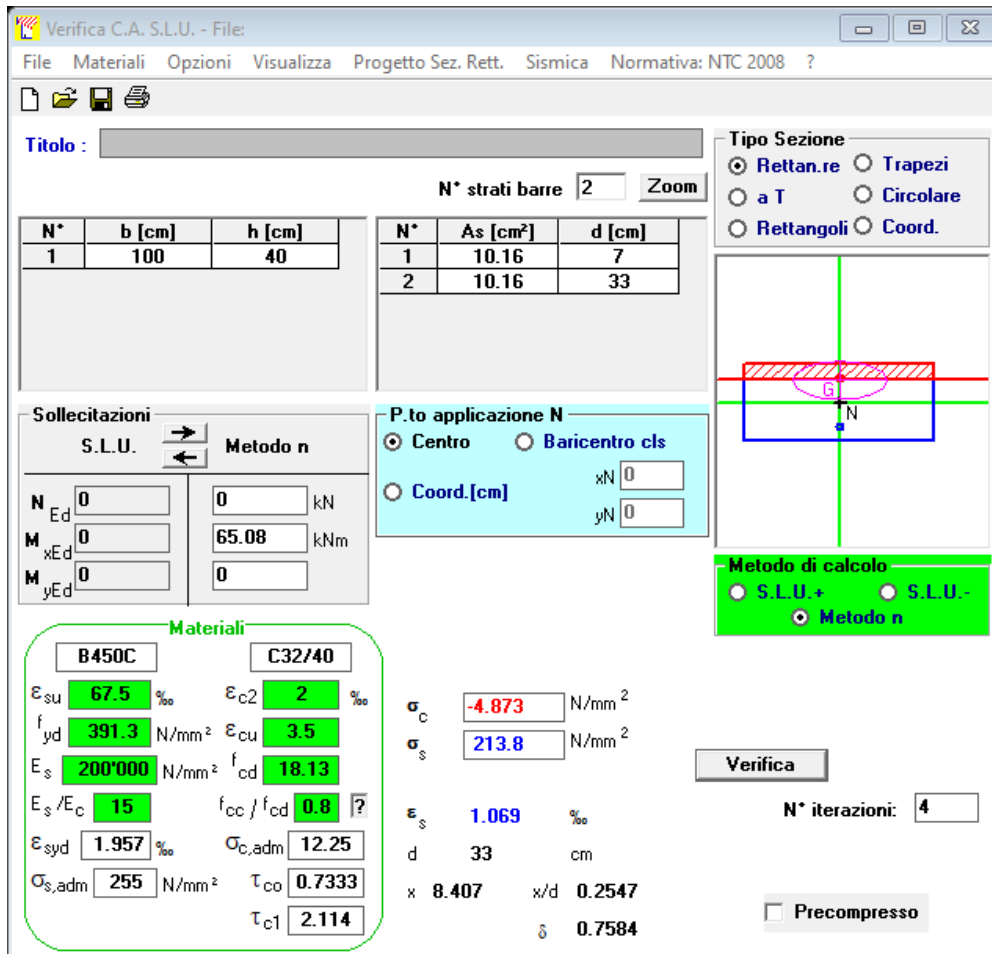
Pertanto la verifica è soddisfatta.

11.3.5 SLE RARA – VERIFICA DELLE TENSIONI

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLEr-SLD, che non devono eccedere dei seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck} = 19,32 \text{ MPa}$
- $\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

PROGETTAZIONE ATI:



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 40 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 10.16 | 7 |
| 2 | 10.16 | 33 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 65.08 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 18.13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333 ‰
 τ_{c1} 2.114 ‰

σ_c -4.873 N/mm²
 σ_s 213.8 N/mm²
 ε_s 1.069 ‰
 d 33 cm
 x 8.407 x/d 0.2547
 δ 0.7584

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

- $\sigma_{c,max} = 4.87 \leq 19,32 \text{ MPa}$;
- $\sigma_{s,max} = 213.80 \leq 360 \text{ MPa}$.

11.4 VERIFICHE STRUTTURALI – MURI INTERNI

Saranno di seguito descritte le verifiche secondo la flessione, taglio per lo stato limite ultimo e fessurazione, limitazione delle tensioni e deformabilità per gli Stati limite d'esercizio.

11.4.1 SLU/SLV – VERIFICA A FLESSIONE

Nei risultati riassunti di seguito verranno considerati i set di sollecitazioni derivanti dalla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni interne flettenti ($M_{y,max}$ e $M_{y,min}$) e per ciascuna di esse verranno calcolati i momenti resistenti (M_{Rd}) associati alle caratteristiche geometriche e meccaniche specificate per la sezione in esame.

PROGETTAZIONE ATI:

$M_{Ed} = 65.70 \text{ kNm/m}$; $N_{Ed} = -85.88 \text{ kN/m}$
 $A_S = (5\phi 20)/m = 1539 \text{ mm}^2/m$; $A'_S = (5\phi 20)/m = 1539 \text{ mm}^2$
 $|M_{Rd}| = 228.80 \text{ kNm/m} > |M_{Ed}|$

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |

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

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | | |
|-----------|-------|-------|-----|
| N_{Ed} | 85.88 | 0 | kN |
| M_{xEd} | 65.70 | 48.89 | kNm |
| M_{yEd} | 0 | 0 | |

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali
 B450C C32/40

| | | | | | |
|------------------|---------|-------|------------------|--------|---|
| ϵ_{su} | 67.5 | % | ϵ_{c2} | 2 | % |
| f_{yd} | 391.3 | N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 | % |
| E_s | 200'000 | N/mm² | f_{cd} | 18.13 | |
| E_s/E_c | 15 | | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 | ? |
| ϵ_{syd} | 1.957 | % | $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 | |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 | N/mm² | τ_{co} | 0.7333 | |
| | | | τ_{c1} | 2.114 | |

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

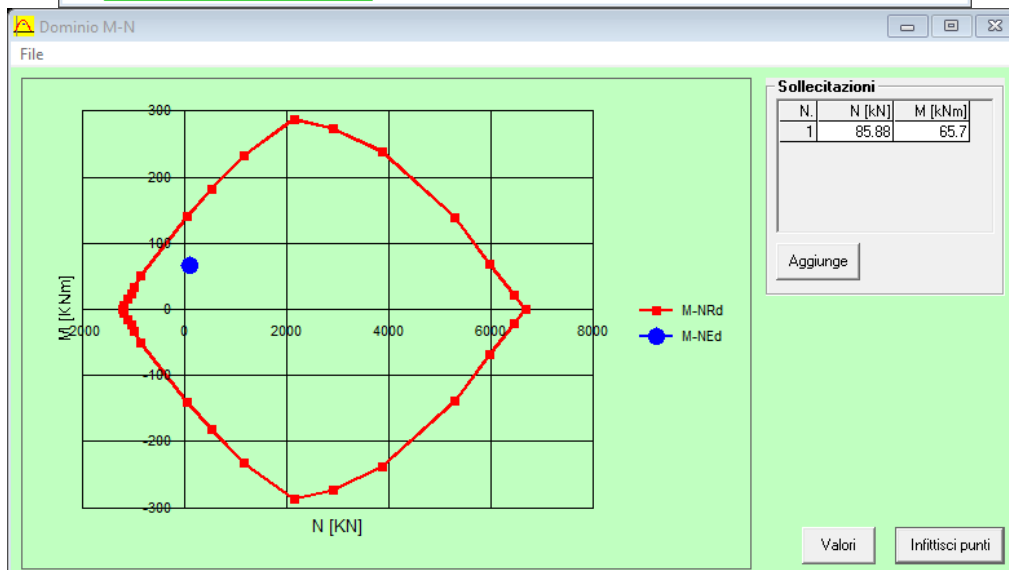
ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d

δ



11.4.2 SLU/SLV – VERIFICA A TAGLIO

$$|V_{Ed}| = 41.70 \text{ kN} ; A_{sw} = \text{spilli } \varnothing 8 / 20 \times 20 - 5 \text{ br.}$$

