

## AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'

Lavori di restauro e risanamento conservativo  
complesso Rocca di Bertinoro, ex seminario  
vescovile via Frangipane n 2. Bertinoro (FC)  
**CUP J64H16001090005**

PROPRIETA' EDIFICIO  
SEMINARIO VESCOVILE DI BERTINORO

CODICE EDIFICIO N.  
361

CODICE PROGETTO (PAL) N.  
29505

TICKET N.  
29505

DIRIGENTE AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'  
Dott.ssa Evarita D'Archivio

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Claudio Gentili

DIRETTORE DEI LAVORI  
Arch. Rossella Tassinari

### PROFESSIONISTI INCARICATI

PROGETTO ARCHITETTONICO

Arch. Roberto Pistolesi

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

Ing. Gianni Bandini

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Ing. Gianni Bandini

PROGETTO OPERE STRUTTURALI

Ing. Gianni Bandini

COORDINATORE PER LA SICUREZZA  
IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Roberto Pistolesi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA  
IN FASE DI ESECUZIONE

Arch. Rossella Tassinari

LIVELLO DELLA PROGETTAZIONE:

PRELIMINARE

☐

DEFINITIVO

☐

ESECUTIVO

☒

AS-BUILT

☐

OGGETTO TAVOLA

SCALA

N° PROGRESSIVO ELENCO ELABORATI  
16

RELAZIONE TECNICA CALCOLO STRUTTURALE

DATA

TAVOLA N°

REV.

DATA

**PE-d-RTCS**

## RELAZIONE TECNICA

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

**Paragrafo B.2.2 – illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale.**

**a) Descrizione contesto edilizio**

Il progetto architettonico prevede la nuova realizzazione di due piccole passerelle pedonali in corrispondenza di due porte finestre, in sala mensa e sul vano scale comuni, con funzione di uscite di sicurezza. Le passerelle sono funzionali per il superamento dello scannafosso esistente sul cortile interno con funzione di zona di raccolta

**b) Descrizione struttura ed intervento –**

Le nuove passelle saranno realizzate con struttura in acciaio, travi principali IPE 270 e secondarie IPE 200 per la passerella più grande con forma trapezoidale. Travi IPE 200 principali e secondarie IPE 140 per la passerella in corrispondenza del vano scale.

Gli appoggi saranno del tipo a cerniera in corrispondenza del fabbricato esistente con mensole in acciaio collegate con barre e resine nel cordolo in c.a. esistente e a carrello realizzato con pacchetto in neoprene in modo da consentire il necessario spostamento in corrispondenza della fondazione sul cortile interno.

Pertanto la massa della passerella, dal punto di vista sismico, compete al fabbricato esistente in muratura. La massa di quest'ultimo è infinitamente più alta di quella delle due passerelle e pertanto dal punto di vista globale non risultano variazioni nel comportamento dinamico della struttura. Sono comunque condotte le necessarie valutazioni locali.

Nel caso in cui il cordolo non sia presente (ad esempio nella zona della scala) è prevista la realizzazione di due blocchetti in c.a. inseriti nella muratura, armati con staffe e code di rondine di collegamento per consentire il corretto inghisaggio delle barre delle mensole in acciaio.

L'appoggio in corrispondenza della scarpata avviene in due modalità diverse, entrambe con appoggio a carrello con pacchetto in neoprene.

La passerella trapezoidale si appoggia su un nuovo locale tecnico ad uso riserva idrica di acqua potabile per il centro. La struttura è di tipo scatolare in c.a. , direttamente contro-terra e costituito da platea, muri e soletta superiore di spessore cm. 20 armati con doppie reti elettrosaldate  $\phi$  8/15/15 e armature concentrate negli spigoli con staffature.

La seconda passerella, molto più modesta anche nei carichi trasmessi al terreno è appoggiata su trave in c.a. 70x50 cm sagomata, posta a quota di circa -0.80 m di profondità dal piano campagna. Le opere strutturali sono completate dalle opere di consolidamento del muro in pietra esistente nella zona crollata e in corrispondenza dell'angolo sinistro che presenta una lesione visibile. Il nuovo paramento deve essere per necessità architettoniche ancora in pietra. Per migliorare la resistenza e per creare la necessaria solidità muraria è prevista la realizzazione di un graticcio di cordoli retrostanti al muro 20x15 cm circa in modo da creare una sorta di muratura armata. Le opere di fondazione sono costituite da una soletta in c.a. di spessore cm. 20 e larghezza 1.00 m.

### c) Normativa di riferimento

Legge 5 novembre 1971 n° 1086 - "Norme per la disciplina per le opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n° 64 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolare riferimento alle zone sismiche"

D.P.R. del 06/06/2001 n° 380 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

#### D.M. 17/01/2018 – "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Circolare 02/02/2009 n° 617 – "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008

L.R. 30/10/2009 n° 19 – Norme per la riduzione del rischio sismico"

D.G.R. 687/2011 – "Atto d'indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d'opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere, ai sensi degli articoli 9, comma 4 e 10 comma 3, della L.R. n. 19 del 2008"

D.G.R. 1373/2011 – "Atto d'indirizzo recante individuazione dei contenuti cogenti della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1, e dell'art. 4, comma 1 della L.R. n° 19 del 2008"

### d) Parametri di progetto

Vn = 50 anni

Classe d'uso: III

Vr = 75 anni

Categoria sottosuolo: B

Coordinate geografiche del sito: Lat. 44.1486 Long. 12.1325

Spettro in accordo con TU 2018 – impostazioni per corpo tecnico

- Via Aldruda Frangipane, 6, 47032 Bertinoro FC, Italia Longitudine 12.1325 Latitudine 44.1486
- Tipo di Terreno B
- Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T$ ) 1.2000
- Vita nominale della costruzione ( $V_N$ ) 50.0 anni
- Classe d'uso III coefficiente  $C_U$  1.5
- Classe di duttilità impostata Non Dissipativa
- Fattore di duttilità  $\alpha_u/\alpha_1$  per sisma orizzontale 1.00
- Fattore riduttivo regolarità in altezza  $K_R$  1.00
- Fattore riduttivo per la presenza di setti  $K_W$  1.00

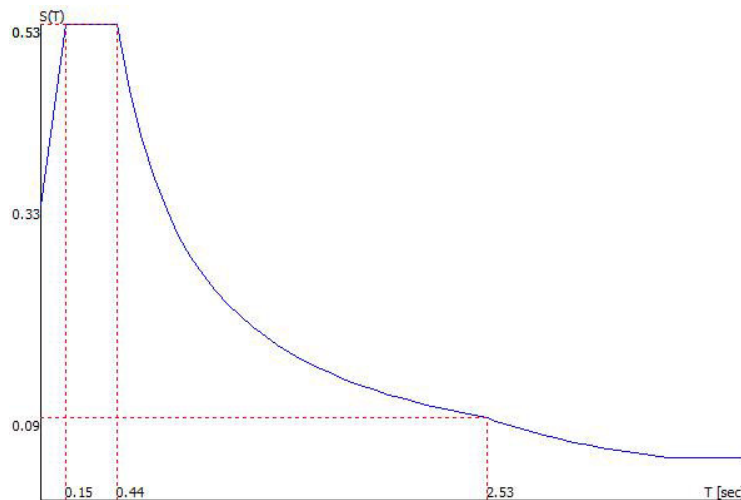
| Stato Limite | C<br>$q_0 = C \alpha_u/\alpha_1$ | $q_H$ |
|--------------|----------------------------------|-------|
| SLV          | 1.50                             | 1.50  |

- Smorzamento Viscoso ( 0.05 = 5% ) 0.05

## TU 2018 SLV H

- Probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) 10.0 e periodo di ritorno ( $T_R$ ) 712 (anni)
- $S_s$  1.173
- $T_B$  0.15 [sec]
- $T_C$  0.44 [sec]
- $T_D$  2.53 [sec]
- $a_g/g$  0.2330
- $F_o$  2.4333
- $T_C^*$  0.3145

## TU 2018 SLV H



### Neve

Zona 1 – mediterranea

$q_{sk} = 150 \text{ kg/mq}$  per  $a_s < 200 \text{ m}$

$a_s = 250 \text{ m slm}$

$q_{sk} = 1.35 [1 + (250/602)^2] = 158 \text{ kN/mq}$

$q_s = \mu_i q_{sk} C_e C_t$

$\mu_i = 0.8$  per  $0^\circ < \alpha < 30^\circ$

$C_e = 1$  per topografia normale

$C_t = 1$

$q_s = \mu_i q_{sk} C_e C_t = 158 \times 0.8 = \mathbf{126 \text{ kg/mq}}$

### Variabili: 400 kg/mq

Sebbene si tratti di una piccola passerella, non si ritiene applicare le azioni e le verifiche relative al capitolo 5 (progettazione dei ponti) in quanto non è una passerella pedonale pubblica ma solo un'uscita di sicurezza della mensa che peraltro presenta una capienza inferiore ai 100 posti e pertanto si ritiene corretto il calcolo statico classico con 400 kg/mq combinato all'azione della neve come da normativa.

Tuttavia a favore di sicurezza è stata condotta la verifica considerando il carico da passerella pedonale (500 KN/mq già tenuto conto dell'amplificazione di carico dinamico), senza considerare la neve e le verifiche risultano soddisfatte.

**e) Materiali**

**CALCESTRUZZO:**

Classe di esposizione: XC3

Classe di resistenza: C28/35

Dimensione massima dell'inerte: 20 mm

Slump S4 – Rapporto a/c < 0.55

**ACCIAIO PER ARMATURE:**

acciaio per cemento armato B450C : Fyk 450 N/mm<sup>2</sup>

tensione caratteristica di rottura : Ftk 540 N/mm<sup>2</sup>

allungamento (Agt)<sub>k</sub> 7.5%

**ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA**

Acciaio S 275 JR

Fyk 275 N/mm<sup>2</sup> per t ≤ 40 mm

Ftk 430 N/mm<sup>2</sup> per t ≤ 40 mm

**ACCIAIO PER BULLONERIA E BARRE FILETTATE**

Acciaio zincato classe 8.8

Fyk 649 N/mm<sup>2</sup>

Ftk 800 N/mm<sup>2</sup>

**f) illustrazione criteri di progettazione e modellazione**

Passerelle: progettazione struttura isostatica – vincolamento travi principali  
cerniera (lato edificio esistente) – carrello (lato terreno).

Corpo tecnico: progettazione della struttura a pareti con piano infinitamente rigido  
– struttura non dissipativa

**g) combinazioni di carico**

Passerelle SLU

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

| Combinazione di carico numero |     |     |                     |      |     |
|-------------------------------|-----|-----|---------------------|------|-----|
| 1                             |     |     | SLU FOLLA           |      |     |
| 2                             |     |     | SLU NEVE            |      |     |
| 3                             |     |     | SLU passerella cap5 |      |     |
| Comb.\Cond                    | 1   | 2   | 3                   | 4    | 5   |
| 1                             | 1.3 | 1.3 | 1.5                 | 0.75 |     |
| 2                             | 1.3 | 1.3 | 1.05                | 1.5  |     |
| 3                             | 1.3 | 1.3 |                     |      | 1.5 |

Corpo tecnico

Condizioni di carico definite:

| Condizione |  |
|------------|--|
|------------|--|

| Condizione |                             |
|------------|-----------------------------|
| 1          | soletta                     |
| 2          | terreno                     |
| 3          | peso proprio                |
| 4          | Neve                        |
| 5          | passerella rara             |
| 6          | passerella quasi permanente |
| 7          | Sisma 0+SLU                 |
| 8          | Sisma 0-SLU                 |
| 9          | Sisma 90+SLU                |
| 10         | Sisma 90-SLU                |
| 11         | Sisma 180+SLU               |
| 12         | Sisma 180-SLU               |
| 13         | Sisma 270+SLU               |
| 14         | Sisma 270-SLU               |

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

| Combinazione di carico numero |     |     |     |      |                |     |
|-------------------------------|-----|-----|-----|------|----------------|-----|
|                               |     |     |     | 1    | SLU passerella |     |
|                               |     |     |     | 2    | SLU NEVE       |     |
| Comb.\Cond                    | 1   | 2   | 3   | 4    | 5              | 6   |
| 1                             | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5            | 1.3 |
| 2                             | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.05           | 1.3 |

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

| Combinazione di carico numero |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| 3                             | Sisma 0+ / 90+    |
| 4                             | Sisma 0+ / 270+   |
| 5                             | Sisma 0- / 90-    |
| 6                             | Sisma 0- / 270-   |
| 7                             | Sisma 90+ / 0+    |
| 8                             | Sisma 90+ / 180+  |
| 9                             | Sisma 90- / 0-    |
| 10                            | Sisma 90- / 180-  |
| 11                            | Sisma 180+ / 90+  |
| 12                            | Sisma 180+ / 270+ |
| 13                            | Sisma 180- / 90-  |
| 14                            | Sisma 180- / 270- |
| 15                            | Sisma 270+ / 0+   |
| 16                            | Sisma 270+ / 180+ |
| 17                            | Sisma 270- / 0-   |
| 18                            | Sisma 270- / 180- |

| Comb.\Cond | 1 | 2 | 3 | 6 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
|------------|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3          | 1 | 1 | 1 | 1 | 1   |     | 0.3 |     |     |     |     |     |
| 4          | 1 | 1 | 1 | 1 | 1   |     |     |     |     |     | 0.3 |     |
| 5          | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 1   |     | 0.3 |     |     |     |     |
| 6          | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 1   |     |     |     |     |     | 0.3 |
| 7          | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 |     | 1   |     |     |     |     |     |
| 8          | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     | 1   |     | 0.3 |     |     |     |
| 9          | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 0.3 |     | 1   |     |     |     |     |
| 10         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     | 1   |     | 0.3 |     |     |
| 11         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     | 0.3 |     | 1   |     |     |     |
| 12         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     | 1   |     | 0.3 |     |
| 13         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     | 0.3 |     | 1   |     |     |
| 14         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     |     | 1   |     | 0.3 |
| 15         | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 |     |     |     |     |     | 1   |     |
| 16         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     | 0.3 |     | 1   |     |
| 17         | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 0.3 |     |     |     |     |     | 1   |
| 18         | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     |     | 0.3 |     | 1   |

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |     |     |
|-------------------------------|---|---|---|-----|-----|
| 19                            |   |   |   |     |     |
| rara folla                    |   |   |   |     |     |
| 20                            |   |   |   |     |     |
| rara neve                     |   |   |   |     |     |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 4   | 5   |
| 19                            | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1   |
| 20                            | 1 | 1 | 1 | 1   | 0.5 |

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |     |   |
|-------------------------------|---|---|---|-----|---|
| 21                            |   |   |   |     |   |
| freq folla                    |   |   |   |     |   |
| 22                            |   |   |   |     |   |
| freq neve                     |   |   |   |     |   |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 4   | 6 |
| 21                            | 1 | 1 | 1 |     | 1 |
| 22                            | 1 | 1 | 1 | 0.2 | 1 |

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| 23                            |   |   |   |   |
| qp                            |   |   |   |   |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 6 |
| 23                            | 1 | 1 | 1 | 1 |

**h) indicazione metodi di analisi**

Passerelle: analisi statica

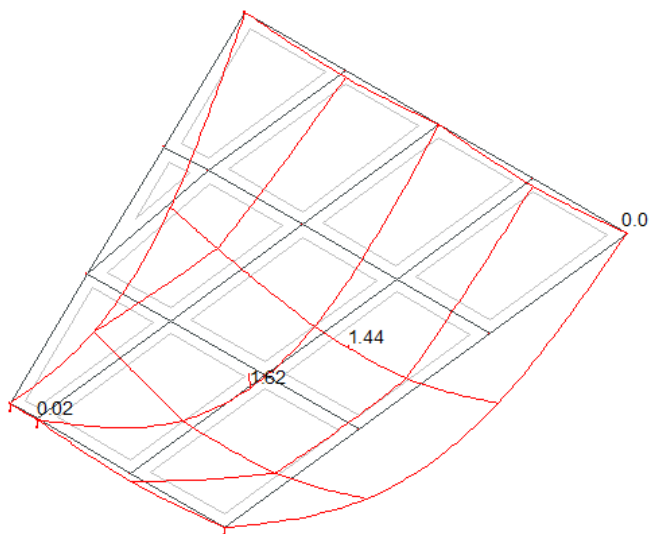
Corpo tecnico: analisi statica e dinamica modale con condensazione di piano

**i) Criteri di verifica**

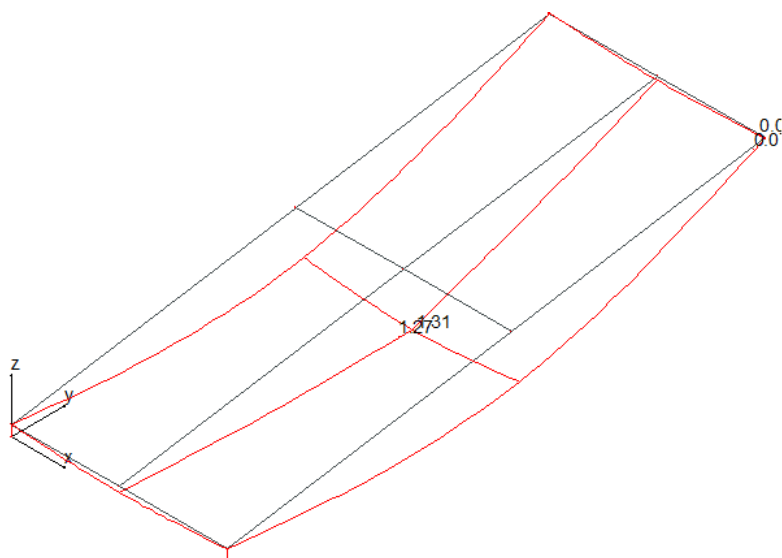
Verifiche stato limite ultimo in termini di resistenza

Verifiche stato limite di danno in termini di spostamento

**j) Rappresentazione configurazione deformata**



Deformata passerella 1 – rara



Deformata passerella 2 – rara

**k) Caratteristiche codice di calcolo**

## Codice di calcolo agli elementi finiti

Affidabilità del Codice di calcolo *WinStrand*

Ditta produttrice: **En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Campo di applicazione: analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Il cap. 10 del Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 14 Gennaio 2008 fornisce le istruzioni relative alla **Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo**, cui il progettista delle strutture deve attenersi nella redazione degli elaborati progettuali.

Il punto 10.2 **Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo** specifica:

Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

Nella fase di stesura della relazione di calcolo, utilizzando i tabulati provenienti da codici di calcolo, è demandato al progettista il compito di analisi preliminare della documentazione:

Il progettista dovrà esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Il presente documento costituisce assieme alle stampe degli esempi documento di validazione dei software prodotti dalla *En.Ex.sys srl*.

Benchmark

Il controllo della affidabilità delle analisi numeriche è stato condotto su una serie di esempi di letteratura la cui soluzione sia esprimibile in forma chiusa, allo scopo di verificare l'affidabilità del software.

Gli esempi condotti, corredati della fonte di riferimento, dei risultati numerici e dei file dati permettono la riproduzione integrale degli stessi da parte degli utenti.

1. [Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata](#)
2. [Frequenze naturali di vibrazione di una trave a mensola](#)
3. [Frequenza naturale di vibrazione di un oscillatore semplice](#)
4. [Trave piana con estremi incastrati](#)
5. [Sistema piano di aste sospese](#)
6. [Stato tensionale di una trave inflessa](#)
7. [Stato tensionale di una trave inflessa](#)
8. [Sistema piano di aste sospese](#)
9. [Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato](#)
10. [Telaio piano](#)
11. [Trave reticolare piana](#)
12. [Controllo dell'analisi condotta considerando il comportamento monolatero degli elementi biella - trave](#)
13. [Aste piane e carico termico](#)
14. [Flessione in una piastra circolare](#)
15. [Diaframma spessore 40 cm, altezza 10 m di cui 3 m a sbalzo](#)

### I) Sintesi risultati opere di fondazione e geotecniche

La passerella trapezoidale si appoggia su un nuovo locale tecnico ad uso riserva idrica di acqua potabile per il centro. La struttura è di tipo scatolare in c.a., direttamente contro-terra e costituito da platea, muri e soletta superiore di spessore cm. 20 armati con doppie reti elettrosaldate  $\phi$  8/15/15 e armature concentrate negli spigoli con staffature.

La seconda passerella, molto più modesta anche nei carichi trasmessi al terreno è appoggiata su trave in c.a. 70x50 cm sagomata, posta a quota di circa -0.80 m di profondità dal piano campagna.

Le opere strutturali sono completate dalle opere di consolidamento del muro in pietra esistente nella zona crollata e in corrispondenza dell'angolo sinistro che presenta una lesione visibile. Il nuovo paramento deve essere per necessità architettoniche ancora in pietra. Per migliorare la resistenza e per creare la necessaria solidità muraria è prevista la realizzazione di un graticcio di cordoli retrostanti al muro 20x15 cm circa in modo da creare una sorta di muratura armata. Le opere di fondazione sono costituite da una soletta in c.a. di spessore cm. 20 e larghezza 1.00 m.

Poiché l'accessibilità del cortile è molto difficile da mezzi in grado di effettuare prove penetrometriche o sondaggi e vista la modestia delle opere e dei carichi trasmessi al terreno che globalmente si trova in condizioni di stabilità, non si è ritenuto necessario eseguire alcuna indagine geologica.

Dal punto di vista geologico la zona del centro abitato storico intorno alla Rocca Vescovile è comunque sufficientemente noto, sia da quanto reperibile in cartografia geologica regionale sia in relazione agli studi di microzonazione sismica effettuati e pertanto si applica quanto indicato al paragrafo 6.2.2 delle NTC 2018, basando la progettazione su prove documentate e preesistenti indagini. In conclusione dalle consultazioni delle analisi di microzonazione sismica si è dedotto che per il sito in esame il terreno in esame è **di tipo B, condizioni topografiche T2 e il coefficiente di amplificazione sismica della Pga è pari a 1.1 – 1.2.**

Pertanto nella definizione dello spettro di progetto si è deciso di seguire le indicazioni di normativa in quanto non vi sono differenze sostanziali nel valore di  $S_s$  che è pari a 1.17.

Il coefficiente di sottofondo di Winkler in condizioni sismiche è approssimato a 2 kg/cmc.

Alla presente relazione si allega il controllo classico della tensione di contatto terreno fondazione tenendo conto che si hanno valori di pressione molto modesti.

#### **m) Indicazione categoria d'intervento**

Nuova Costruzione che implica modifica locale al manufatto esistente

#### **n) Descrizione struttura esistente**

Il fabbricato dove saranno realizzate le passerelle è l'ex seminario vescovile ubicato lungo via Aldruda Frangipane ed adiacente alla chiesa di san Silvestro, dal CEUB nel settore dell'Alta Formazione e dell'attività congressuale con finanziamenti da parte dall'Università di Bologna, ed alla correlata e necessaria attività ricettiva di Foresteria Universitaria. Il fabbricato dal punto di vista strutturale è realizzato in muratura portante di mattoni a due e più teste, costituito da tre piani fuori terra (di cui uno parzialmente interrato). L'edificio è stato più volte ristrutturato fino al completo recupero negli anni fine '90 e 2000 a cura del medesimo progettista architettonico, architetto Roberto Pistolesi.

Nell'ambito dei lavori sono stati realizzati anche alcuni cordoli in c.a., come visibile anche dal cortile stesso, ai quali sarà collegata la nuova struttura delle passerelle.

Anche i solai sono stati recuperati e consolidati e si trovano in buono stato di conservazione e si ritiene che la realizzazione delle passerelle sia compatibile con lo stato conservativo del manufatto esistente e che quest'ultimo non necessiti di nessuna opera di consolidamento o rinforzo, anche locale. Ciò anche in relazione alla modesta massa della passerella (realizzata in acciaio e tavolato di legno) rispetto alla massa del fabbricato (circa 500 mq per i soli macroelementi interessati). Lo scannafosso interno al cortile copre un dislivello di circa 2.50-3.00 m ed è realizzato con un muro di sostegno in blocchi di spungone a gravità. Una piccola porzione, in corrispondenza della porzione terminale a destra della nuova passerella, per circa 3-4 m di lunghezza, presenta un cedimento del paramento murario in quanto è venuta a meno la manutenzione nel corso degli anni con particolare riferimento alla regimazione delle acque meteoriche. Si tratta di un cedimento presente da alcuni anni che non ha interessato particolari porzioni di terreno retrostante ma solo la porzione superficiale, retrostante al muro.

#### **o) Proprietà meccaniche materiali esistenti e fattori di confidenza**

Livello di conoscenza LC1

$FC = 1.35$

Muratura in mattoni pieni e malta a base di calce

#### **p) Risultati significativi confronto pre e post intervento**

Non necessari

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori

Ing. Gianni Bandini

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

**Indice generale**

|                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>Relazione descrittiva</b>        | <b>pag. 10</b>  |
| <b>Relazione calcolo passerelle</b> | <b>pag. 14</b>  |
| <b>Verifica collegamenti</b>        | <b>pag. 33</b>  |
| <b>Verifica giunto</b>              | <b>pag. 43</b>  |
| <b>Relazione corpo tecnico</b>      | <b>pag. 45</b>  |
| <b>Relazione geotecnica</b>         | <b>pag. 81</b>  |
| <b>Verifica muro di sostegno</b>    | <b>pag. 93</b>  |
| <b>Foto</b>                         | <b>pag. 100</b> |
| <b>Piano manutenzione</b>           | <b>pag. 103</b> |
| <b>Relazione materiali</b>          | <b>pag. 105</b> |

**RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO COMPRENSIVA DELLA VALUTAZIONE  
DELLA SICUREZZA E DELLA MODELLAZIONE SISMICA**

Il progetto architettonico prevede la nuova realizzazione di due piccole passerelle pedonali in corrispondenza di due porte finestre, in sala mensa e sul vano scale comuni, con funzione di uscite di sicurezza. Le passerelle sono funzionali per il superamento dello scannafosso esistente sul cortile interno con funzione di zona di raccolta.

**Descrizione struttura esistente, rilievo geometrico strutturale e valutazione della sicurezza.**

Il fabbricato dove saranno realizzate le passerelle è l'ex seminario vescovile ubicato lungo via Aldruda Frangipane ed adiacente alla chiesa di san Silvestro, attualmente utilizzata dal CEUB nel settore dell'Alta Formazione e dell'attività congressuale, con finanziamenti dall'Università di Bologna, ed alla correlata e necessaria attività ricettiva di Foresteria Universitaria. Il fabbricato dal punto di vista strutturale è realizzato in muratura portante di mattoni a due e più teste, costituito da tre piani fuori terra (di cui uno parzialmente interrato). L'edificio è stato più volte ristrutturato fino al completo recupero negli anni fine '90 e 2000 a cura del medesimo progettista architettonico, architetto Roberto Pistolesi. Nell'ambito dei lavori sono stati realizzati anche alcuni cordoli in c.a., come visibile anche dal cortile stesso, ai quali sarà collegata la nuova struttura delle passerelle.





Anche i solai sono stati recuperati e consolidati e si trovano in buono stato di conservazione e si ritiene che la realizzazione delle passerelle sia compatibile con lo stato conservativo del manufatto esistente e che quest'ultimo non necessiti di nessuna opera di consolidamento o rinforzo, anche locale. Ciò anche in relazione alla modesta massa della passerella (realizzata in acciaio e tavolato di legno) rispetto alla massa del fabbricato (circa 500 mq per i soli macroelementi interessati). Lo scannafosso interno al cortile copre un dislivello di circa 2.50-3.00 m ed è realizzato con un muro di sostegno in blocchi di spungone a gravità. Una piccola porzione, in corrispondenza della porzione terminale a destra della nuova passerella, per circa 3-4 m di lunghezza, presenta un cedimento del paramento murario in quanto è venuta a meno la manutenzione nel corso degli anni con particolare riferimento alla regimazione delle acque meteoriche. Si tratta di un cedimento presente da alcuni anni che non ha interessato particolari porzioni di terreno retrostante ma solo la porzione superficiale, retrostante al muro.