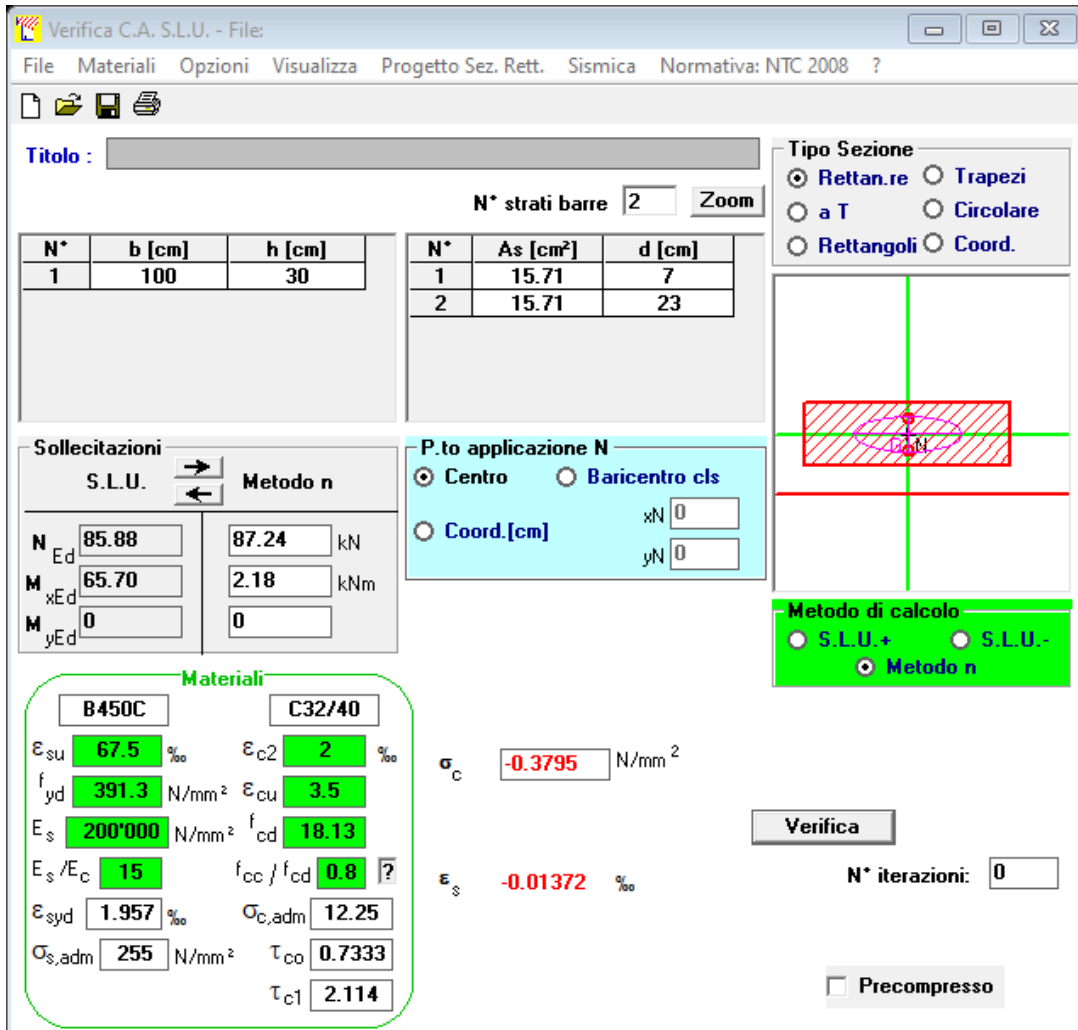
$$|V_{Rd}| = 107.10 \text{ kN} > |V_{Ed}|$$

| VERIFICA A TAGLIO SECONDO D.M. 2018 ED EUROCODICE 2 (UNI EN 1992 1-1) | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Note e convenzioni | | | |
| N > 0 => trazione | Compilare le celle in azzurro | | |
| Dati di input | | | |
| Rck | 40 | N/mm ² | |
| fck | 31 | N/mm ² | |
| Valore medio della resistenza a trazione | $f_{ctm} = 3.0$ | N/mm ² | = 0.3 x fck ^(2/3) |
| Coefficiente sicurezza cls | $\gamma_c = 1.5$ | | Fattore di confidenza FC = 1 |
| Coefficiente carichi lunga durata | $\alpha_{cc} = 0.85$ | | |
| fcd=resistenza di calcolo del cls | $f_{cd} = 17.68$ | N/mm ² | = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$ |
| Resistenza caratteristica di snervamento acciaio | $f_{yk} = 450$ | N/mm ² | |
| Coefficiente sicurezza acciaio | $\gamma_s = 1.15$ | | |
| Snervamento di calcolo acciaio | $f_{yd} = 391$ | N/mm ² | = f_{yk} / γ_s |
| Forza di taglio di calcolo | $V_{sd} = 87.3$ | kN | |
| Forza assiale di calcolo | $N_{sd} = 0$ | kN | |
| Larghezza sezione | $b_w = 100$ | cm | = 1000 mm |
| altezza della sezione | $H = 30$ | cm | = 300 mm |
| Copriferro | $c = 4$ | cm | |
| Diametro barre superiori | $\phi_2 = 20$ | mm | (armatura compressa) |
| Diametro barre inferiori | $\phi_1 = 20$ | mm | (armatura tesa) |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 8$ | mm | |
| Numero di barre superiori | $N_2 = 5$ | | |
| Numero di barre inferiori | $N_1 = 5$ | | |
| altezza utile della sezione | $d = 24.2$ | cm | = 242 mm |
| Resistenza di calcolo dell'elemento con armatura a taglio (rif. cap. 4.1.2.1.3.2 del D.M. 2018) | | | |
| Verifica delle bielle compresse: V_{rcd} | | | |
| $V_{rcd} = [0.9 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg\alpha + \cotg\theta)] / [1 + (\cotg\theta)^2]$ | | | |
| Definizione del coefficiente maggiorativo α_c | $\sigma_{cp} < 0.00$ | => | $\alpha_c = 1$ membrature non compresse |
| | $0.00 \leq \sigma_{cp} < 4.42$ | => | $\alpha_c = 1.00$ |
| | $4.42 \leq \sigma_{cp} < 8.84$ | => | $\alpha_c = 1.25$ |
| | $8.84 < \sigma_{cp} < 17.68$ | => | $\alpha_c = 2.50$ membrature fortemente compresse |
| Essendo | $\sigma_{cp} = 0.00$ | N/mm ² | si assume quindi $\alpha_c = 1$ |
| Resistenza a compressione ridotta | $f_{cd} = 8.84$ | N/mm ² | = 0.5 x fcd |
| Angolo di inclinazione dell'armatura a taglio | $\alpha = 90$ | ° | (45° per ferri piegati e 90° per staffe) |
| | $\alpha = 1.57$ | rad | |
| Angolo di inclinazione dei puntoni compressi | $\theta = 45$ | ° | (compreso tra 21.8° e 45°) |
| | $\theta = 0.79$ | rad | |
| V_{rcd} = 962.68 kN | | OK - VERIFICA SODDISFATTA | |
| Verifica dell'armatura a taglio: V_{rsd} | | | |
| $V_{rsd} = 0.9 \times d \times (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times (\cotg\alpha + \cotg\theta) \times \sin\alpha$ | | | |
| Passo delle staffe | $s = 20$ | cm | 200 mm |
| Diametro staffe | $\phi_{st} = 8$ | mm | |
| Braccia resistenti | $n = 5$ | | |
| Area armatura a taglio | $A_{sw} = 2.51$ | cm ² | 251 mm ² |
| Percentuale minima di armatura | $\rho_{w,min} = 0.0010$ | mm | = 0.08 x (Fck ^{0.5}) / Fyk |
| Area minima di armatura a taglio | $A_{w,min} = 198.60$ | mm ² | = $\rho_{w,min} \times s \times B_w \times \sin\alpha$ (EC2-Par.9.2.2) |
| V_{rsd} = 107.10 kN | | OK - VERIFICA SODDISFATTA | |

11.4.3 SLE QUASI PERMANENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, alle combinazioni caratteristiche le massime azioni interne non devono eccedere i seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 f_{ck} = 14.40 \text{ MPa}$



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The window title is 'Verifica C.A. S.L.U. - File:'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008'. The interface is divided into several sections:

- Titolo:** A text input field.
- N° strati barre:** A dropdown menu set to '2' and a 'Zoom' button.
- Table 1:**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |
- Table 2:**

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |
- Tipo Sezione:** Radio buttons for 'Rettan.re' (selected), 'Trapezi', 'a T', 'Circolare', 'Rettangoli', and 'Coord.'.
- Sollecitazioni:** A section with 'S.L.U.' and 'Metodo n' tabs. Under 'S.L.U.', there are input fields for N_{Ed} (85.88), M_{xEd} (65.70), and M_{yEd} (0). Under 'Metodo n', there are input fields for 87.24 kN, 2.18 kNm, and 0.
- P.to applicazione N:** Radio buttons for 'Centro' (selected), 'Baricentro cls', and 'Coord.[cm]'. There are also input fields for xN (0) and yN (0).
- Materiali:** A section with two columns of material properties for 'B450C' and 'C32/40'. Values include ϵ_{su} (67.5‰), f_{yd} (391.3 N/mm²), E_s (200'000 N/mm²), E_s/E_c (15), ϵ_{syd} (1.957‰), $\sigma_{s,adm}$ (255 N/mm²), ϵ_{c2} (2‰), ϵ_{cu} (3.5), f_{cd} (18.13), f_{cc}/f_{cd} (0.8), $\sigma_{c,adm}$ (12.25), τ_{co} (0.7333), and τ_{c1} (2.114).
- Calcolo:** A section with radio buttons for 'S.L.U.+', 'S.L.U.-', and 'Metodo n' (selected). It shows the calculated stress $\sigma_c = -0.3795 \text{ N/mm}^2$ and strain $\epsilon_s = -0.01372 \text{ ‰}$.
- Verifica:** A 'Verifica' button and an 'N° iterazioni' field set to 0.
- Precompresso:** A checkbox that is currently unchecked.

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

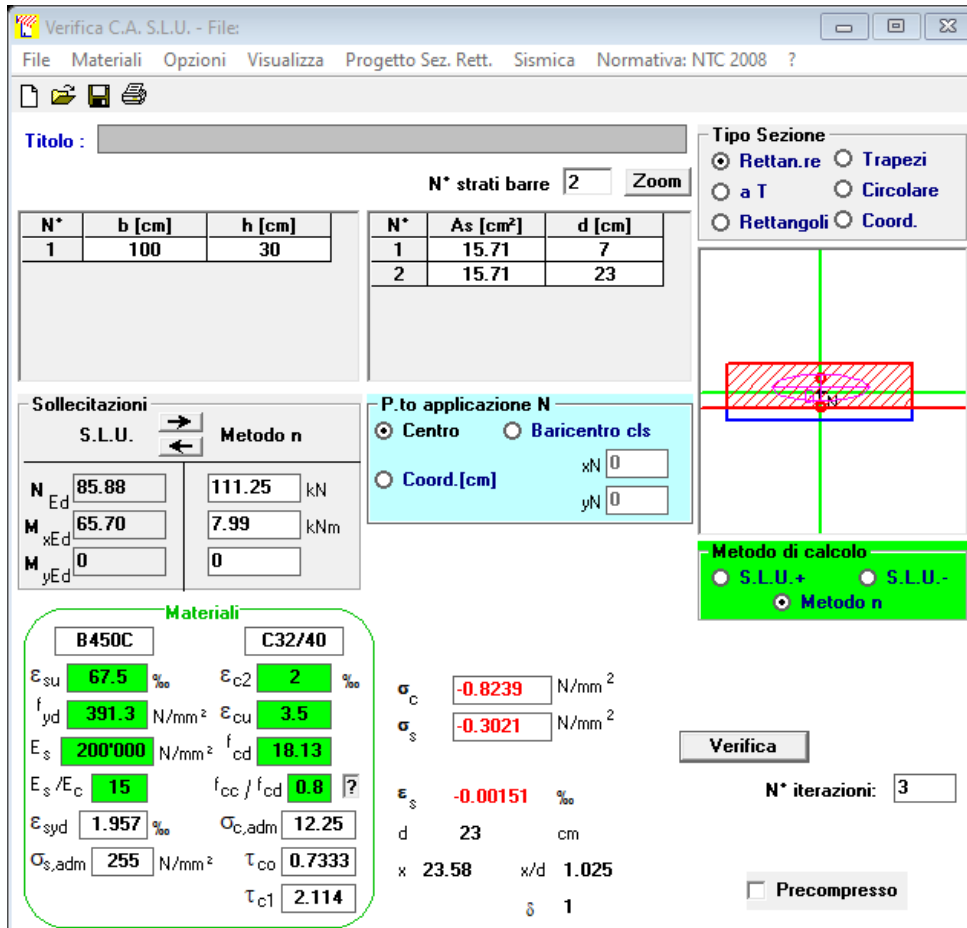
- $\sigma_{c,max} = 0.37 \leq 14.40 \text{ MPa}$;

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione quasi permanente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_1 = 0,20 \text{ mm}$

Nel caso corrente non risulta significativo eseguire tale verifica.

11.4.4 SLE FREQUENTE – VERIFICA A FESSURAZIONE

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLE-Frequente:



Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Solecitazioni

S.L.U. Metodo n

| | | | |
|------------------|-------|--------|-----|
| N _{Ed} | 85.88 | 111.25 | kN |
| M _{xEd} | 65.70 | 7.99 | kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 | |

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

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

Materiali

| B450C | | C32/40 | |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------|--------|
| ε _{su} | 67.5 ‰ | ε _{c2} | 2 ‰ |
| f _{yd} | 391.3 N/mm² | ε _{cu} | 3.5 ‰ |
| E _s | 200'000 N/mm² | f _{cd} | 18.13 |
| E _s /E _c | 15 | f _{cc} /f _{cd} | 0.8 |
| ε _{syd} | 1.957 ‰ | σ _{c,adm} | 12.25 |
| σ _{s,adm} | 255 N/mm² | τ _{co} | 0.7333 |
| | | τ _{c1} | 2.114 |

σ_c -0.8239 N/mm²
σ_s -0.3021 N/mm²
ε_s -0.00151 ‰
d 23 cm
x 23.58 x/d 1.025
δ 1

Verifica

N° iterazioni: 3

Precompresso

La classe di esposizione considerata è la XC2, pertanto per la combinazione frequente è imposto il seguente vincolo all'apertura delle fessure: $w_k \leq w_2 = 0,30 \text{ mm}$

Nel caso corrente non si ritiene significativa tale verifica a causa dello stato di sforzo presente.

11.4.5 SLE RARA – VERIFICA DELLE TENSIONI

Secondo quanto riportato al capitolo 4.1.2.2.5 della NTC, si riportano inizialmente le massime azioni interne secondo l'involuppo della SLEr-SLD, che non devono eccedere dei seguenti valori:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck} = 19,32 \text{ MPa}$
- $\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

Verifica C.A. S.L.U. - File

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 30 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 15.71 | 7 |
| 2 | 15.71 | 23 |

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | | |
|------------------|-------|-------|-----|
| N _{Ed} | 85.88 | 90.36 | kN |
| M _{xEd} | 65.70 | 48.90 | kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 | |

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

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

Materiali
 B450C C32/40

| | | | |
|------------------|---------------|------------------|--------|
| ϵ_{su} | 67.5 ‰ | ϵ_{c2} | 2 ‰ |
| f_{yd} | 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 ‰ |
| E_s | 200'000 N/mm² | f_{cd} | 18.13 |
| E_s/E_c | 15 | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 |
| ϵ_{syd} | 1.957 ‰ | $\sigma_{c,adm}$ | 12.25 |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 N/mm² | τ_{co} | 0.7333 |
| | | τ_{c1} | 2.114 |

σ_c -5.577 N/mm²
 σ_s 125.6 N/mm²
 ϵ_s 0.6282 ‰
 d 23 cm
 x 9.194 x/d 0.3997
 δ 0.9396

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

La verifica risulta soddisfatta poiché si hanno come tensioni di esercizio:

- $\sigma_{c,max} = 5.57 \leq 19,32 \text{ MPa}$;
- $\sigma_{s,max} = 125.60 \leq 360 \text{ MPa}$.

12 VERIFICHE GEOTECNICHE

12.1 VERIFICHE A GALLEGGIAMENTO

Vista la presenza della falda, la struttura può essere soggetta a fenomeni di galleggiamento. Per questo tipo di verifica la sezione viene considerata come se fosse un corpo rigido e ne viene valutato l'equilibrio in relazione al valore della spinta idrostatica.

Secondo quanto riportato al Cap. 6.2.4.2 delle NTC 2018, per la stabilità al sollevamento i coefficienti parziali sulle azioni fanno riferimento alla Tab. 6.2.III e qui sotto riportata, mentre i fattori parziali sui materiali sono nella combinazione M2. Nel caso specifico (terreno incoerente), il fattore parziale applicato sulla tangente dell'angolo d'attrito è quindi uguale a 1.25.

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | Sollevamento (UPL) |
|-----------------------------------|-------------|---|--------------------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 |
| | Sfavorevole | | 1,1 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Qs} | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

La combinazione di carico utilizzata è la seguente:

$$0.9 \cdot G_1 + 0.9 \cdot G_2 + 1.1 \cdot S > 0$$

Di seguito sono riportati i valori dei carichi utilizzati per la verifica:

- G_1 Peso proprio della vasca, pari a: $6.43 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 160.00 \text{ kN/m}$
- G_2 Peso del terreno di ricoprimento/pavimentazione, pari a: $(1.00\text{m} \cdot 4.60\text{m} + 5.5 \cdot 0.70 \cdot \frac{2}{10}) \cdot 20\text{kN/m}^3 = 98.16 \text{ kN/m}$
- S Sottospinta idraulica (negativa perché verso l'alto): $(2.9 \cdot 4.60) \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = -133.40 \text{ kN/m}$

A favore di sicurezza si trascura l'effetto dell'attrito tra muri e terreno, da cui la disuguaglianza risulta:

$$0.9 \cdot 160 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0.9 \cdot 98.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 1.1 \cdot 133.40 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 85.60 \text{ kN/m} > 0$$

Essendo la spinta complessiva positiva e, quindi, rivolta verso il basso, la verifica risulta soddisfatta.

12.2 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Di seguito è riportata la verifica della capacità portante. La soletta inferiore dello scatolare è considerata una fondazione superficiale, pertanto si seguono le indicazioni relative al relativo capitolo delle NTC2018: le verifiche sono condotte secondo la combinazione A1+M1+R3, con il fattore parziale sulla resistenza pari a 2,3.

Le verifiche sono state condotte agli SLU e agli SLV. Per ciascuno stato limite sono stati considerati 2 casi, corrispondenti alle massime azioni interne. Nelle seguenti tabella sono riportate le azioni massime e minime che la struttura scarica in fondazione agli SLU e SLV.

| SLU | Combinazione | N | V | M |
|-----|--------------|---------|-------|---------|
| | | kN | kN | kNm |
| | SLU1 | 7432.60 | 456.4 | 1043.00 |

| SLV | Combinazione | N | V | M |
|-----|--------------|---------|---------|---------|
| | | kN | kN | kNm |
| | SLV1 | 2734.06 | 3010.00 | 4770.64 |

I valori di momento sono riferiti alla direzione di massimo sviluppo della vasca. Nella direzione minore (presa come riferimento per la verifica), il momento agente considerato, dati i rapporti di forma, viene considerato pari alla metà di quello nell'altra direzione.