### **Relazione descrittiva della struttura**

Le nuove passelle saranno realizzate con struttura in acciaio, travi principali IPE 270 e secondarie IPE 200 per la passerella più grande con forma trapezoidale. Travi IPE 200 principali e secondarie IPE 140 per la passerella in corrispondenza del vano scale.

Gli appoggi saranno del tipo a cerniera in corrispondenza del fabbricato esistente con mensole in acciaio collegate con barre e resine nel cordolo in c.a. esistente e a carrello realizzato con pacchetto in neoprene in modo da consentire il necessario spostamento in corrispondenza della fondazione sul cortile interno.

Pertanto la massa della passerella, dal punto di vista sismico, compete al fabbricato esistente in muratura. La massa di quest'ultimo è infinitamente più alta di quella delle due passerelle e pertanto dal punto di vista globale non risultano variazioni nel comportamento dinamico della struttura. Sono comunque condotte le necessarie valutazioni locali.

Nel caso in cui il cordolo non sia presente (ad esempio nella zona della scala) è prevista la realizzazione di due blocchetti in c.a. inseriti nella muratura, armati con staffe e code di rondine di collegamento per consentire il corretto inghisaggio delle barre delle mensole in acciaio.

L'appoggio in corrispondenza della scarpata avviene in due modalità diverse, entrambe con appoggio a carrello con pacchetto in neoprene.

La passerella trapezoidale si appoggia su un nuovo locale tecnico ad uso riserva idrica di acqua potabile per il centro. La struttura è di tipo scatolare in c.a. , direttamente contro-terra e costituito da platea, muri e soletta superiore di spessore cm. 20 armati con doppie reti elettrosaldate  $\phi$  8/15/15 e armature concentrate negli spigoli con staffature.

La seconda passerella, molto più modesta anche nei carichi trasmessi al terreno è appoggiata su trave in c.a. 70x50 cm sagomata, posta a quota di circa -0.80 m di profondità dal piano campagna.

Le opere strutturali sono completate dalle opere di consolidamento del muro in pietra esistente nella zona crollata e in corrispondenza dell'angolo sinistro che presenta una lesione visibile. Il nuovo paramento deve essere per necessità architettoniche ancora in pietra. Per migliorare la resistenza e per creare la necessaria solidità muraria è prevista la realizzazione di un graticcio di cordoli retrostanti al muro 20x15 cm circa in modo da creare una sorta di muratura armata. Le opere di fondazione sono costituite da una soletta in c.a. di spessore cm. 20 e larghezza 1.00 m.

### **Relazione di calcolo**

Sono stati allestiti i seguenti modelli di calcolo differenziati in funzione delle verifiche da effettuare:

- Modelli con aste in acciaio vincolati con cerniera – appoggio per la verifica dell'impalcato delle passerelle;
- Modello della struttura scatolare in c.a. per verifica del locale tecnico con inserimento dei tre carichi concentrati delle travi principali della passerella;
- Verifica di stabilità del muro a gravità (si veda relazione geotecnica)

### **Passerelle**

Si è realizzato un modello di calcolo agli elementi finiti che schematizza la struttura portante verificando tutti gli elementi strutturali.

Vincolamento travi principali: cerniera carrello

Vincolamento travi secondarie: cerniere

Analisi dei carichi:

Assito di legno: 30 kg/mq

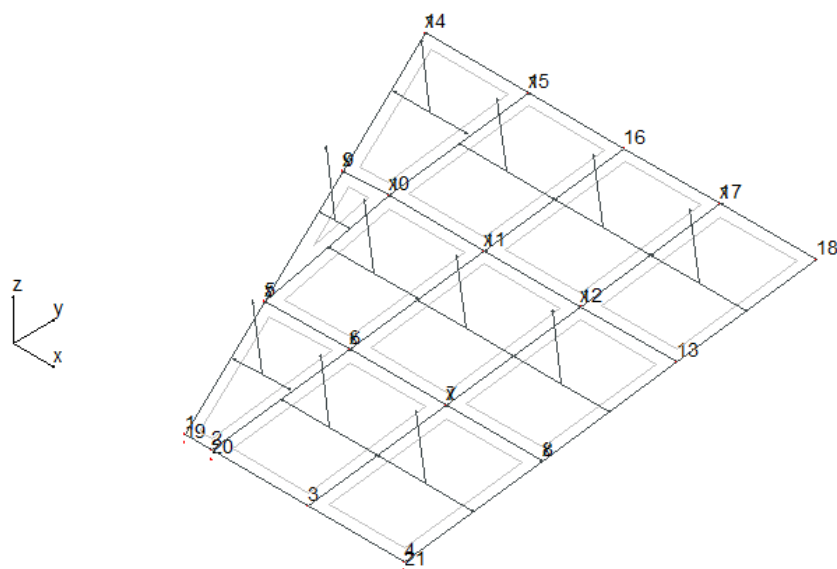
Carico variabile: 400 kg/mq (Scale comuni, balconi e ballatoi per ambienti di categoria C)

Neve: 120 kg/mq

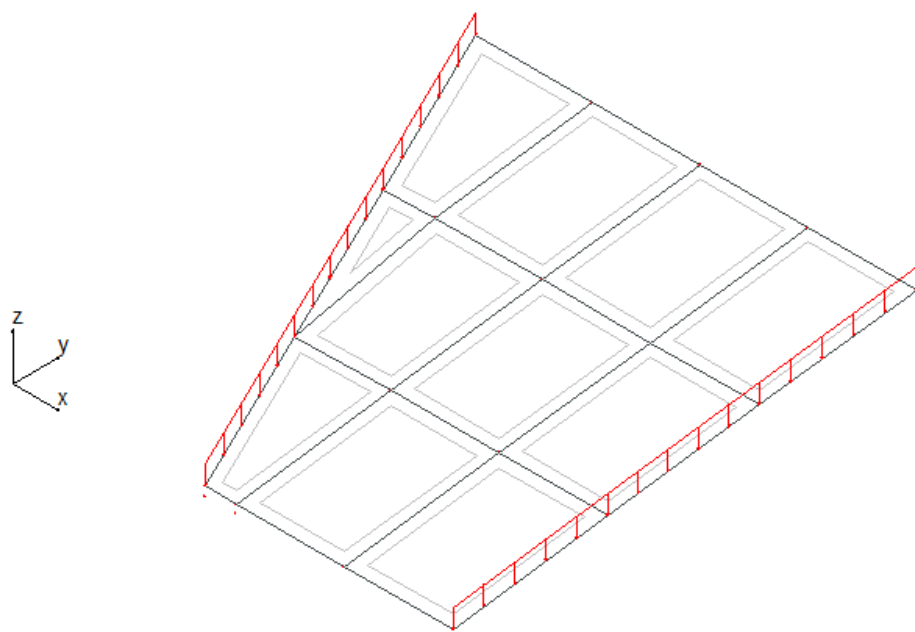
Sebbene si tratti di una piccola passerella, non si ritiene applicare le azioni e le verifiche relative al capitolo 5 (progettazione dei ponti) in quanto non è una passerella pedonale pubblica ma solo un'uscita di sicurezza della mensa che peraltro presenta una capienza inferiore ai 100 posti e pertanto si ritiene corretto il calcolo statico classico con  $400 \text{ kg/mq}$  combinato all'azione della neve come da normativa.

Tuttavia a favore di sicurezza è stata condotta la verifica considerando il carico da passerella pedonale ( $500 \text{ KN/mq}$  già tenuto conto dell'amplificazione di carico dinamico), senza considerare la neve e le verifiche risultano soddisfatte.

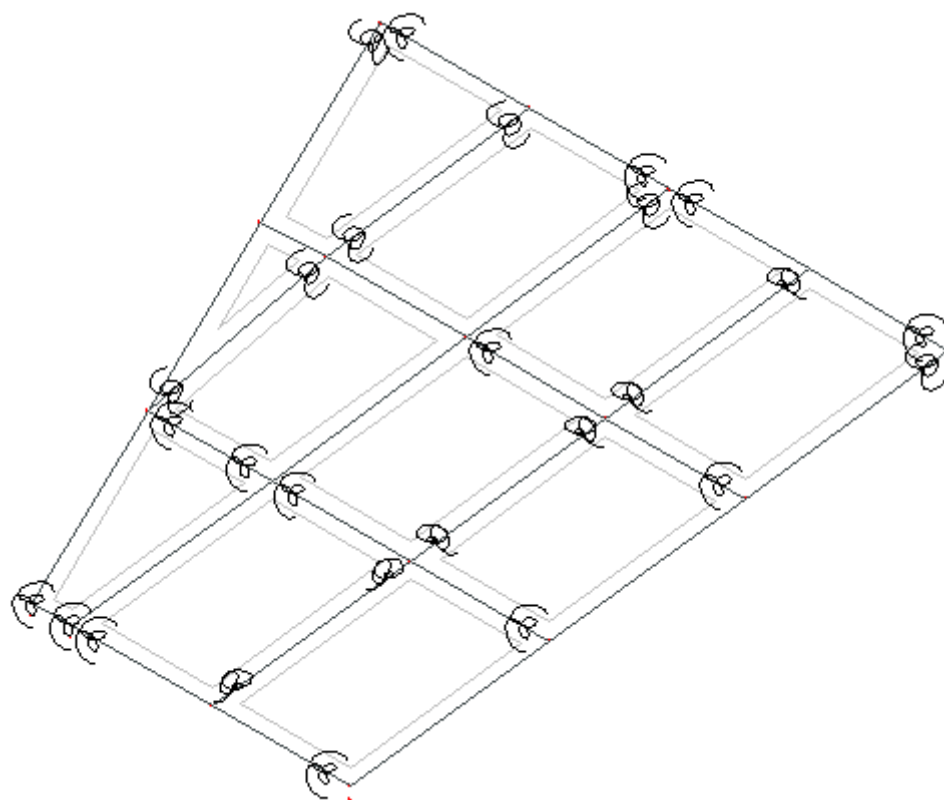
### **Tabulati di calcolo e verifica delle passerelle - 1 passarella trapezoidale**



Schema di calcolo – orditura aree di carico



Carico distribuito parapetto metallico: 50 kg/mq



Posizione delle cerniere interne tra le aste

## **En.Ex.Sys. WinStrand**

### Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

**En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastri).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione  $LDL^T$ .
- Analisi Statica:
  - - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
    - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante *subspace iteration* oppure tramite il *metodo dei vettori di Ritz*):
  - - Via statica equivalente.
    - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

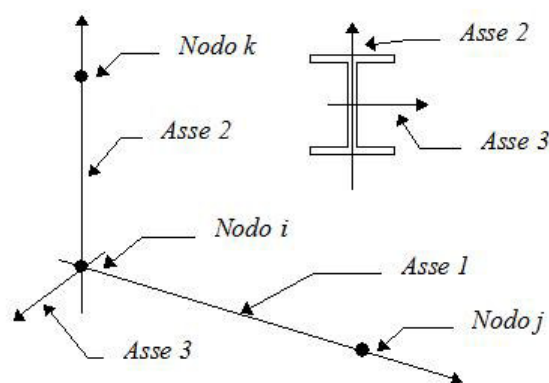
## Elementi tipo trave

### Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave viene identificato da:

- Il nodo iniziale **i**;
- Il nodo finale **j**;
- Il nodo **k** che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:



Vengono riportati i valori di efficacia dei vincoli alle estremità dello elemento (variabili fra 0 e 100%), nei due piani **1-2** e **1-3** della trave in corrispondenza dei nodi, dando quindi la possibilità di considerare aste non perfettamente incastrate (coefficienti **Vi12**, **Vj12**, **Vi13**, **Vj13**).

Caratteristiche dei Materiali:

| Tipo | Modulo Elastico<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\nu$ | alfa<br>[1/°C] | Peso Specifico<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Commento     |
|------|--|-------|----------------|--|--------------|
| 1    | 300000.0                                 | 0.120 | 0.000012       | 2500.0                                 | Calcestruzzo |
| 2    | 2100000.0                                | 0.330 | 0.000012       | 7850.0                                 | Acciaio      |

Sezioni Impiegate:

| Sezione | Materiale | Tipo di Sezione | Parametri Dimensionali<br>Commenti |
|---------|-----------|-----------------|------------------------------------|
| 1       | 2         | IPE 270         |                                    |
| 2       | 2         | IPE 200         |                                    |

Caratteristiche Inerziali:

| Sezione | Materiale | Area<br>[cm <sup>2</sup> ] | Jt<br>[cm <sup>4</sup> ] | J2<br>[cm <sup>4</sup> ] | J3<br>[cm <sup>4</sup> ] | J23<br>[cm <sup>4</sup> ] | Xx  | Xy  |
|---------|-----------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----|-----|
| 1       | 2         | 46.03                      | 16                       | 5801                     | 420                      | 0                         | 2.5 | 1.7 |
| 2       | 2         | 28.54                      | 7                        | 1947                     | 142                      | 0                         | 2.5 | 1.6 |

## Condizioni e combinazioni di carico

### Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura  $n$  condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in  $m$  direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad  $n + m$  condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le  $n + m$  condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione  $i$ -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione  $j$ -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione  $i$ -esima.
- Le prime  $n$  condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da  $n+1$  a  $n+m$ .