- SLU

| DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI RETTANGOLARI | |
|---|--|
| CONDIZIONI NON DRENATE | $Q_{lim} = cu \cdot (3.14 + 2) \cdot (dc \cdot ic \cdot sc \cdot bc \cdot gc) + q$ |
| <i>D.M. 17/01/2018</i> | |
| Approccio 1 - Combinazione SLU2 | (A1 + M1 + R3) \Rightarrow $\gamma_M = 1.00$ $\gamma_R = 2.30$ |
| Condizioni | Non drenate |
| Tipo di fondazione | Plinto |
| <i>Caratteristiche geotecniche terreno</i> | |
| Peso specifico efficace del terreno di ricoprimento | γ'_{ric} (kN/m ³) = 20 |
| Peso specifico efficace del terreno di fondazione | γ' (kN/m ³) = 20 |
| Angolo di attrito del terreno di fondazione | ϕ (°) = 0.00 |
| Coesione del terreno di fondazione | cu (kN/m ²) = 50.00 |
| | c _{u_{ver}} (kN/m ²) = 50.00 |
| <i>Geometria della fondazione</i> | |
| Dimensione minore fondazione | B (m) = 6.30 |
| Dimensione maggiore fondazione | L (m) = 14.00 |
| Affondamento della fondazione | D (m) = 4.90 |
| Inclinazione intradosso fondazione | α (°) = 0.00 |
| Inclinazione piano campagna | β (°) = 0.00 |
| <i>Carichi di verifica</i> | |
| Carico verticale agente sulla fondazione | N (kN) = 7432.60 |
| Carico orizzontale agente sulla fondazione | H (kN) = 456.40 |
| Momento flettente in direzione B | MB (kNm) = 1043.00 |
| Momento flettente in direzione L | ML (kNm) = 521.50 |
| Eccentricità in direzione B | EB (m) = 0.14 |
| Eccentricità in direzione L | EL (m) = 0.07 |
| <i>Dati di calcolo</i> | |
| Dim. minore fondazione efficace equivalente | B' (m) = 6.02 |
| Dim. maggiore fondazione efficace equivalente | L' (m) = 13.86 |
| Azione laterale stabilizzante | q (kN/m ²) = 98.00 |
| <i>Fattori di capacità portante</i> | $N_r = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$ = 0.00 |
| | $N_q = \exp[\pi \cdot \tan(\phi)] \cdot \tan^2(45 + \phi/2)$ = 1.00 |
| | $N_c = (N_q - 1) \cdot \cotan(\phi)$ = 5.14 |
| <i>Coefficienti correttivi</i> | |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del carico (Vesic, 1975)</i> | |
| $m = 1.69 = [2 + (B'/L)] / [1 + (B'/L)]$ | |
| $i_r = 1.00$ | $i_q = 1.00$ $i_c = 0.96$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dalla profondità del piano di posa (Vesic, 1975)</i> | |
| $d_r = 1.00$ | |
| $D/B' = 0.81$ | |
| $d_q = 1.00$ per $D/B' \leq 1$ | quindi $d_q = 1.00$ |
| $d_q = 1.00$ per $D/B' > 1$ | |
| $dc = 1.32$ | |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dalla forma della fondazione (Vesic, 1975)</i> | |
| $s_r = 0.83$ | $s_q = 1.00$ $s_c = 1.08$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione dell'intradosso fondazione (Vesic, 1975)</i> | |
| $b_r = 1.00$ | $b_q = 1.00$ $b_c = 1.00$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del piano campagna (Vesic, 1975)</i> | |
| $g_r = 1.00$ | $g_q = 1.00$ $g_c = 1.00$ |
| CAPACITA' PORTANTE LIMITE | $Q_{lim} = 452$ kN/mq \Rightarrow 37693 kN |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA | $\gamma_R = 2.30$ |
| CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO | $Q_{RD} = 196$ kN/mq \Rightarrow 16388 kN FS = 2.20 VERIFICA SODDISFATTA |

- SLV

| DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI RETTANGOLARI | |
|---|--|
| CONDIZIONI NON DRENATE | $Q_{lim} = c_u \cdot (3.14 + 2) \cdot (d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot g_c) + q$ |
| <i>D.M. 17/01/2008</i> | |
| Combinazione sismica | Coefficienti unitari |
| => | |
| | $\gamma_M = 1.00$ |
| | $\gamma_R = 2.30$ |
| Condizioni | Non drenate |
| Tipo di fondazione | Plinto |
| <i>Caratteristiche geotecniche terrene</i> | |
| Peso specifico efficace del terreno di ricoprimento | $\gamma'_{ric} (kN/m^3) = 20$ |
| Peso specifico efficace del terreno di fondazione | $\gamma' (kN/m^3) = 20$ |
| Angolo di attrito del terreno di fondazione | 0 |
| | 0 |
| Coesione drenata del terreno di fondazione | $c_u (kN/m^2) = 50$ |
| | $c_{uver} (kN/m^2) = 50$ |
| <i>Geometria della fondazione</i> | |
| Dimensione minore fondazione | B (m) = 6.30 |
| Dimensione maggiore fondazione | L (m) = 14.00 |
| Affondamento della fondazione | D (m) = 4.90 |
| Inclinazione intradosso fondazione | $\alpha (^\circ) = 0.00$ |
| Inclinazione piano campagna | $\beta (^\circ) = 0.00$ |
| <i>Carichi di verifica</i> | |
| Carico verticale agente sulla fondazione | N (kN) = 2734.06 |
| Carico orizzontale agente sulla fondazione | H (kN) = 3010.00 |
| Momento flettente in direzione B | MB (kNm) = 4770.64 |
| Momento flettente in direzione L | ML (kNm) = 2385.32 |
| Eccentricità in direzione B | EB (m) = 1.74 |
| Eccentricità in direzione L | EL (m) = 0.87 |
| <i>Dati di calcolo</i> | |
| Dim. minore fondazione efficace equivalente | B' (m) = 2.81 |
| Dim. maggiore fondazione efficace equivalente | L' (m) = 12.26 |
| Azione laterale stabilizzante | q (kN/m ²) = 98.00 |
| <i>Fattori di capacità portante</i> | |
| $N_\gamma = 2 \cdot (Nq+1) \cdot \tan(\Phi)$ | 0.00 |
| $N_q = \exp[p \cdot \tan(\Phi)] \cdot \tan^2(45+\Phi/2)$ | 1.00 |
| $N_c = [(Nq-1) \cdot \cotan(\Phi)]$ | 5.14 |
| <i>Coefficienti correttivi</i> | |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del carico (Vesic, 1975)</i> | |
| $m = 1.81 = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L)]$ | |
| $i_\gamma = 1.00$ | $i_q = 1.00$ |
| | $i_c = 0.38$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dalla profondità del piano di posa (Vesic, 1975)</i> | |
| $d_\gamma = 1.00$ | |
| $D/B' = 1.74$ | |
| $d_q = 1.00$ per $D/B' \leq 1$ | quindi $d_q = 1.00$ |
| $d_q = 1.00$ per $D/B' > 1$ | |
| $d_c = 1.41$ | |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dalla forma della fondazione (Vesic, 1975)</i> | |
| $s_\gamma = 0.91$ | $s_q = 1.00$ |
| | $s_c = 1.04$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione dell'intradosso fondazione (Vesic, 1975)</i> | |
| $b_\gamma = 1.00$ | $b_q = 1.00$ |
| | $b_c = 1.00$ |
| <i>Fattori correttivi dipendenti dall'inclinazione del piano campagna (Vesic, 1975)</i> | |
| $g_\gamma = 1.00$ | $g_q = 1.00$ |
| | $g_c = 1.00$ |
| CAPACITA' PORTANTE LIMITE | $Q_{lim} = 243$ kN/mq => 8370 kN |
| COEFFICIENTE DI SICUREZZA | $\gamma_R = 2.30$ |
| CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO | $Q_{RD} = 106$ kN/mq => 3639 kN FS = 1.33 VERIFICA SODDISFATTA |

PROGETTAZIONE ATI:

13 ALLEGATI DI CALCOLO

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 3

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 3

| Material | Temp C | Fc KN/m2 | eFc KN/m2 | LtWtConc | LtWtFact | SSCurveOpt | SSHysType | SFc |
|----------|-----------|-------------|--------------|----------|----------|------------|-----------|----------|
| C32/40 | | 32000. | 32000. | No | | Mander | Takeda | 0.001919 |

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 3

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 3

| Material | SCap | FinalSlope | FAngle Degrees | DAngle Degrees | TimeType | TimeE | EFact | TimeCreep |
|----------|-------|------------|-------------------|-------------------|----------|-------|-------|-----------|
| C32/40 | 0.005 | -0.1 | 0. | 0. | | | | |

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 3 of 3

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 3 of 3

| Material | CreepFact | TimeShrink | ShrinkFact | CreepType | CreepTerms | CoupModType |
|----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|---------------------------------|
| C32/40 | | | | | | Modified Darwin- Pecknold |