### Condizioni di carico definite:

| Condizione |                  |
|------------|------------------|
| 1          | Peso proprio     |
| 2          | Assito           |
| 3          | Folla            |
| 4          | Neve             |
| 5          | passerella cap 5 |

### Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

| Combinazione di carico numero |     |     |                     |      |     |
|-------------------------------|-----|-----|---------------------|------|-----|
| 1                             |     |     | SLU FOLLA           |      |     |
| 2                             |     |     | SLU NEVE            |      |     |
| 3                             |     |     | SLU passerella cap5 |      |     |
| Comb.\Cond                    | 1   | 2   | 3                   | 4    | 5   |
| 1                             | 1.3 | 1.3 | 1.5                 | 0.75 |     |
| 2                             | 1.3 | 1.3 | 1.05                | 1.5  |     |
| 3                             | 1.3 | 1.3 |                     |      | 1.5 |

### Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |            |
|-------------------------------|---|---|-----|------------|
|                               |   |   |     | 4          |
|                               |   |   |     | rara folla |
|                               |   |   |     | 5          |
|                               |   |   |     | rara neve  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   | 4          |
| 4                             | 1 | 1 | 1   | 0.5        |
| 5                             | 1 | 1 | 0.7 | 1          |

### Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |            |
|-------------------------------|---|---|-----|------------|
|                               |   |   |     | 6          |
|                               |   |   |     | freq folla |
|                               |   |   |     | 7          |
|                               |   |   |     | freq neve  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   | 4          |
| 6                             | 1 | 1 | 0.7 |            |
| 7                             | 1 | 1 | 0.6 | 0.2        |

### Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |    |
|-------------------------------|---|---|-----|----|
|                               |   |   |     | 8  |
|                               |   |   |     | qp |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   |    |
| 8                             | 1 | 1 | 0.6 |    |

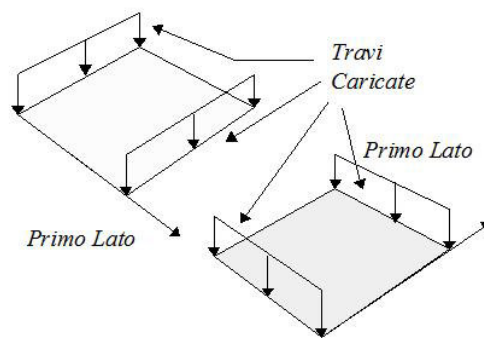
### **Dati relativi alle aree di carico**

### ***Convenzioni adottate***

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superfice contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie.

È importante rilevare che **la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.**



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

Globale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

Globale Proiettato

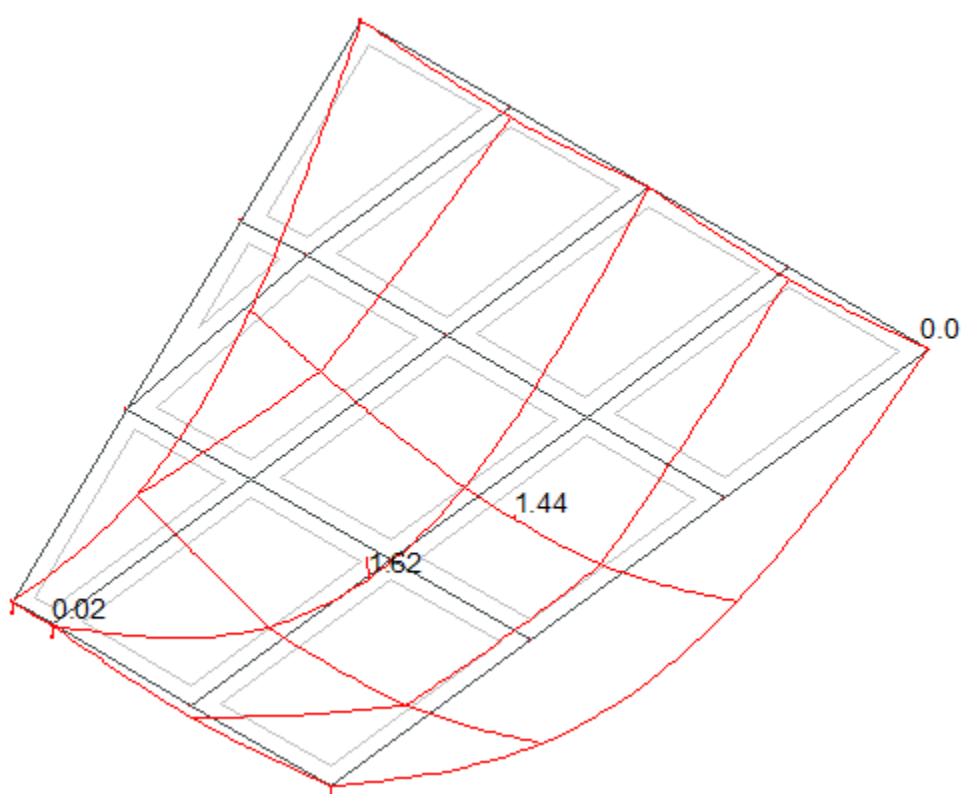
indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

| Area di Carico Numero |      |            |                     |             | Commento                                 |  |  |
|-----------------------|------|------------|---------------------|-------------|--|--|--|
| 1                     |      |            |                     |             | passerella                               |  |  |
| Tipo                  | Alfa | Condizione | Carico<br>Trasmesso | Riferimento | qx<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qx<br>[kg] | qy<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qy<br>[kg] | qz<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qz<br>[kg] |
| 1                     | 0.00 | 2          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 32.0                                     |
| 1                     | 0.00 | 3          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 400.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 4          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 120.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 5          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 500.0                                    |

**Principali risultati di calcolo: momenti e deformate**



Deformata combinazione 4 – rara

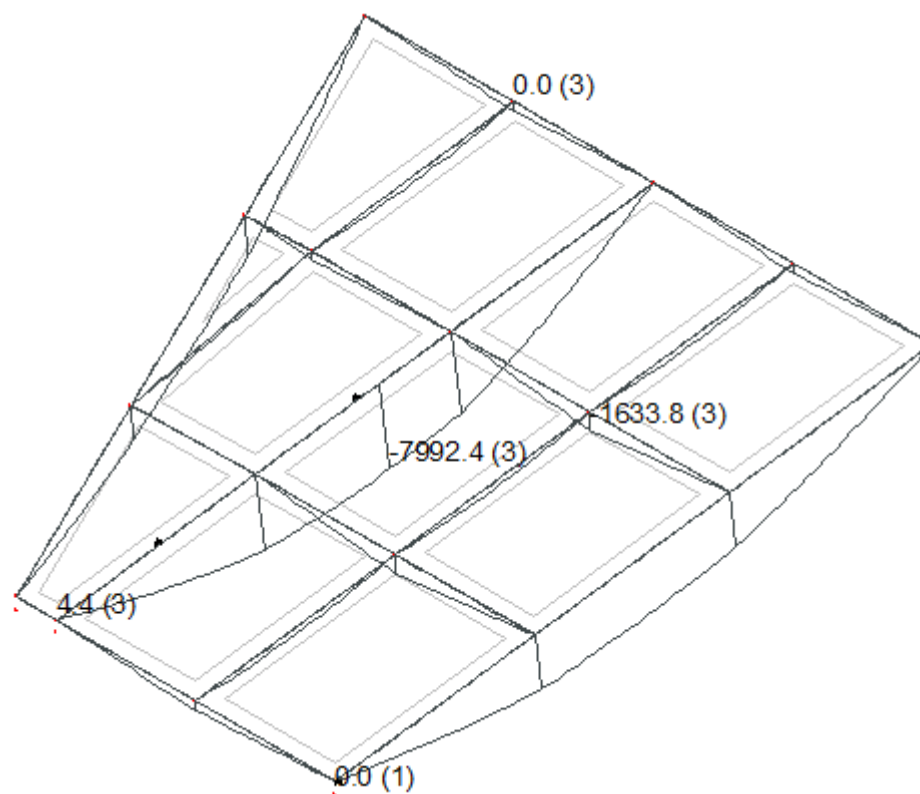


Diagramma d'involuppo dei momenti

### **VERIFICA TRAVI SEZIONE 1 PROFILO IPE 270**

Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Ty - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Non richiesta
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Non richiesta
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : Non richiesta
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T
- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

| Asta |    | Luce<br>[m] | Resistenza |       |       | Svergolamento |       |       |
|------|----|-------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Da   | A  |             | Classe     | Sd/Sr | Comb. | Classe        | Sd/Sr | Comb. |
| 4    | 18 | 6.05        | 1          | 0.447 | 3     | 1             | 0.663 | 3     |
| 2    | 16 | 6.05        | 1          | 0.659 | 3     | 1             | 0.979 | 3     |
| 1    | 14 | 6.55        | 1          | 0.323 | 3     | 1             | 0.519 | 3     |

### **VERIFICA TRAVI SEZIONE 2 PROFILO IPE 200**

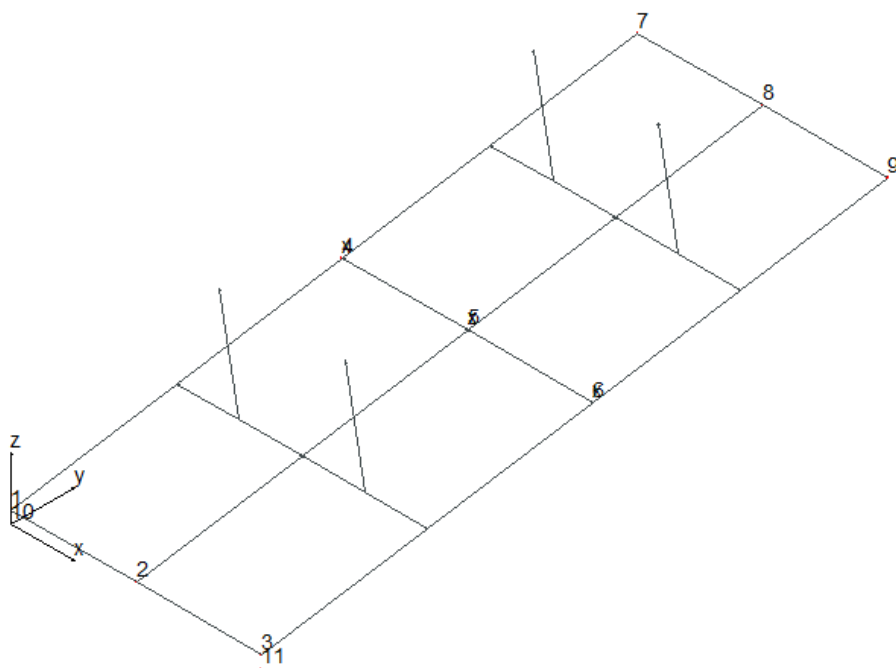
Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - N - Ty - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Non richiesta
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Non richiesta
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : Non richiesta
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T
- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

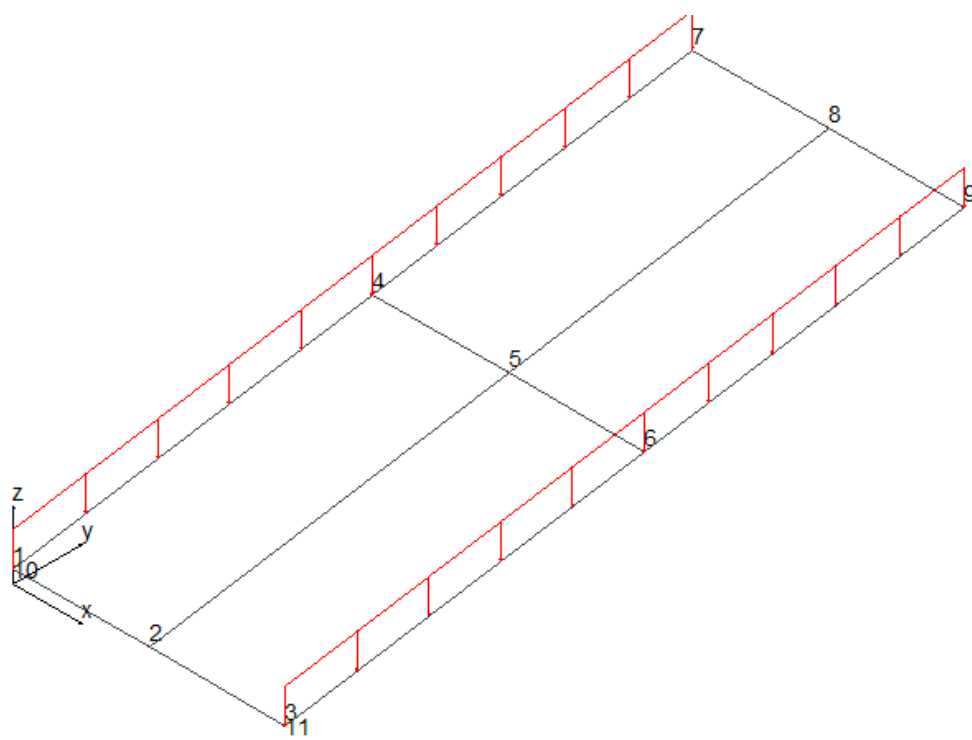
| Asta |    | Luce<br>[m] | Resistenza |       |       | Svergolamento |       |       |
|------|----|-------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Da   | A  |             | Classe     | Sd/Sr | Comb. | Classe        | Sd/Sr | Comb. |
| 5    | 6  | 1.23        | 1          | 0.001 | 3     | 1             | 0.001 | 3     |
| 9    | 10 | 0.64        | 1          | 0.140 | 3     | 1             | 0.150 | 3     |
| 16   | 18 | 2.80        | 1          | 0.153 | 3     | 1             | 0.258 | 3     |
| 14   | 16 | 2.90        | 1          | 0.149 | 3     | 1             | 0.257 | 3     |
| 11   | 13 | 2.80        | 1          | 0.296 | 3     | 1             | 0.496 | 3     |
| 10   | 11 | 1.40        | 1          | 0.139 | 3     | 1             | 0.193 | 3     |
| 7    | 8  | 1.40        | 1          | 0.293 | 3     | 1             | 0.406 | 3     |

| Asta |    | Luce<br>[m] | Resistenza |       |       | Svergolamento |       |       |
|------|----|-------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Da   | A  |             | Classe     | Sd/Sr | Comb. | Classe        | Sd/Sr | Comb. |
| 6    | 7  | 1.40        | 1          | 0.293 | 3     | 1             | 0.406 | 3     |
| 2    | 4  | 2.80        | 1          | 0.151 | 3     | 1             | 0.253 | 3     |
| 1    | 2  | 0.40        | 1          | 0.000 | 3     | 1             | 0.000 | 3     |
| 17   | 12 | 2.06        | 1          | 0.108 | 3     | 1             | 0.147 | 3     |
| 10   | 15 | 2.06        | 1          | 0.096 | 3     | 1             | 0.131 | 3     |
| 5    | 10 | 2.01        | 1          | 0.061 | 3     | 1             | 0.082 | 3     |
| 7    | 3  | 2.02        | 1          | 0.104 | 3     | 1             | 0.141 | 3     |
| 12   | 7  | 1.98        | 1          | 0.100 | 3     | 1             | 0.133 | 3     |