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 1 of 2

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 1 of 2

| SectionName | RebarMatL | RebarMatC | ReinfConfig | LatReinf | Cover m | NumBars3D ir | NumBars2D ir | NumBarsCirc |
|--------------|-----------|-----------|-------------|----------|------------|-----------------|-----------------|-------------|
| Fondazione | B450C | B450C | Rectangular | Ties | 0.04 | 3 | 3 | |
| Muro Interno | B450C | B450C | Rectangular | Ties | 0.04 | 3 | 3 | |
| Piedritto | B450C | B450C | Rectangular | Ties | 0.04 | 3 | 3 | |
| Soletta | B450C | B450C | Rectangular | Ties | 0.04 | 3 | 3 | |

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 2 of 2

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 2 of 2

| SectionName | BarSizeL | BarSizeC | SpacingC m | NumCBars2 | NumCBars3 | ReinfType |
|--------------|----------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Fondazione | #9 | #4 | 0.15 | 3 | 3 | Design |
| Muro Interno | #9 | #4 | 0.15 | 3 | 3 | Design |
| Piedritto | #9 | #4 | 0.15 | 3 | 3 | Design |
| Soletta | #9 | #4 | 0.15 | 3 | 3 | Design |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Function - Response Spectrum - User

Table: Function - Response Spectrum - User

| Name | Period Sec | Accel | FuncDamp |
|--------|---------------|-------|----------|
| UNIFRS | 0. | 1. | 0.05 |
| UNIFRS | 1. | 1. | |

Table: Load Pattern Definitions, Part 1 of 2

Table: Load Pattern Definitions, Part 1 of 2

| LoadPat | DesignType | SelfWtMult | AutoLoad | NotBasePat | NotRatio | NotDir | GUID |
|-----------------|------------|------------|----------|------------|----------|--------|--------------------------------------|
| DEAD | Dead | 1. | | | | | 36f976d1-5f3f-451f-abab-511c8804e11e |
| G_ricopr terr | Dead | 0. | | | | | e3c06008-83d6-4962-9f80-4b34396e6c3c |
| G_terr sx | Dead | 0. | | | | | cedf7843-71e5-4688-997e-e21aac031f2c |
| G_terr dx | Dead | 0. | | | | | 69cae124-74a8-402f-937e-750e4ed6e6a0 |
| P_water_lat | Dead | 0. | | | | | 453ec736-f4cd-44a6-80d5-5c5dbc1b4fe6 |
| Q_water_min | Live | 0. | | | | | 7a22d3d8-8428-44a6-8816-2ec23f995891 |
| Q_water_max | Live | 0. | | | | | 690ae24c-010e-489f-af27-c24a334e7a2d |
| P_water | Dead | 0. | | | | | ec94bc21-6e1c-455d-97d1-9c4ac91d8884 |
| Wood | Live | 0. | | | | | b99a71f0-91c0-486e-a927-86a1c87daf01 |
| Container lat | Live | 0. | | | | | c00cd994-b7c2-40ec-9a05-ce79eadc535b |
| Container sup M | Live | 0. | | | | | 75e27bd4-cab0-4522-9fb8-fb912087605f |
| Container sup V | Live | 0. | | | | | 17ee40a9-d9d9-493e-b518-c972e3cdbdd3 |
| E_water | Live | 0. | | | | | ebf2935b-4995-4989-8897-fa18c2af2bf3 |

Table: Load Pattern Definitions, Part 2 of 2

Table: Load Pattern Definitions, Part 2 of 2

| LoadPat | Notes |
|-----------------|---------------------------|
| DEAD | |
| G_ricopr terr | Added 14/03/2022 18:18:22 |
| G_terr sx | Added 14/03/2022 18:18:47 |
| G_terr dx | Added 14/03/2022 18:18:52 |
| P_water_lat | Added 14/03/2022 18:19:38 |
| Q_water_min | Added 14/03/2022 18:20:32 |
| Q_water_max | Added 14/03/2022 18:20:53 |
| P_water | Added 14/03/2022 18:51:39 |
| Wood | Added 15/03/2022 08:54:19 |
| Container lat | Added 15/03/2022 09:36:35 |
| Container sup M | Added 15/03/2022 09:43:27 |
| Container sup V | Added 15/03/2022 09:43:48 |
| E_water | Added 15/03/2022 10:04:01 |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 3

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 3

| Case | Type | InitialCond | ModalCase | BaseCase | MassSource | IncludeSSI | DesTypeOpt |
|-----------------|-----------|-------------|-----------|----------|------------|------------|------------|
| DEAD | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| MODAL | LinModal | Zero | | | | | Prog Det |
| G_ricopr terr | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| G_terr sx | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| G_terr dx | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| P_water_lat | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| P_water_vert | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Q_water_min | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Q_water_max | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Wood SLV | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Container lat | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Container sup M | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Container sup V | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| E_water_SLV | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| E_inerzia SLV | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| Wood SLD | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| E_inerzia SLD | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |
| E_water_SL D | LinStatic | Zero | | | | | Prog Det |

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 3

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 3

| Case | DesignType | DesActOpt | DesignAct | AutoType | RunCase | CaseStatus | GUID |
|-----------------|------------|-----------|----------------------|----------|---------|------------|--------------------------------------|
| DEAD | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | 329b1235-f123-422a-936f-5b45a621213d |
| MODAL | Other | Prog Det | Other | None | Yes | Finished | 5171cfec-da4f-4c50-a111-120b75b60f7b |
| G_ricopr terr | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | e9ad40f8-4ab1-4358-9873-0607bf5e26c8 |
| G_terr sx | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | 7ed73251-a10f-4a06-bdd4-8e02a506dd78 |
| G_terr dx | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | 2bd3fa73-9ede-415d-8b85-de46494c9c61 |
| P_water_lat | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | 46fc524f-4023-4a66-8661-51601d206b6b |
| P_water_vert | Dead | Prog Det | Non-Composite | None | Yes | Finished | 64f19b0a-0e7f-45d7-973b-beaa50cae5a1 |
| Q_water_min | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 732613ee-d05e-415a-826e-3e21ceb4eb88 |
| Q_water_max | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 84bb300f-3364-48b8-aadf-5f5fe6606b49 |
| Wood SLV | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | ef17f472-5f1c-4b36-83d4-9b15ccaa3641 |
| Container lat | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 403e5b66-aca7-4908-a549-7fde44335d6d |
| Container sup M | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 5963aca4-750c-4086-a1a1-b0836066d71e |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 3

| Case | DesignType | DesActOpt | DesignAct | AutoType | RunCase | CaseStatus | GUID |
|-----------------|------------|-----------|----------------------|----------|---------|------------|--------------------------------------|
| Container sup V | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 78f60127-d20a-458b-80ef-46d5ece1409a |
| E_water_SL V | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 53127ae0-df6b-4a47-81f5-f8a820e0f96d |
| E_inerzia SLV | Quake | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | f9e74228-5dd6-47e8-ba1c-7226e908fdb5 |
| Wood SLD | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | ef17f472-5f1c-4b36-83d4-9b15ccaa3641 |
| E_inerzia SLD | Quake | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | f9e74228-5dd6-47e8-ba1c-7226e908fdb5 |
| E_water_SL D | Live | Prog Det | Short-Term Composite | None | Yes | Finished | 53127ae0-df6b-4a47-81f5-f8a820e0f96d |

Table: Load Case Definitions, Part 3 of 3

Table: Load Case Definitions, Part 3 of 3

| Case | Notes |
|-----------------|-------|
| DEAD | |
| MODAL | |
| G_ricopr terr | |
| G_terr sx | |
| G_terr dx | |
| P_water_lat | |
| P_water_vert | |
| Q_water_min | |
| Q_water_max | |
| Wood SLV | |
| Container lat | |
| Container sup M | |
| Container sup V | |
| E_water_SL V | |
| E_inerzia SLV | |
| Wood SLD | |
| E_inerzia SLD | |
| E_water_SL D | |

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|------------|------------|---------------|---------------|------------|-------------|
| SLV1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|------------|------------|---------------|-----------------|------------|-------------|
| SLV1 | | | Linear Static | Wood SLV | | 0.38 |
| SLV1 | | | Linear Static | Container lat | | 0.2 |
| SLV1 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.2 |
| SLV1 | | | Linear Static | E_water_SLV | | 1. |
| SLV1 | | | Linear Static | E_inerzia SLV | | 1. |
| SLV2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLV2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLV2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLV2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLV2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLV2 | | | Linear Static | Wood SLV | | 0.38 |
| SLV2 | | | Linear Static | Container lat | | 0.2 |
| SLV2 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.2 |
| SLV2 | | | Linear Static | E_inerzia SLV | | 1. |
| SLD1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | Container lat | | 0.2 |
| SLD1 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.2 |
| SLD1 | | | Linear Static | Wood SLD | | 0.47 |
| SLD1 | | | Linear Static | E_water_SLD | | 1. |
| SLD1 | | | Linear Static | E_inerzia SLD | | 1. |
| SLEr1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | Container lat | | 1. |
| SLEr1 | | | Linear Static | Container sup V | | 1. |
| SLEr2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |
| SLEr2 | | | Linear Static | Container sup M | | 1. |
| SLEr3 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | Q_water_max | | 0.5 |
| SLEr3 | | | Linear Static | Container lat | | 1. |
| SLEr3 | | | Linear Static | Container sup V | | 1. |
| SLEr4 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr4 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr4 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|------------|------------|---------------|-----------------|------------|-------------|
| SLEr4 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr4 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr4 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr4 | | | Linear Static | Q_water_max | | 0.5 |
| SLEr4 | | | Linear Static | Container sup M | | 1. |
| SLEr5 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | Q_water_max | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | Container lat | | 1. |
| SLEr5 | | | Linear Static | Container sup V | | 1. |
| SLEr6 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | Q_water_max | | 1. |
| SLEr6 | | | Linear Static | Container sup M | | 1. |
| SLEf1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEf1 | | | Linear Static | Container lat | | 0.75 |
| SLEf1 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.75 |
| SLEf2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEf2 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.75 |
| SLEq1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEq1 | | | Linear Static | Container lat | | 0.2 |
| SLEq1 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.2 |
| SLD2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLD2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLD2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLD2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLD2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLD2 | | | Linear Static | Container lat | | 0.2 |
| SLD2 | | | Linear Static | Container sup V | | 0.2 |
| SLD2 | | | Linear Static | Wood SLD | | 0.47 |
| SLD2 | | | Linear Static | E_inerzia SLD | | 1. |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|-------------|
| SLD3 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.2 |
| SLD3 | | | Linear Static | Wood SLD | | 0.47 |
| SLD3 | | | Linear Static | E_water_SLD | | 1. |
| SLD3 | | | Linear Static | E_inerzia SLD | | 1. |
| SLD4 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLD4 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLD4 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLD4 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLD4 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLD4 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.2 |
| SLD4 | | | Linear Static | Wood SLD | | 0.47 |
| SLD4 | | | Linear Static | E_inerzia SLD | | 1. |
| ENV_SLEr | Envelope | No | Response Combo | SLD1 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLD2 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLD3 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLD4 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr1 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr2 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr3 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr4 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr5 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr6 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr5 | | 1. |
| ENV_SLEr | | | Response Combo | SLEr6 | | 1. |
| SLEq2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLEq2 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.2 |
| ENV_SLEq | Envelope | No | Response Combo | SLEq1 | | 1. |
| ENV_SLEq | | | Response Combo | SLEq2 | | 1. |
| SLU1 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1.5 |
| SLU1 | | | Linear Static | Container lat | | 1.35 |
| SLU1 | | | Linear Static | Container sup V | | 1.35 |
| SLU2 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU2 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU2 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU2 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU2 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU2 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|------------|------------|---------------|-----------------|------------|-------------|
| SLU2 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1.5 |
| SLU2 | | | Linear Static | Container sup M | | 1.35 |
| SLU3 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | Q_water_max | | 0.75 |
| SLU3 | | | Linear Static | Container lat | | 1.35 |
| SLU3 | | | Linear Static | Container sup V | | 1.35 |
| SLU4 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |
| SLU4 | | | Linear Static | Q_water_max | | 0.75 |
| SLU4 | | | Linear Static | Container sup M | | 1.35 |
| SLU5 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | Q_water_max | | 1.5 |
| SLU5 | | | Linear Static | Container lat | | 1.35 |
| SLU5 | | | Linear Static | Container sup V | | 1.35 |
| SLU6 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | G_terr dx | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1.35 |
| SLU6 | | | Linear Static | Q_water_max | | 1.5 |
| SLU6 | | | Linear Static | Container sup M | | 1.35 |
| SLV3 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | Q_water_min | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | Wood SLV | | 0.38 |
| SLV3 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.2 |
| SLV3 | | | Linear Static | E_water_SLV | | 1. |
| SLV3 | | | Linear Static | E_inerzia SLV | | 1. |
| SLV4 | Linear Add | No | Linear Static | DEAD | | 1. |
| SLV4 | | | Linear Static | G_ricopr terr | | 1. |
| SLV4 | | | Linear Static | G_terr sx | | 1. |
| SLV4 | | | Linear Static | P_water_lat | | 1. |
| SLV4 | | | Linear Static | P_water_vert | | 1. |
| SLV4 | | | Linear Static | Wood SLV | | 0.38 |
| SLV4 | | | Linear Static | Container sup M | | 0.2 |
| SLV4 | | | Linear Static | E_inerzia SLV | | 1. |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

| ComboName | ComboType | AutoDesign | CaseType | CaseName | ModeNumber | ScaleFactor |
|-----------|-----------|------------|----------------|----------|------------|-------------|
| ENV_SLU | Envelope | No | Response Combo | SLU1 | | 1. |
| ENV_SLU | | | Response Combo | SLU2 | | 1. |
| ENV_SLU | | | Response Combo | SLU3 | | 1. |
| ENV_SLU | | | Response Combo | SLU4 | | 1. |
| ENV_SLU | | | Response Combo | SLU5 | | 1. |
| ENV_SLU | | | Response Combo | SLU6 | | 1. |
| ENV_SLV | Envelope | No | Response Combo | SLV1 | | 1. |
| ENV_SLV | | | Response Combo | SLV2 | | 1. |
| ENV_SLV | | | Response Combo | SLV3 | | 1. |
| ENV_SLV | | | Response Combo | SLV4 | | 1. |
| ENV_SLEf | Envelope | No | Response Combo | SLEf1 | | 1. |
| ENV_SLEf | | | Response Combo | SLEf2 | | 1. |

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

| ComboName | CaseName | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign |
|-----------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|
| SLV1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLV1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLV1 | G_terr sx | | | | |
| SLV1 | P_water_lat | | | | |
| SLV1 | P_water_vert | | | | |
| SLV1 | Q_water_min | | | | |
| SLV1 | Wood SLV | | | | |
| SLV1 | Container lat | | | | |
| SLV1 | Container sup V | | | | |
| SLV1 | E_water_SLV | | | | |
| SLV1 | E_inerzia SLV | | | | |
| SLV2 | DEAD | None | None | None | None |
| SLV2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLV2 | G_terr sx | | | | |
| SLV2 | P_water_lat | | | | |
| SLV2 | P_water_vert | | | | |
| SLV2 | Wood SLV | | | | |
| SLV2 | Container lat | | | | |
| SLV2 | Container sup V | | | | |
| SLV2 | E_inerzia SLV | | | | |
| SLD1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLD1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLD1 | G_terr sx | | | | |
| SLD1 | P_water_lat | | | | |
| SLD1 | P_water_vert | | | | |
| SLD1 | Q_water_min | | | | |
| SLD1 | Container lat | | | | |
| SLD1 | Container sup V | | | | |
| SLD1 | Wood SLD | | | | |
| SLD1 | E_water_SLD | | | | |
| SLD1 | E_inerzia SLD | | | | |
| SLEr1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr1 | G_terr sx | | | | |
| SLEr1 | G_terr dx | | | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

| ComboName | CaseName | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign |
|-----------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|
| SLEr1 | P_water_lat | | | | |
| SLEr1 | P_water_vert | | | | |
| SLEr1 | Q_water_min | | | | |
| SLEr1 | Container lat | | | | |
| SLEr1 | Container sup V | | | | |
| SLEr2 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr2 | G_terr sx | | | | |
| SLEr2 | G_terr dx | | | | |
| SLEr2 | P_water_lat | | | | |
| SLEr2 | P_water_vert | | | | |
| SLEr2 | Q_water_min | | | | |
| SLEr2 | Container sup M | | | | |
| SLEr3 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr3 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr3 | G_terr sx | | | | |
| SLEr3 | G_terr dx | | | | |
| SLEr3 | P_water_lat | | | | |
| SLEr3 | P_water_vert | | | | |
| SLEr3 | Q_water_max | | | | |
| SLEr3 | Container lat | | | | |
| SLEr3 | Container sup V | | | | |
| SLEr4 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr4 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr4 | G_terr sx | | | | |
| SLEr4 | G_terr dx | | | | |
| SLEr4 | P_water_lat | | | | |
| SLEr4 | P_water_vert | | | | |
| SLEr4 | Q_water_max | | | | |
| SLEr4 | Container sup M | | | | |
| SLEr5 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr5 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr5 | G_terr sx | | | | |
| SLEr5 | G_terr dx | | | | |
| SLEr5 | P_water_lat | | | | |
| SLEr5 | P_water_vert | | | | |
| SLEr5 | Q_water_max | | | | |
| SLEr5 | Container lat | | | | |
| SLEr5 | Container sup V | | | | |
| SLEr6 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEr6 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEr6 | G_terr sx | | | | |
| SLEr6 | G_terr dx | | | | |
| SLEr6 | P_water_lat | | | | |
| SLEr6 | P_water_vert | | | | |
| SLEr6 | Q_water_max | | | | |
| SLEr6 | Container sup M | | | | |
| SLEf1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEf1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEf1 | G_terr sx | | | | |
| SLEf1 | G_terr dx | | | | |
| SLEf1 | P_water_lat | | | | |
| SLEf1 | P_water_vert | | | | |
| SLEf1 | Container lat | | | | |
| SLEf1 | Container sup V | | | | |