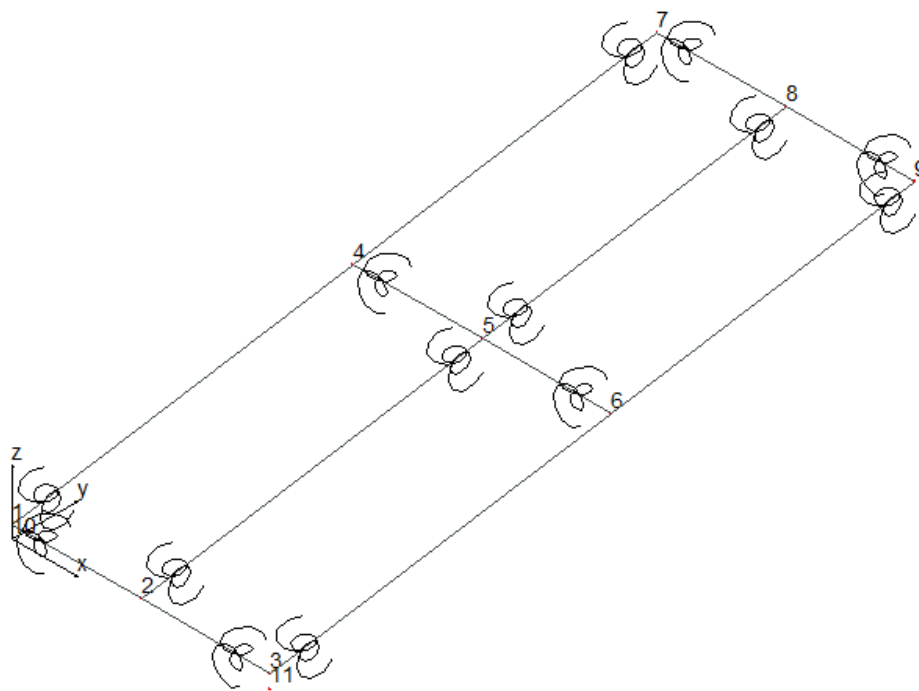
## Tabulati di calcolo e verifica delle passerelle – 2 passerella vano scale



Schema di calcolo – orditura aree di carico



Carico distribuito parapetto metallico: 50 kg/mq



Posizione delle cerniere interne tra le aste

### **En.Ex.Sys. WinStrand**

*Structural Analysis & Design*

Ditta produttrice:

**En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

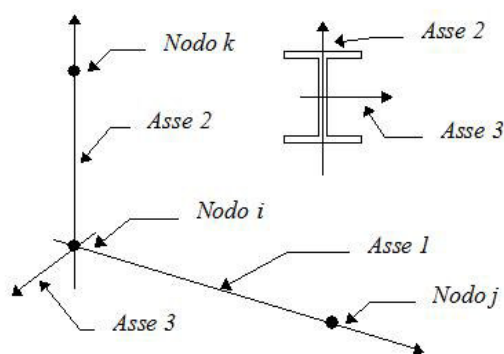
### **Elementi tipo trave**

### ***Convenzioni adottate***

Ogni elemento tipo trave viene identificato da:

- Il nodo iniziale **i**;
- Il nodo finale **j**;
- Il nodo **k** che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:



Vengono riportati i valori di efficacia dei vincoli alle estremità dello elemento (variabili fra 0 e 100%), nei due piani **1-2** e **1-3** della trave in corrispondenza dei nodi, dando quindi la possibilità di considerare aste non perfettamente incastrate (coefficienti **Vi12**, **Vj12**, **Vi13**, **Vj13**).

Caratteristiche dei Materiali:

| Tipo | Modulo Elastico<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | v     | alfa<br>[1/°C] | Peso Specifico<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Commento     |
|------|--|-------|----------------|--|--------------|
| 1    | 300000.0                                 | 0.120 | 0.000012       | 2500.0                                 | Calcestruzzo |
| 2    | 2100000.0                                | 0.330 | 0.000012       | 7850.0                                 | Acciaio      |

Sezioni Impiegate:

| Sezione | Materiale | Tipo di Sezione | Parametri Dimensionali<br>Commenti |
|---------|-----------|-----------------|------------------------------------|
| 1       | 2         | IPE 200         |                                    |
| 2       | 2         | IPE 140         |                                    |

Caratteristiche Inerziali:

| Sezione | Materiale | Area<br>[cm <sup>2</sup> ] | Jt<br>[cm <sup>4</sup> ] | J2<br>[cm <sup>4</sup> ] | J3<br>[cm <sup>4</sup> ] | J23<br>[cm <sup>4</sup> ] | Xx  | Xy  |
|---------|-----------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----|-----|
| 1       | 2         | 28.54                      | 7                        | 1947                     | 142                      | -0                        | 2.5 | 1.6 |
| 2       | 2         | 16.44                      | 2                        | 542                      | 45                       | 0                         | 2.5 | 1.6 |

| Dal Nodo | Al Nodo | Nodo k | Luce<br>[m] | Materiale | Sezione | Fixity factors   |                  |                  |                  |                |                |                |                | Rigid-end [m]   |                 |
|----------|---------|--------|-------------|-----------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|          |         |        |             |           |         | V <sub>i12</sub> | V <sub>j12</sub> | V <sub>i13</sub> | V <sub>j13</sub> | N <sub>i</sub> | N <sub>j</sub> | T <sub>i</sub> | T <sub>j</sub> | d <sub>ri</sub> | d <sub>ri</sub> |
| 3        | 6       | 10002  | 2.68        | 2         | 1       | 1                | 100              | 1                | 100              | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 1        | 4       | 10000  | 2.68        | 2         | 1       | 1                | 100              | 1                | 100              | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 4        | 7       | 10000  | 2.39        | 2         | 1       | 100              | 0                | 100              | 0                | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 2        | 5       | 10001  | 2.68        | 2         | 1       | 0                | 0                | 0                | 0                | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 5        | 8       | 10001  | 2.39        | 2         | 1       | 0                | 0                | 0                | 0                | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 6        | 9       | 10002  | 2.39        | 2         | 1       | 100              | 0                | 100              | 0                | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |
| 1        | 2       | 10003  | 1.00        | 2         | 2       | 0                | 100              | 0                | 100              | 100            | 100            | 100            | 100            | 0.00            | 0.00            |

|   |   |       |      |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|---|---|-------|------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 2 | 3 | 10003 | 1.00 | 2 | 2 | 100 | 0   | 100 | 0   | 100 | 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 5 | 10004 | 1.00 | 2 | 2 | 1   | 100 | 1   | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 6 | 10004 | 1.00 | 2 | 2 | 100 | 1   | 100 | 1   | 100 | 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 8 | 10002 | 1.00 | 2 | 2 | 0   | 100 | 0   | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 9 | 10002 | 1.00 | 2 | 2 | 100 | 0   | 100 | 0   | 100 | 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 |

### Condizioni e combinazioni di carico

### Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura  $n$  condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in  $m$  direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad  $n + m$  condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le  $n + m$  condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione  $i$ -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione  $j$ -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione  $i$ -esima.
- Le prime  $n$  condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da  $n+1$  a  $n+m$ .

### Condizioni di carico definite:

| Condizione |                  |
|------------|------------------|
| 1          | Peso proprio     |
| 2          | Assito           |
| 3          | Folla            |
| 4          | Neve             |
| 5          | passerella cap 5 |

### Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

| Combinazione di carico numero |     |     |      |      |                   |
|-------------------------------|-----|-----|------|------|-------------------|
|                               |     |     |      | 1    | SLU FOLLA         |
|                               |     |     |      | 2    | SLU NEVE          |
|                               |     |     |      | 3    | passerella casp 5 |
| Comb.\Cond                    | 1   | 2   | 3    | 4    | 5                 |
| 1                             | 1.3 | 1.3 | 1.5  | 0.75 |                   |
| 2                             | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.5  |                   |
| 3                             | 1.3 | 1.3 |      |      | 1.5               |

### Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |            |
|-------------------------------|---|---|-----|------------|
|                               |   |   |     | 4          |
|                               |   |   |     | rara folla |
|                               |   |   |     | 5          |
|                               |   |   |     | rara neve  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   | 4          |
| 4                             | 1 | 1 | 1   | 0.5        |
| 5                             | 1 | 1 | 0.7 | 1          |

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |            |
|-------------------------------|---|---|-----|------------|
|                               |   |   |     | 6          |
|                               |   |   |     | freq folla |
|                               |   |   |     | 7          |
|                               |   |   |     | freq neve  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   | 4          |
| 6                             | 1 | 1 | 0.7 |            |
| 7                             | 1 | 1 | 0.6 | 0.2        |

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |     |    |
|-------------------------------|---|---|-----|----|
|                               |   |   |     | 8  |
|                               |   |   |     | qp |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3   |    |
| 8                             | 1 | 1 | 0.6 |    |

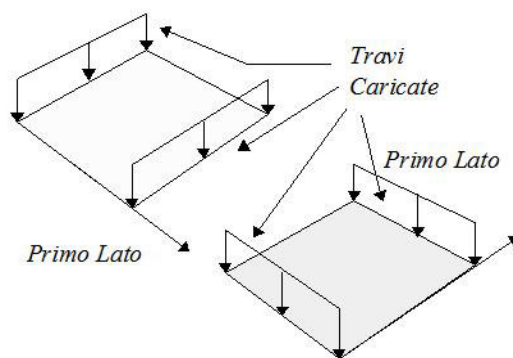
**Dati relativi alle aree di carico**

**Convenzioni adottate**

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superficie contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie.

È importante rilevare che **la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.**



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

Globale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

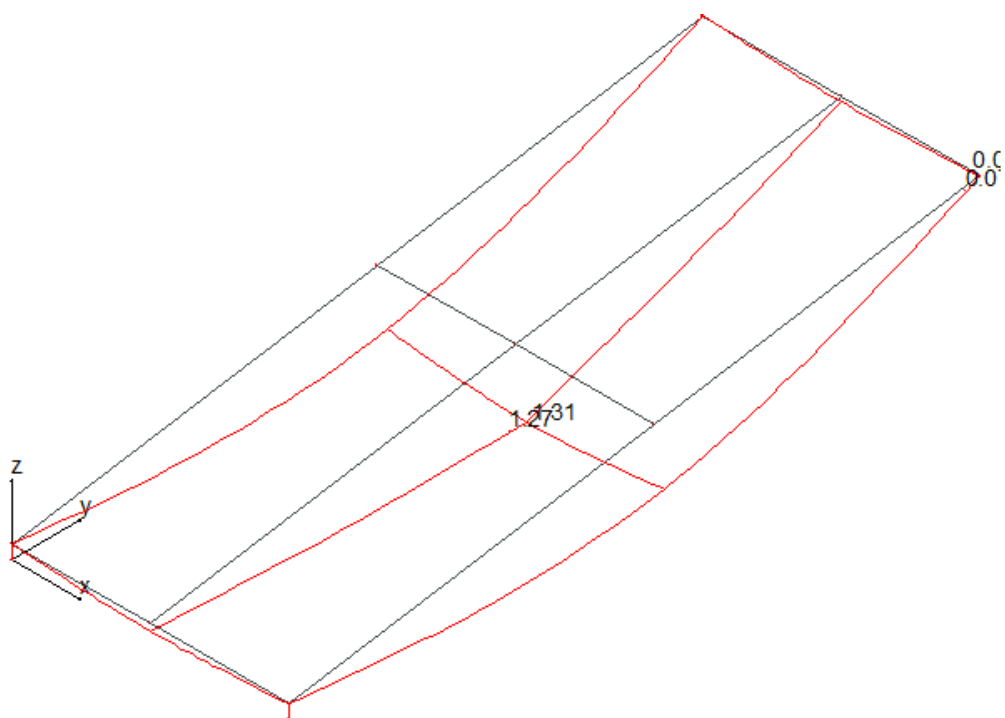
Globale Proiettato

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

| Area di Carico Numero |      |            |                     |             | Commento                                 |  |  |
|-----------------------|------|------------|---------------------|-------------|--|--|--|
| 1                     |      |            |                     |             | passerella                               |  |  |
| Tipo                  | Alfa | Condizione | Carico<br>Trasmesso | Riferimento | qx<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qx<br>[kg] | qy<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qy<br>[kg] | qz<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qz<br>[kg] |
| 1                     | 0.00 | 2          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 32.0                                     |
| 1                     | 0.00 | 3          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 400.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 4          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 120.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 5          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 500.0                                    |



Deformata combinazione 4 – rara

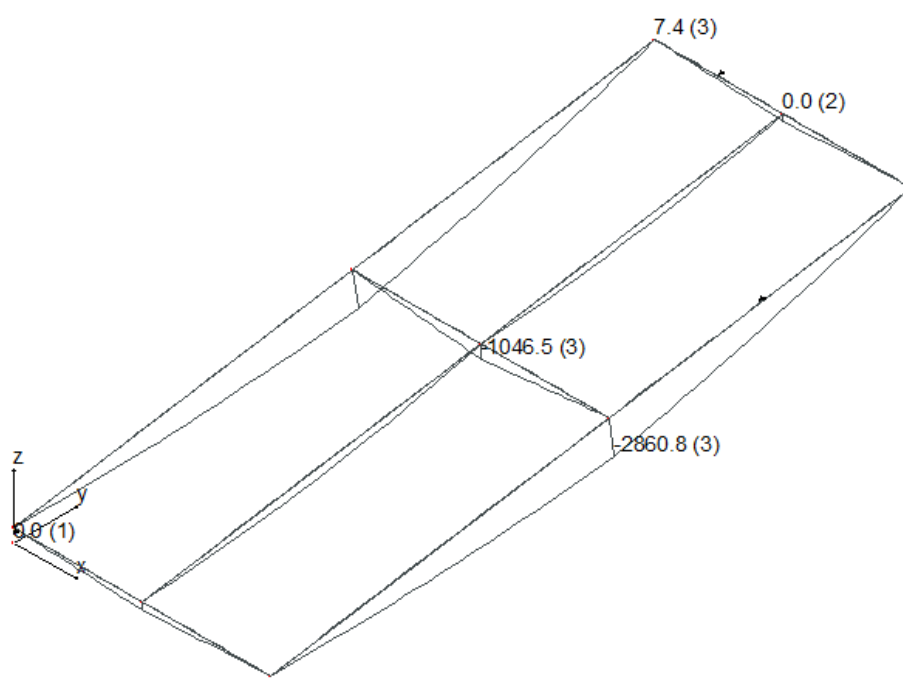


Diagramma d'involuppo dei momenti

### **VERIFICA TRAVI SEZIONE 1 PROFILO IPE 200**

Tipo di verifica da eseguire:

- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - Ty - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Non richiesta
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Non richiesta
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : Non richiesta
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T
- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

| Asta |   | Luce<br>[m] | Resistenza |       |       | Svergolamento |       |       |
|------|---|-------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Da   | A |             | Classe     | Sd/Sr | Comb. | Classe        | Sd/Sr | Comb. |
| 1    | 7 | 5.06        | 1          | 0.518 | 3     | 1             | 0.800 | 3     |
| 3    | 9 | 5.06        | 1          | 0.518 | 3     | 1             | 0.800 | 3     |

### **VERIFICA TRAVI SEZIONE 2 PROFILO IPE 140**

Tipo di verifica da eseguire:

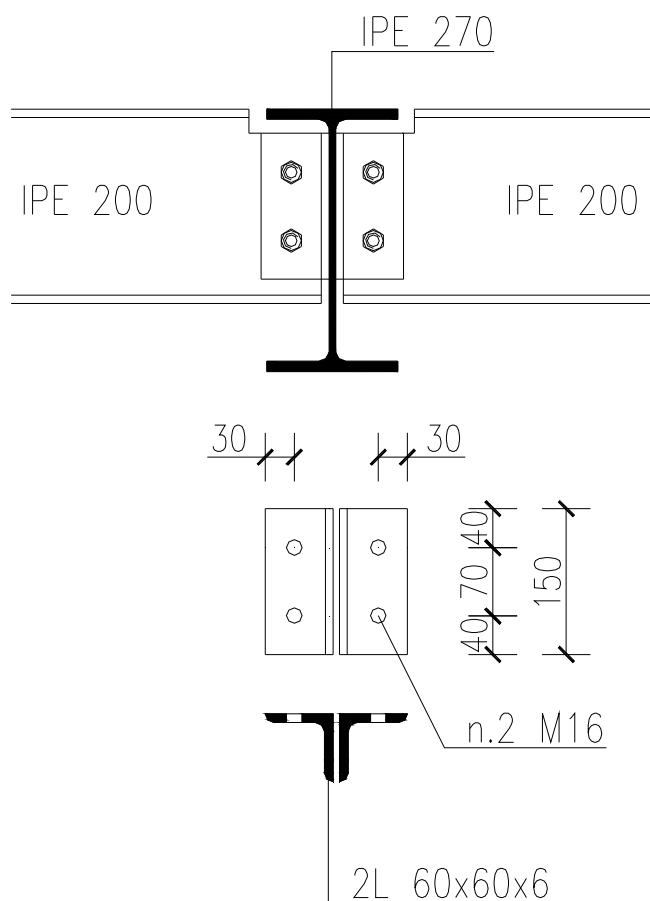
- Resistenza (Componenti Azioni Interna)..... : - Ty - Mx - My
- Instabilità Nel Piano 1/2 ..... : Non richiesta
- Instabilità Nel Piano 1/3 ..... : Non richiesta
- Pressoflessione (Componenti Azioni Interna). : Non richiesta
- Instabilità Flesso-Torsionale ..... : A doppio T
- Acciaio tipo ..... : **Acciaio**
- Tensione di Snervamento ..... : 2750.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tensione di Rottura ..... : 4300.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

| Asta |   | Luce<br>[m] | Resistenza |       |       | Svergolamento |       |       |
|------|---|-------------|------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Da   | A |             | Classe     | Sd/Sr | Comb. | Classe        | Sd/Sr | Comb. |
| 7    | 9 | 2.00        | 1          | 0.222 | 3     | 1             | 0.463 | 3     |
| 4    | 6 | 2.00        | 1          | 0.473 | 3     | 1             | 0.733 | 3     |
| 1    | 3 | 2.00        | 1          | 0.252 | 3     | 1             | 0.525 | 3     |
| 2    | 5 | 2.68        | 1          | 0.328 | 3     | 1             | 0.624 | 3     |
| 5    | 8 | 2.39        | 1          | 0.261 | 3     | 1             | 0.456 | 3     |

### Verifica dei collegamenti maggiormente sollecitati

I restanti della medesima tipologia sono automaticamente verificati.

Verifica a taglio secondaria – principale IPE 270 – IPE 200



Azioni massime - Trave Sezione numero 2 IPE 200

|                         |                |               |         |                |             |         |
|-------------------------|----------------|---------------|---------|----------------|-------------|---------|
| Taglio piano 1-2        | Min asta 12 13 | -1187.4 [kg]  | Comb. 3 | Max asta 9 10  | 1200.3 [kg] | Comb. 3 |
| Momento Flet. piano 1-2 | Min asta 12 13 | -1633.8 [kgm] | Comb. 3 | Max asta 10 15 | 0.0 [kgm]   | Comb. 3 |

| Sollecitazioni |      |
|----------------|------|
| $F_{v,Ed}$ (N) | 6000 |
| $F_{t,Ed}$ (N) | 0    |

| Bulloni                       |      |
|-------------------------------|------|
| Classe                        | 8.8  |
| d (mm)                        | 16   |
| $\gamma_{M2}$                 | 1.25 |
| $f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 640  |
| $f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 800  |
| $A_n$ (mm <sup>2</sup> )      | 201  |
| $A_{res}$ (mm <sup>2</sup> )  | 157  |

| Piastra di collegamento       |      |
|-------------------------------|------|
| Acciaio                       | S275 |
| t (mm)                        | 6    |
| $\gamma_{M2}$                 | 1.25 |
| $d_0$ (mm)                    | 17   |
| $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 430  |

| Caratteristiche resistenti bulloni |                               |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Classe                             | $f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
| 4.6                                | 240                           | 400                           |
| 5.6                                | 300                           | 500                           |
| 6.8                                | 480                           | 600                           |
| 8.8                                | 640                           | 800                           |
| 10.9                               | 900                           | 1000                          |

| Caratteristiche geometriche bulloni |                          |                              |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| d (mm)                              | $A_n$ (mm <sup>2</sup> ) | $A_{res}$ (mm <sup>2</sup> ) |
| 12                                  | 113                      | 84                           |
| 14                                  | 153                      | 115                          |
| 16                                  | 201                      | 157                          |
| 18                                  | 254                      | 192                          |
| 20                                  | 314                      | 245                          |
| 22                                  | 380                      | 303                          |
| 24                                  | 452                      | 353                          |
| 27                                  | 572                      | 459                          |
| 30                                  | 706                      | 561                          |

| Caratteristiche piastra |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| Acciaio                 | $f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
| S235                    | 360                           |
| S275                    | 430                           |
| S355                    | 510                           |
| S450                    | 550                           |
| S235 N/NL               | 390                           |
| S355 N/NL               | 490                           |
| S420 N/NL               | 520                           |
| S460 N/NL               | 540                           |
| S235 M/ML               | 370                           |
| S355 M/ML               | 470                           |
| S420 M/ML               | 520                           |
| S460 M/ML               | 540                           |
| S235 W                  | 360                           |
| S355 W                  | 510                           |

Verifica di resistenza con formula 4.2.65

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{con} \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

|  |       |
|--|-------|
| $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}}$ | 0.100 |
|--|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| $F_{v,Rd}$ (N) | 60288 |
| $F_{t,Rd}$ (N) | 90432 |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}}$ | 0.000 |
|-----------------------------|-------|

Verifica a rifollamento con formula 4.2.61

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \text{ con } F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_k \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

| Tipo di unione |   |
|----------------|---|
| ●              | Esposta a fenomeni corrosivi o ambientali       |
| ○              | Non esposta a fenomeni corrosivi o ambientali   |
| ○              | Elementi resistenti alla corrosione (EN10025-5) |

|                     |    |      |   |                |   |    |
|---------------------|----|------|---|----------------|---|----|
| e <sub>1</sub> (mm) | 30 | 20.4 | ≤ | e <sub>1</sub> | ≤ | 64 |
| e <sub>2</sub> (mm) | 30 | 20.4 | ≤ | e <sub>2</sub> | ≤ | 64 |
| p <sub>1</sub> (mm) | 70 | 37.4 | ≤ | p <sub>1</sub> | ≤ | 84 |
| p <sub>2</sub> (mm) | 84 | 40.8 | ≤ | p <sub>2</sub> | ≤ | 84 |

$\alpha = \min \{e_1/(3d_0) ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$  per bulloni di bordo // al carico applicato

$\alpha = \min \{p_1/(3d_0)-0,25 ; f_{tb}/f_{tk} ; 1\}$  per bulloni interni // al carico applicato

$k = \min \{2,8e_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$  per bulloni di bordo ⊥ al carico applicato

$k = \min \{1,4p_2/d_0-1,7 ; 2,5\}$  per bulloni interni ⊥ al carico applicato

|                |       |
|----------------|-------|
| $\alpha_{MIN}$ | 0.588 |
| $k_{MIN}$      | 2.500 |

|                |       |
|----------------|-------|
| $F_{b,Rd}$ (N) | 48565 |
|----------------|-------|

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| $\frac{F_{v, Ed}}{F_{b, Rd}}$ | 0.124 |
|-------------------------------|-------|

## Verifica piastra di collegamento al cordolo in c.a.

Massime reazioni vincolari

Nodo numero: 16 [ Solaio 0 ]

|   | Comb. | Rx<br>[kg] | Ry<br>[kg] | Rz<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Mz<br>[kgm] |
|---|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1     | 3.5        | 0.2        | 5758.5     | 0.0         | -2.0        | -0.3        |
| 2 | 2     | 3.2        | 0.2        | 5094.8     | 0.0         | -1.7        | -0.2        |
| 3 | 3     | 3.8        | 0.2        | 6200.9     | 0.0         | -2.2        | -0.3        |
| 4 | 4     | 2.4        | 0.1        | 3907.7     | 0.0         | -1.3        | -0.2        |
| 5 | 5     | 2.2        | 0.1        | 3465.3     | 0.0         | -1.1        | -0.1        |
| 6 | 6     | 1.7        | 0.1        | 2580.4     | 0.0         | -0.7        | -0.1        |
| 7 | 7     | 1.6        | 0.1        | 2462.4     | 0.0         | -0.7        | -0.1        |
| 8 | 8     | 1.5        | 0.1        | 2285.4     | 0.0         | -0.6        | -0.1        |

Rz Max = 6200 kg

Distanza di applicazione dal bordo: 10 cm

Md = 620 kgm

Poiché non si ha certezza della presenza del cordolo, che probabilmente è assente, si è deciso di collegare la mensola d'appoggio con una contro piastra interna.

Verifica della sezione di muratura presso inflessa.

Definizione del tipo di muratura

Tipologia di muratura

**Muratura esistente in pietre a spacco con buona tessitura**

**Riferimento Circolare 21/01/2019**

Valori minimi delle resistenze

$f_m = 260 \text{ N/cm}^2$

$\tau_0 = 5.6 \text{ N/cm}^2$

Valori medi dei moduli elastici

$E = 1740 \text{ N/mm}^2$

$G = 580 \text{ N/mm}^2$

$W = 21 \text{ KN/mc}$

Le caratteristiche delle murature sono state desunte dalla tabella C8.5.I considerando i valori minimi per caratteristiche meccaniche e medi per moduli elastici, da dividere per il fattore di confidenza  $FC = 1.35$  relativo al livello di conoscenza LC1.

Valori fattorizzati delle resistenze

$$f_m = 260 \text{ N/cm}^2 / 1.35 = 193$$

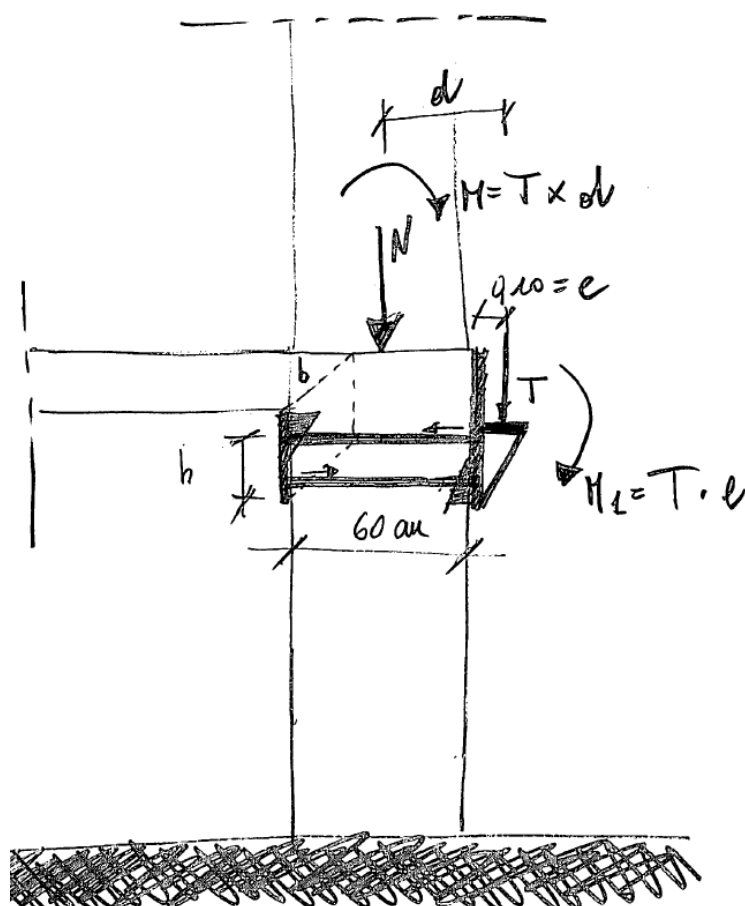
$$\tau_0 = 5.6 \text{ N/cm}^2 / 1.35 = 4.20$$

Poiché la muratura è listata si può applicare il coefficiente amplificativo di tabella C8A.2.2 pari a 1.10

$$f_m = 19,3 \text{ kg/cm}^2 \times 1.10 = 21.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_0 = 0.42 \text{ N/cm}^2 / 1.10 = 0.46 \text{ kg/cm}^2$$