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

| ComboName | CaseName | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign |
|-----------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|
| SLEf2 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEf2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEf2 | G_terr sx | | | | |
| SLEf2 | G_terr dx | | | | |
| SLEf2 | P_water_lat | | | | |
| SLEf2 | P_water_vert | | | | |
| SLEf2 | Container sup M | | | | |
| SLEq1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLEq1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEq1 | G_terr sx | | | | |
| SLEq1 | G_terr dx | | | | |
| SLEq1 | P_water_lat | | | | |
| SLEq1 | P_water_vert | | | | |
| SLEq1 | Container lat | | | | |
| SLEq1 | Container sup V | | | | |
| SLD2 | DEAD | None | None | None | None |
| SLD2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLD2 | G_terr sx | | | | |
| SLD2 | P_water_lat | | | | |
| SLD2 | P_water_vert | | | | |
| SLD2 | Container lat | | | | |
| SLD2 | Container sup V | | | | |
| SLD2 | Wood SLD | | | | |
| SLD2 | E_inerzia SLD | | | | |
| SLD3 | DEAD | None | None | None | None |
| SLD3 | G_ricopr terr | | | | |
| SLD3 | G_terr sx | | | | |
| SLD3 | P_water_lat | | | | |
| SLD3 | P_water_vert | | | | |
| SLD3 | Q_water_min | | | | |
| SLD3 | Container sup M | | | | |
| SLD3 | Wood SLD | | | | |
| SLD3 | E_water_SLD | | | | |
| SLD3 | E_inerzia SLD | | | | |
| SLD4 | DEAD | None | None | None | None |
| SLD4 | G_ricopr terr | | | | |
| SLD4 | G_terr sx | | | | |
| SLD4 | P_water_lat | | | | |
| SLD4 | P_water_vert | | | | |
| SLD4 | Container sup M | | | | |
| SLD4 | Wood SLD | | | | |
| SLD4 | E_inerzia SLD | | | | |
| ENV_SLEr | SLD1 | None | None | None | None |
| ENV_SLEr | SLD2 | | | | |
| ENV_SLEr | SLD3 | | | | |
| ENV_SLEr | SLD4 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr1 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr2 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr3 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr4 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr5 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr6 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr5 | | | | |
| ENV_SLEr | SLEr6 | | | | |
| SLEq2 | DEAD | None | None | None | None |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

| ComboName | CaseName | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign |
|-----------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|
| SLEq2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLEq2 | G_terr sx | | | | |
| SLEq2 | G_terr dx | | | | |
| SLEq2 | P_water_lat | | | | |
| SLEq2 | P_water_vert | | | | |
| SLEq2 | Container sup M | | | | |
| ENV_SLEq | SLEq1 | None | None | None | None |
| ENV_SLEq | SLEq2 | | | | |
| SLU1 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU1 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU1 | G_terr sx | | | | |
| SLU1 | G_terr dx | | | | |
| SLU1 | P_water_lat | | | | |
| SLU1 | P_water_vert | | | | |
| SLU1 | Q_water_min | | | | |
| SLU1 | Container lat | | | | |
| SLU1 | Container sup V | | | | |
| SLU2 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU2 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU2 | G_terr sx | | | | |
| SLU2 | G_terr dx | | | | |
| SLU2 | P_water_lat | | | | |
| SLU2 | P_water_vert | | | | |
| SLU2 | Q_water_min | | | | |
| SLU2 | Container sup M | | | | |
| SLU3 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU3 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU3 | G_terr sx | | | | |
| SLU3 | G_terr dx | | | | |
| SLU3 | P_water_lat | | | | |
| SLU3 | P_water_vert | | | | |
| SLU3 | Q_water_max | | | | |
| SLU3 | Container lat | | | | |
| SLU3 | Container sup V | | | | |
| SLU4 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU4 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU4 | G_terr sx | | | | |
| SLU4 | G_terr dx | | | | |
| SLU4 | P_water_lat | | | | |
| SLU4 | P_water_vert | | | | |
| SLU4 | Q_water_max | | | | |
| SLU4 | Container sup M | | | | |
| SLU5 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU5 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU5 | G_terr sx | | | | |
| SLU5 | G_terr dx | | | | |
| SLU5 | P_water_lat | | | | |
| SLU5 | P_water_vert | | | | |
| SLU5 | Q_water_max | | | | |
| SLU5 | Container lat | | | | |
| SLU5 | Container sup V | | | | |
| SLU6 | DEAD | None | None | None | None |
| SLU6 | G_ricopr terr | | | | |
| SLU6 | G_terr sx | | | | |
| SLU6 | G_terr dx | | | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 2 of 3

| ComboName | CaseName | SteelDesign | ConcDesign | AlumDesign | ColdDesign |
|-----------|-----------------|-------------|------------|------------|------------|
| SLU6 | P_water_lat | | | | |
| SLU6 | P_water_vert | | | | |
| SLU6 | Q_water_max | | | | |
| SLU6 | Container sup M | | | | |
| SLV3 | DEAD | None | None | None | None |
| SLV3 | G_ricopr terr | | | | |
| SLV3 | G_terr sx | | | | |
| SLV3 | P_water_lat | | | | |
| SLV3 | P_water_vert | | | | |
| SLV3 | Q_water_min | | | | |
| SLV3 | Wood SLV | | | | |
| SLV3 | Container sup M | | | | |
| SLV3 | E_water_SLV | | | | |
| SLV3 | E_inerzia SLV | | | | |
| SLV4 | DEAD | None | None | None | None |
| SLV4 | G_ricopr terr | | | | |
| SLV4 | G_terr sx | | | | |
| SLV4 | P_water_lat | | | | |
| SLV4 | P_water_vert | | | | |
| SLV4 | Wood SLV | | | | |
| SLV4 | Container sup M | | | | |
| SLV4 | E_inerzia SLV | | | | |
| ENV_SLU | SLU1 | None | None | None | None |
| ENV_SLU | SLU2 | | | | |
| ENV_SLU | SLU3 | | | | |
| ENV_SLU | SLU4 | | | | |
| ENV_SLU | SLU5 | | | | |
| ENV_SLU | SLU6 | | | | |
| ENV_SLV | SLV1 | None | None | None | None |
| ENV_SLV | SLV2 | | | | |
| ENV_SLV | SLV3 | | | | |
| ENV_SLV | SLV4 | | | | |
| ENV_SLEf | SLEf1 | None | None | None | None |
| ENV_SLEf | SLEf2 | | | | |

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLV1 | DEAD | f541c50f-425d-4462-81d2-f82958d7e0a0 | |
| SLV1 | G_ricopr terr | | |
| SLV1 | G_terr sx | | |
| SLV1 | P_water_lat | | |
| SLV1 | P_water_vert | | |
| SLV1 | Q_water_min | | |
| SLV1 | Wood SLV | | |
| SLV1 | Container lat | | |
| SLV1 | Container sup V | | |
| SLV1 | E_water_SLV | | |
| SLV1 | E_inerzia SLV | | |
| SLV2 | DEAD | d3a7b8b7-e876-4ec2-8b95-7f5820b70b56 | |
| SLV2 | G_ricopr terr | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLV2 | G_terr sx | | |
| SLV2 | P_water_lat | | |
| SLV2 | P_water_vert | | |
| SLV2 | Wood SLV | | |
| SLV2 | Container lat | | |
| SLV2 | Container sup V | | |
| SLV2 | E_inerzia SLV | | |
| SLD1 | DEAD | 56c117dc-2caf-459d-91ee-dd72dd00fccf | |
| SLD1 | G_ricopr terr | | |
| SLD1 | G_terr sx | | |
| SLD1 | P_water_lat | | |
| SLD1 | P_water_vert | | |
| SLD1 | Q_water_min | | |
| SLD1 | Container lat | | |
| SLD1 | Container sup V | | |
| SLD1 | Wood SLD | | |
| SLD1 | E_water_SLD | | |
| SLD1 | E_inerzia SLD | | |
| SLEr1 | DEAD | f50928f2-0960-4d42-8b86-1e7594d331b2 | |
| SLEr1 | G_ricopr terr | | |
| SLEr1 | G_terr sx | | |
| SLEr1 | G_terr dx | | |
| SLEr1 | P_water_lat | | |
| SLEr1 | P_water_vert | | |
| SLEr1 | Q_water_min | | |
| SLEr1 | Container lat | | |
| SLEr1 | Container sup V | | |
| SLEr2 | DEAD | 173d6adc-b5c5-4e33-a7ae-2ed38a398f1f | |
| SLEr2 | G_ricopr terr | | |
| SLEr2 | G_terr sx | | |
| SLEr2 | G_terr dx | | |
| SLEr2 | P_water_lat | | |
| SLEr2 | P_water_vert | | |
| SLEr2 | Q_water_min | | |
| SLEr2 | Container sup M | | |
| SLEr3 | DEAD | 586147f5-2909-47c5-8bb8-eb29fbb156f5 | |
| SLEr3 | G_ricopr terr | | |
| SLEr3 | G_terr sx | | |
| SLEr3 | G_terr dx | | |
| SLEr3 | P_water_lat | | |
| SLEr3 | P_water_vert | | |
| SLEr3 | Q_water_max | | |
| SLEr3 | Container lat | | |
| SLEr3 | Container sup V | | |
| SLEr4 | DEAD | 59c67ef6-9f0f-4e03-af0a-132d34b49141 | |
| SLEr4 | G_ricopr terr | | |
| SLEr4 | G_terr sx | | |
| SLEr4 | G_terr dx | | |
| SLEr4 | P_water_lat | | |
| SLEr4 | P_water_vert | | |
| SLEr4 | Q_water_max | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLEr4 | Container sup M | | |
| SLEr5 | DEAD | cbc48c22-6772-417e-9ee5-0c489b459ab1 | |
| SLEr5 | G_ricopr terr | | |
| SLEr5 | G_terr sx | | |
| SLEr5 | G_terr dx | | |
| SLEr5 | P_water_lat | | |
| SLEr5 | P_water_vert | | |
| SLEr5 | Q_water_max | | |
| SLEr5 | Container lat | | |
| SLEr5 | Container sup V | | |
| SLEr6 | DEAD | 7549d999-b51e-4b3a-b94d-1ac52acc8ef0 | |
| SLEr6 | G_ricopr terr | | |
| SLEr6 | G_terr sx | | |
| SLEr6 | G_terr dx | | |
| SLEr6 | P_water_lat | | |
| SLEr6 | P_water_vert | | |
| SLEr6 | Q_water_max | | |
| SLEr6 | Container sup M | | |
| SLEf1 | DEAD | d96de470-4c04-468f-9cdd-1805cac8ddfc | |
| SLEf1 | G_ricopr terr | | |
| SLEf1 | G_terr sx | | |
| SLEf1 | G_terr dx | | |
| SLEf1 | P_water_lat | | |
| SLEf1 | P_water_vert | | |
| SLEf1 | Container lat | | |
| SLEf1 | Container sup V | | |
| SLEf2 | DEAD | 0e553dcf-9b8c-4d5a-bcc7-b44ba40d3721 | |
| SLEf2 | G_ricopr terr | | |
| SLEf2 | G_terr sx | | |
| SLEf2 | G_terr dx | | |
| SLEf2 | P_water_lat | | |
| SLEf2 | P_water_vert | | |
| SLEf2 | Container sup M | | |
| SLEq1 | DEAD | | |
| SLEq1 | G_ricopr terr | | |
| SLEq1 | G_terr sx | | |
| SLEq1 | G_terr dx | | |
| SLEq1 | P_water_lat | | |
| SLEq1 | P_water_vert | | |
| SLEq1 | Container lat | | |
| SLEq1 | Container sup V | | |
| SLD2 | DEAD | d01b0da3-b1a2-4b2a-9c7e-8efda1262f93 | |
| SLD2 | G_ricopr terr | | |
| SLD2 | G_terr sx | | |
| SLD2 | P_water_lat | | |
| SLD2 | P_water_vert | | |
| SLD2 | Container lat | | |
| SLD2 | Container sup V | | |
| SLD2 | Wood SLD | | |
| SLD2 | E_inerzia SLD | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLD3 | DEAD | 9ea3dd89-d330-4279-8b4e-d2e419298fc1 | |
| SLD3 | G_ricopr terr | | |
| SLD3 | G_terr sx | | |
| SLD3 | P_water_lat | | |
| SLD3 | P_water_vert | | |
| SLD3 | Q_water_min | | |
| SLD3 | Container sup M | | |
| SLD3 | Wood SLD | | |
| SLD3 | E_water_SLD | | |
| SLD3 | E_inerzia SLD | | |
| SLD4 | DEAD | 33dad11b-8285-4075-a856-bc8fcf0e68c4 | |
| SLD4 | G_ricopr terr | | |
| SLD4 | G_terr sx | | |
| SLD4 | P_water_lat | | |
| SLD4 | P_water_vert | | |
| SLD4 | Container sup M | | |
| SLD4 | Wood SLD | | |
| SLD4 | E_inerzia SLD | | |
| ENV_SLEr | SLD1 | 6bd700e1-d148-4c7e-87e1-f856ba2923ad | |
| ENV_SLEr | SLD2 | | |
| ENV_SLEr | SLD3 | | |
| ENV_SLEr | SLD4 | | |
| ENV_SLEr | SLEr1 | | |
| ENV_SLEr | SLEr2 | | |
| ENV_SLEr | SLEr3 | | |
| ENV_SLEr | SLEr4 | | |
| ENV_SLEr | SLEr5 | | |
| ENV_SLEr | SLEr6 | | |
| ENV_SLEr | SLEr5 | | |
| ENV_SLEr | SLEr6 | | |
| SLEq2 | DEAD | 04e29d56-5d20-44ac-bd47-4acdd4f57c72 | |
| SLEq2 | G_ricopr terr | | |
| SLEq2 | G_terr sx | | |
| SLEq2 | G_terr dx | | |
| SLEq2 | P_water_lat | | |
| SLEq2 | P_water_vert | | |
| SLEq2 | Container sup M | | |
| ENV_SLEq | SLEq1 | | |
| ENV_SLEq | SLEq2 | | |
| SLU1 | DEAD | c76eb60b-7fbd-494c-90b3-55ec6b99d559 | |
| SLU1 | G_ricopr terr | | |
| SLU1 | G_terr sx | | |
| SLU1 | G_terr dx | | |
| SLU1 | P_water_lat | | |
| SLU1 | P_water_vert | | |
| SLU1 | Q_water_min | | |
| SLU1 | Container lat | | |
| SLU1 | Container sup V | | |
| SLU2 | DEAD | 7f2d4144-838e-47bf-a35d-f839f7c31909 | |
| SLU2 | G_ricopr terr | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLU2 | G_terr sx | | |
| SLU2 | G_terr dx | | |
| SLU2 | P_water_lat | | |
| SLU2 | P_water_vert | | |
| SLU2 | Q_water_min | | |
| SLU2 | Container sup M | | |
| SLU3 | DEAD | 57350feb-aaad-45cc-b0f1-41ebb4b99103 | |
| SLU3 | G_ricopr terr | | |
| SLU3 | G_terr sx | | |
| SLU3 | G_terr dx | | |
| SLU3 | P_water_lat | | |
| SLU3 | P_water_vert | | |
| SLU3 | Q_water_max | | |
| SLU3 | Container lat | | |
| SLU3 | Container sup V | | |
| SLU4 | DEAD | 679860b1-d19d-4550-98f5-c7e9737fc250 | |
| SLU4 | G_ricopr terr | | |
| SLU4 | G_terr sx | | |
| SLU4 | G_terr dx | | |
| SLU4 | P_water_lat | | |
| SLU4 | P_water_vert | | |
| SLU4 | Q_water_max | | |
| SLU4 | Container sup M | | |
| SLU5 | DEAD | d518e352-57e4-479f-b4c0-132f509c6424 | |
| SLU5 | G_ricopr terr | | |
| SLU5 | G_terr sx | | |
| SLU5 | G_terr dx | | |
| SLU5 | P_water_lat | | |
| SLU5 | P_water_vert | | |
| SLU5 | Q_water_max | | |
| SLU5 | Container lat | | |
| SLU5 | Container sup V | | |
| SLU6 | DEAD | c3e9600c-4912-457e-a20e-538c58ef6b75 | |
| SLU6 | G_ricopr terr | | |
| SLU6 | G_terr sx | | |
| SLU6 | G_terr dx | | |
| SLU6 | P_water_lat | | |
| SLU6 | P_water_vert | | |
| SLU6 | Q_water_max | | |
| SLU6 | Container sup M | | |
| SLV3 | DEAD | 5e9a476b-d0aa-4bc6-b059-dd24a1f19410 | |
| SLV3 | G_ricopr terr | | |
| SLV3 | G_terr sx | | |
| SLV3 | P_water_lat | | |
| SLV3 | P_water_vert | | |
| SLV3 | Q_water_min | | |
| SLV3 | Wood SLV | | |
| SLV3 | Container sup M | | |
| SLV3 | E_water_SLV | | |
| SLV3 | E_inerzia SLV | | |

PROGETTAZIONE ATI:

Table: Combination Definitions, Part 3 of 3

| ComboName | CaseName | GUID | Notes |
|-----------|-----------------|--------------------------------------|-------|
| SLV4 | DEAD | c8cba8ac-217e-4f0a-b3d3-a89846ea8586 | |
| SLV4 | G_ricopr terr | | |
| SLV4 | G_terr sx | | |
| SLV4 | P_water_lat | | |
| SLV4 | P_water_vert | | |
| SLV4 | Wood SLV | | |
| SLV4 | Container sup M | | |
| SLV4 | E_inerzia SLV | | |
| ENV_SLU | SLU1 | 9f6b3e18-8706-4ccd-81df-2b385146378c | |
| ENV_SLU | SLU2 | | |
| ENV_SLU | SLU3 | | |
| ENV_SLU | SLU4 | | |
| ENV_SLU | SLU5 | | |
| ENV_SLU | SLU6 | | |
| ENV_SLV | SLV1 | 334e8c40-b95e-4fb0-95fe-3eb43ac1f52e | |
| ENV_SLV | SLV2 | | |
| ENV_SLV | SLV3 | | |
| ENV_SLV | SLV4 | | |
| ENV_SLEf | SLEf1 | 01ce7c75-aa0c-48ad-bc86-eccd425e5dc8 | |
| ENV_SLEf | SLEf2 | | |