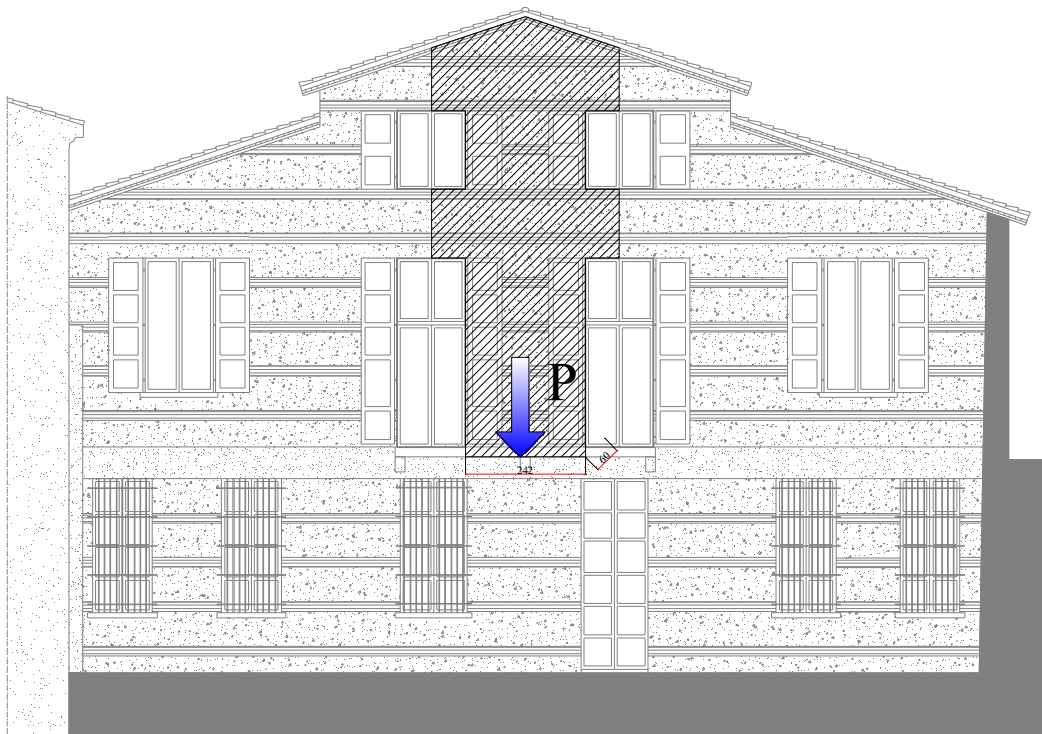
Schema statico



$$M_d = T d = 6200 \text{ kg} \times 0.4 \text{ m} = 2480 \text{ kgm}$$

$N$  = peso muro soprastante

Si trascura a favore di sicurezza il contributo di solai e copertura in quanto agenti sui muri ortogonali



Porzione di muratura insistente sulla sezione in esame

$$A = 25.00 \text{ mq}$$

$$S_p = 0.60 \text{ m}$$

$$\sigma = (2100 \times 0.6 \times 25.00) / (242 \times 60) = 2.15 \text{ kg/cm}^2$$

### Verifica della sezione

$$M_d = T \cdot d = 6200 \text{ kg} \times 0.4 \text{ m} = 2480 \text{ kgm}$$

$$M_r = (l^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) (1 - \sigma_0 / 0.85 f_d)$$

$$\sigma_0 = 2.15 + 6200 / (40 \times 60) = 4.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 60 \text{ cm}$$

$$T = b = 40 \text{ cm}$$

$$f_d = f_m = 19.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 2518 \text{ kgm} > 2480 - \text{verificato}$$

### Verifica a trazione delle barre

$$M_{1d} = 610 \text{ kgm}$$

$$\text{Braccio della coppia approssimato} = 20 \text{ cm}$$

$$T = 61000 / 20 = 3050 \text{ kg}$$

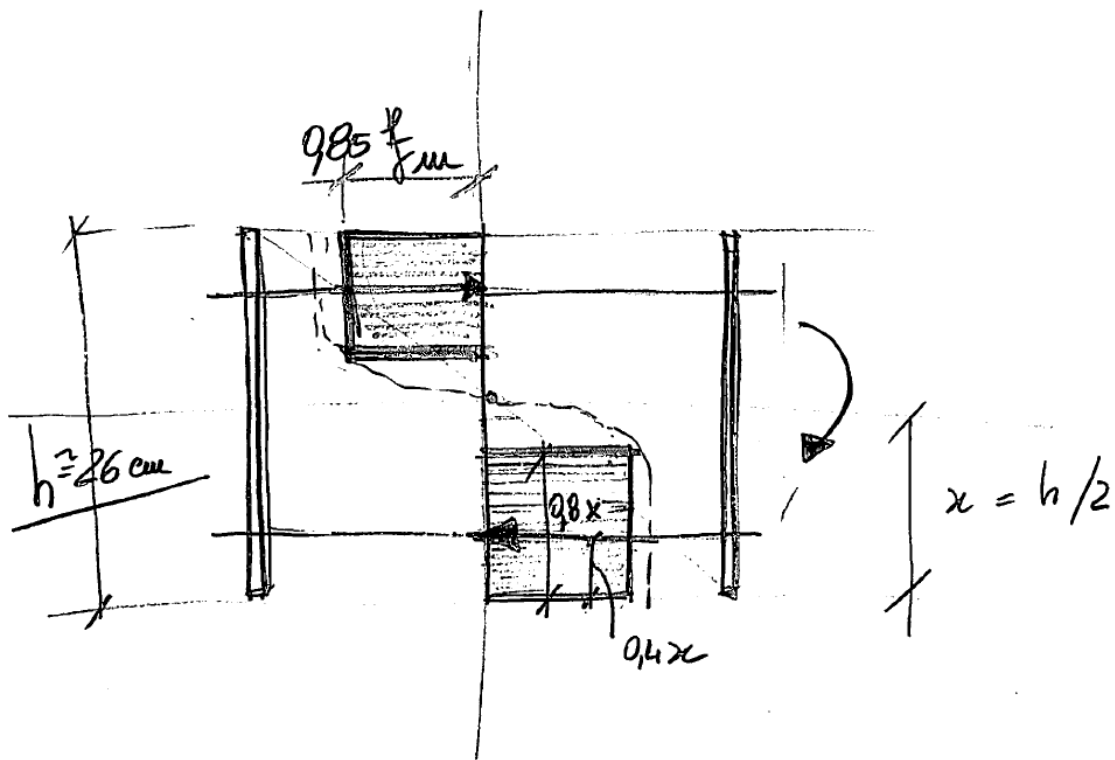
$$\text{Per ogni barra M 16} - T = 1525 \text{ kg}$$

$$T_r = 2.01 \times 6400 / 1.25 = 10291 \text{ kg} - \text{verificato}$$

**Verifica flessionale a rottura della sezione sollecitata fuori dal piano dal momento**

$$M_1 = 610 \text{ kgm}$$

Diagramma di resistenza ultima



Poichè la sezione è sufficientemente armata con barre che rimangono in campo elastico la rottura è governata dalla resistenza della muratura in quanto confinata dalla doppia piastra interna ed esterna. La trazione delle barre viene trasferita in compressione alla muratura attraverso la contro piastra interna.

Ai fini della resistenza si considera il classico diagramma parabola rettangolo dove

$$f_d = 0.85 f_m = 18.20$$

$$x = h/2 = 13 \text{ cm}$$

$$M_u = (0.8 \times 13 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 18.20 \text{ kg/cm}^2) \times (26 - 2 \times 0.4 \times 13) = 7571 \times 15.6 = 118100 \text{ kgcm} - 1181 \text{ kgm}$$

$$S_r = 610 / 1181 = 0.52 < 1 \text{ verificato}$$

### **Verifica assito cm. 4.00 – passerella**

Luce massima di calcolo 0.80 m

Con il legno massello classe C24 si hanno i seguenti valori:

$f_{mk} = 240 \text{ kg/cm}^2$  flessione

$f_{vk} = 25 \text{ kg/cm}^2$  taglio

Interasse d'influenza: 1.00 m

Analisi dei carichi

Peso proprio: 20 kg/mq

Variabile: 500 kg/mq

Schema statico – trave su due appoggi

si considera al fine delle verifiche una classe di servizio 3 e pertanto il coefficiente  $k_{mod}$  assume i seguenti valori:

classe di durata breve:  $k_{mod} = 0.7$

classe di durata permanente:  $k_{mod} = 0.5$

pertanto il valore della resistenza a flessione assume il seguente valore:

$$f_{md} = k_{mod} f_{mk} / \gamma_m = 0.7 * 240 / 1.50 = 112 \text{ kg/cm}^2$$

a favore di sicurezza si trascura l'incremento dovuto alle dimensioni della sezione trasversale (coefficiente  $k_h$ )

$$f_{md} = k_{mod} f_{mk} / \gamma_m = 0.5 * 240 / 1.50 = 80 \text{ kg/cm}^2$$

|                        |          |                   |                 |              |                   |
|------------------------|----------|-------------------|-----------------|--------------|-------------------|
| Assito cm. 4.00        |          |                   |                 |              |                   |
| E                      | 110000   |                   |                 |              |                   |
| B                      | 10       |                   | W               | 26.66667     |                   |
| H                      | 4        |                   | J               | 53.33333     |                   |
| luce di calcolo        |          |                   |                 |              |                   |
| interasse travi        |          |                   |                 |              |                   |
|                        |          |                   |                 |              |                   |
|                        | SLU      | SLE               | caratteristiche | fattorizzate | SLE               |
| carichi portati        |          |                   | 0               | 0            |                   |
| $\gamma G$             | 1.3      | 1                 |                 |              | 0                 |
| pesi propri            |          |                   | 20              | 26           |                   |
| $\gamma G2$            | 1.3      | 1                 |                 |              | 20                |
| carichi variabili      |          |                   | 500             | 750          |                   |
| $\gamma Q$             | 1.5      | 0.3               |                 |              | 150               |
| carico di breve durata |          |                   |                 |              |                   |
| qslu breve =           | 93.12    |                   | q2 =            | 20.4         |                   |
| M 1= $ql^2/8$          |          |                   |                 |              |                   |
|                        | 22.8144  |                   | M2 =            | 4.998        |                   |
| $\sigma 1=$            |          |                   |                 |              |                   |
|                        | 85.554   |                   | $\sigma 2=$     | 18.7425      |                   |
| fmd1 =                 |          |                   |                 |              |                   |
|                        | 112      |                   | fmd 2 =         | 80           |                   |
| coeff di sic.zza       | 0.763875 | <b>verificato</b> | coeff di sic.z  | 0.234281     | <b>verificato</b> |

### Verifica montante del parapetto

#### *Acciaio S275JR*

Il montante principale (interasse 0.90 m) è costituito da tre piatti 50x10 e deve resistere ad un carico distribuito di 200 kg/m (cat. C – scale comuni, balconi, ballatoi) – DM 17/01/2018) applicato sul corrimano di altezza 1.00 m.

$$q_{SLU} = 200 \times 1.5 = 300 \text{ kg/m}$$

Verifica condotta allo stato limite ultimo

$$H = 1.00 \text{ m}$$

$$F_h = (200 \text{ kg/m} \times 1.50) \times 0.90 \text{ m} = 270 \text{ kg}$$

$$M = 270 \times 1.00 \text{ m} = 270 \text{ kgm} = 27000 \text{ kgcm}$$

$$J_x = 31.25 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 12.50 \text{ cmc}$$

$$M_u = W_x \times f_{yk} / \gamma_{M0} = 12.50 \times 2750 / 1.05 = 32700 \text{ kgcm} = 327 \text{ kgm}$$

$$\text{Coeff. di sicurezza} = 270 / 327 = \mathbf{0.83 < 1} \quad \mathbf{\text{verificato}}$$

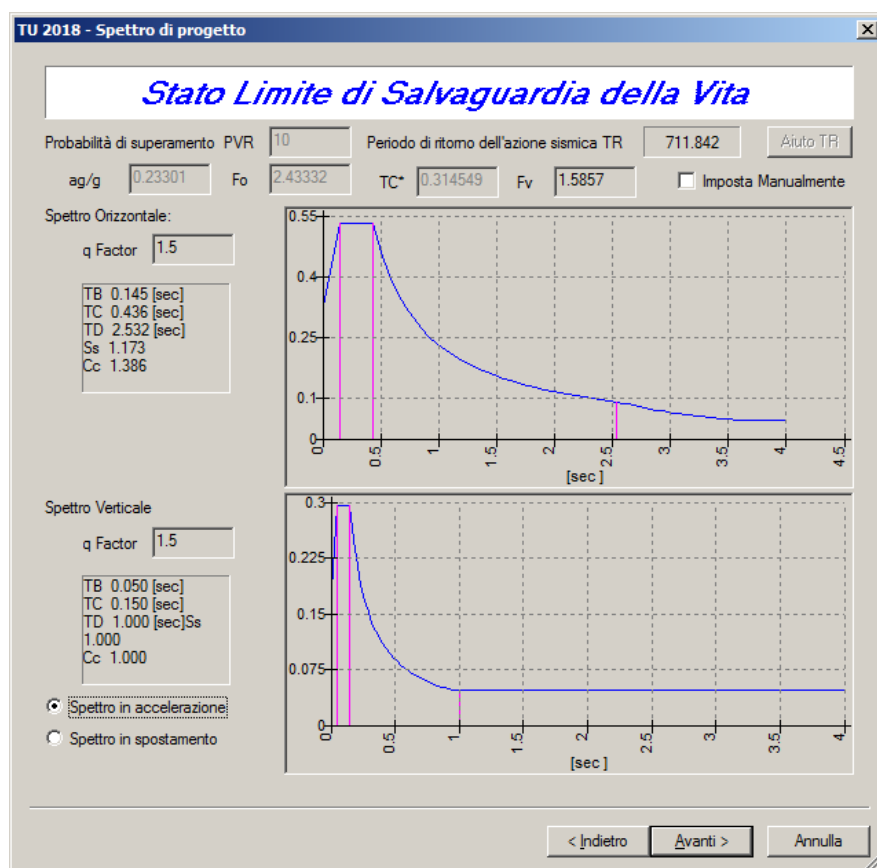
## Dimensionamento del giunto

Le passerelle risultano collegate alla struttura principale in muratura pertanto in corrispondenza dell'appoggio alla trave di fondazione e al corpo tecnico è previsto un appoggio in neoprene con un mgiunto tecnico appositamente dimensionato.

L'altezza di piano a cui è collegata la passerella è circa 4.00 m

### Dimensione minima del giunto – Punto 7.2.1 – NTC2018

$$\delta = 1/100 H^2 a_g S/g = 1/100 * 400 * 2 * 0.23 g * 1.36 / g = 2.50 \text{ cm}$$



Spettro SLU di riferimento.

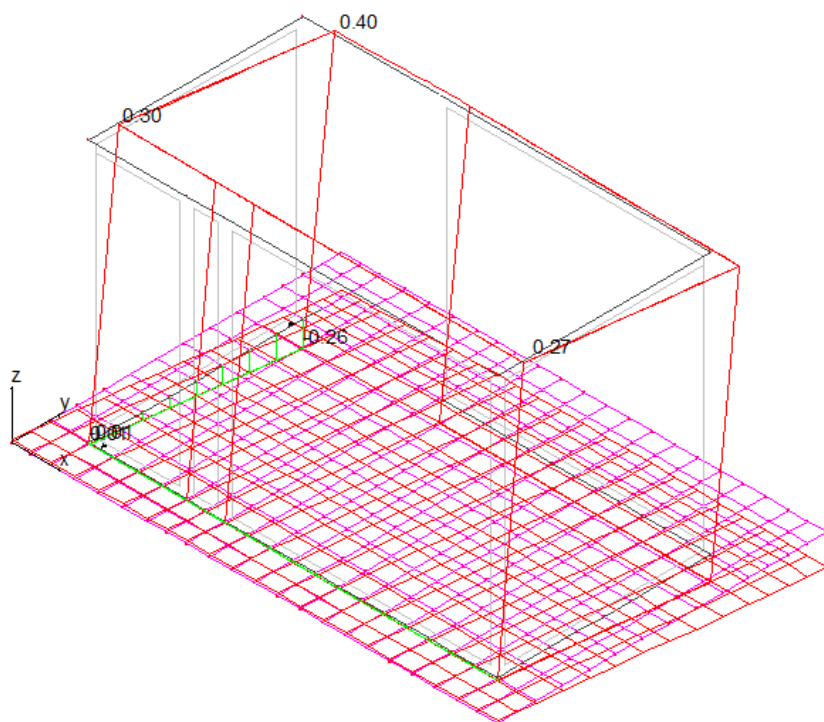
Dimensionamento in funzione degli spostamenti relativi.

Per il fabbricato principale in muratura si applica la formula di paragrafo 7.2.1

$$\delta = 1/100 H a_g S/ g = 1.25 \text{ cm}$$

## Spostamento del corpo tecnico

Lo spostamento massimo combinato in opposizione di fase è pari a: 0.30 cm



Lo spostamento elastico, amplificato ai sensi delle NTC18, par. 7.3.3, è pertanto pari a:

$$\delta = \delta \times \mu_d = 0.30 \times (1 + (q-1)T_c/T_1) = 0.30 \text{ cm} \times (1 + (1.50 - 1) 0.48/0.15) = 0.78 \text{ cm}$$

Dunque sommando i due spostamenti, già amplificati, si ottiene un giunto minimo necessario ad evitare fenomeni di martellamento pari a **0.78 + 1.25 = 2.03 cm**.

**Essendo inferiore al giunto minimo precedentemente calcolato si fa riferimento a quest'ultimo pari a 2.50 cm.**

**A titolo cautelativo è stato previsto nella progettazione un giunto sismico pari a 3.00 cm, dunque superiore al minimo richiesto.**

## Relazione di calcolo Corpo tecnico

La struttura è stata schematizzata con un set di pareti in c.a., area di carico a copertura e platea con una mesh di elementi a 4 nodi su suolo elastico.

In corrispondenza degli appoggi della passerella sono stati inseriti i valori caratteristici delle reazioni vincolari.

Si sono effettuate, a monte del calcolo con elaboratore elettronico, dei semplici calcoli manuali al fine di un dimensionamento della struttura che hanno portato a valori di sollecitazioni simili dei tagli di piano.

Per la definizione dell'azione sismica di riferimento si è adottato il DM 17/01/2018 adottando i seguenti parametri:

Tipo di costruzione: **2** **vita nominale  $\geq 50$  anni**

Periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica: si veda tabulati di calcolo

Classe d'uso: **III** **costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi (si tratta di edificio con funzioni scolastiche)**

Tipo di suolo: **B** si veda relazione geotecnica

Coeff. topografico **T2 = 1.20**

Si specifica, inoltre:

- nell'analisi della struttura allo stato limite ultimo si adottato un coefficiente di struttura  **$q = 1.50$** , calcolato come indicato al punto 7.3.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni – **struttura non dissipativa**

Analisi dei carichi

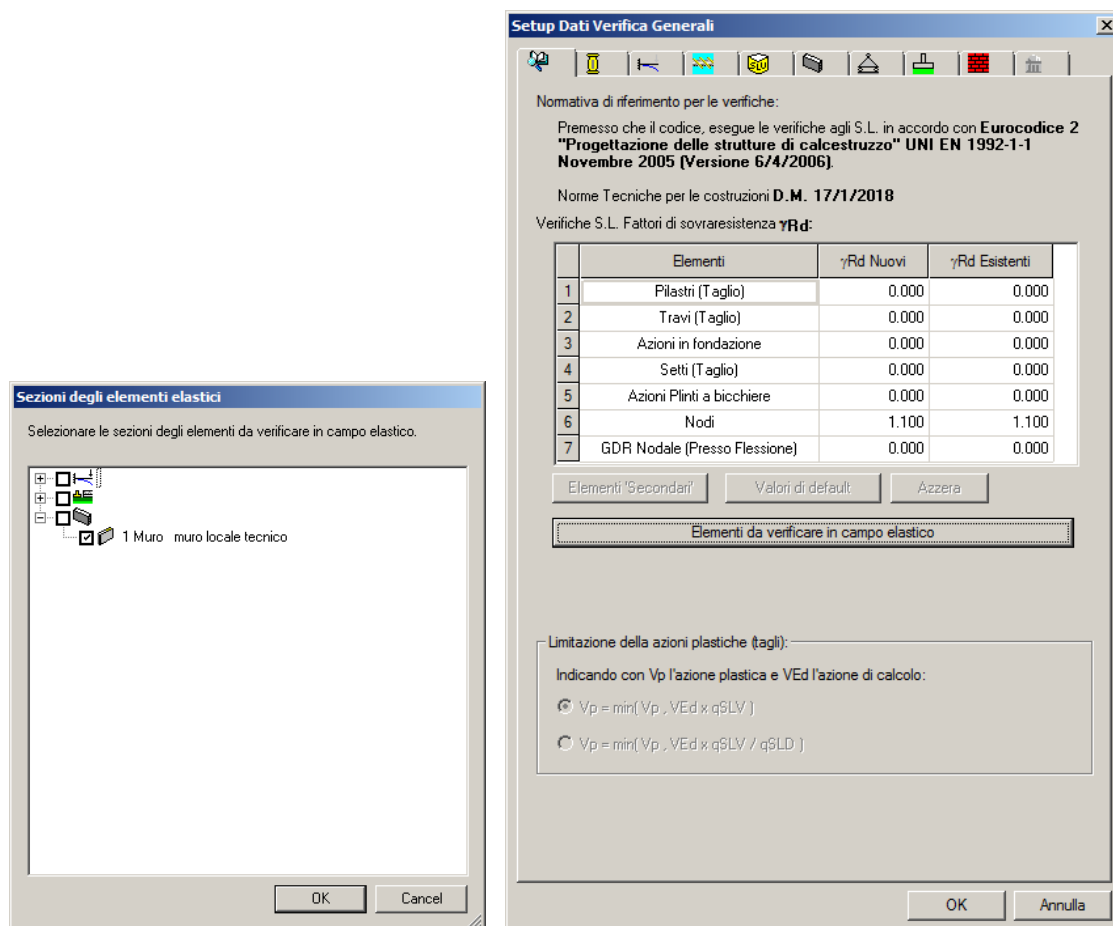
Soletta in c.a. 500 kg/mq

Terreno soprastante 600 kg/mq

Variabile neve 120 kg/mq

## Definizione verifiche

Le verifiche della struttura in elevazione e di fondazione sono state condotte, come prescritto al capitolo 7, per strutture non dissipative, in campo elastico ovvero calcolando la resistenza delle sezioni al raggiungimento della curvatura di prima plasticizzazione (Par. 7.4.4). Nel software è possibile impostare la verifica campo elastico mediante la seguente finestra di input:



Si specifica inoltre che il programma di calcolo confronta la azioni derivanti dal calcolo con  $\gamma_{RD} = 1.10$  e quelle relative alle resistenze a flessione degli elementi, calcolate per N, forza assiale, relativa alle combinazioni di cui al 2.5.3, prendendo in considerazione per le verifiche quelle minori.

Le verifiche della platea sono state condotte imponendo che la deformazione dell'acciaio allo stato limite ultimo sia pari a quella di snervamento come desumibile dalle seguenti finestre di input.

**Materiali Lastre - Concrete Properties**

Caratteristiche Generali  
 Calcestruzzo: Altro tipo di Calcestruzzo  
 Identificativo: C 25/30-elastico  
 Rbk: 300 [kg/cm²]

Verifiche agli Stati Limite Ultimi  
 fck = Rbk x 0.833333 = 250 [kg/cm²]  
 z Cls: 1.5 Fattore di Conferenza  
 fcdMax = fck / (γ F.C.) = 166.7 [kg/cm²]  
 γcc Cls: 0.85 fcd: 141.7 [kg/cm²]  
 Deformazione alla Tensione di Picco fct: ec1 (0.002 = 0.2%) 0.002  
 Deformazione di Compressione Ultima ecu (0.0035 = 0.35%) 0.002  
 fctm: 25.6 [kg/cm²] fctk/0.05: 18 [kg/cm²]  
 Resistenza unitaria a Taglio di Rf: tau.rd: 3 [kg/cm²]  
 Tensione di aderenza Barre Lucide: 12 [kg/cm²]  
 Tensione di aderenza Barre Nervate: 26.9321 [kg/cm²]

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

| Combinazioni di Carico | Fattore Parziale di Sicurezza | Tensione Max [kg/cm²] |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1. Rare                | 0.600                         | 150.0                 |
| 2. Frequenti           | 0.450                         | 112.5                 |
| 3. Quasi permanenti    | 0.450                         | 112.5                 |

**Materiali Lastre - Steel Properties**

Caratteristiche Generali  
 Acciaio: Altro tipo di Acciaio  
 Commento: S 450 C - elastico  
 E: 2.1e+06 [kg/cm²]

Verifiche agli Stati Limite Ultimi  
 Tensione Caratteristica di Snervamento fyk: 4500 [kg/cm²]  
 Fattore Parziale di Sicurezza (Gamma): 1.15  
 Fattore di Conferenza  
 Resistenza di Calcolo fyd: 3913.0 [kg/cm²]  
 Deformazione al Limite Elastico [eu1 = fyd / E]: 0.0018633  
 Deformazione a rottura di progetto [eu2]: 0.002

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

| Combinazioni di Carico | Fattore Parziale di Sicurezza | Tensione Max [kg/cm²] |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1. Rare                | 0.800                         | 3600.0                |
| 2. Frequenti           | 0.800                         | 3600.0                |
| 3. Quasi permanenti    | 0.800                         | 3600.0                |

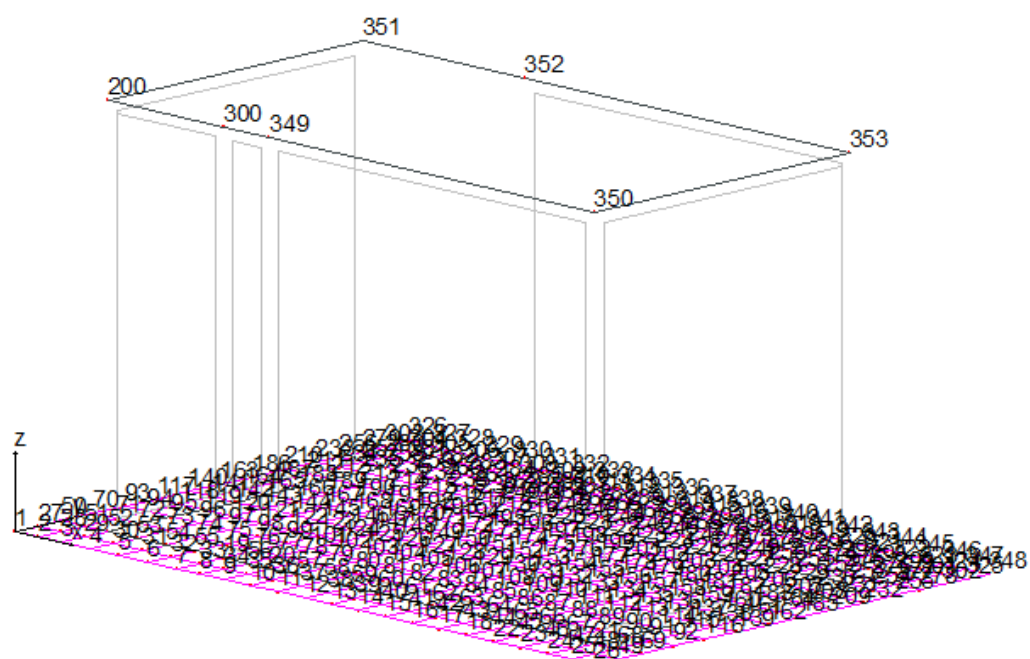
Verifiche alle Tensioni Ammissibili  
 Tensione Ammissibile: 2600 [kg/cm²]

Ogni elemento strutturale è stato verificato relativamente agli STATI LIMITE ULTIMI (combinazione fondamentale e sismiche) e STATI LIMITE DI ESERCIZIO (tensioni, fessurazioni e controllo della deformabilità). La fessurazione, in particolare è controllata dal programma di calcolo senza calcolo diretto.

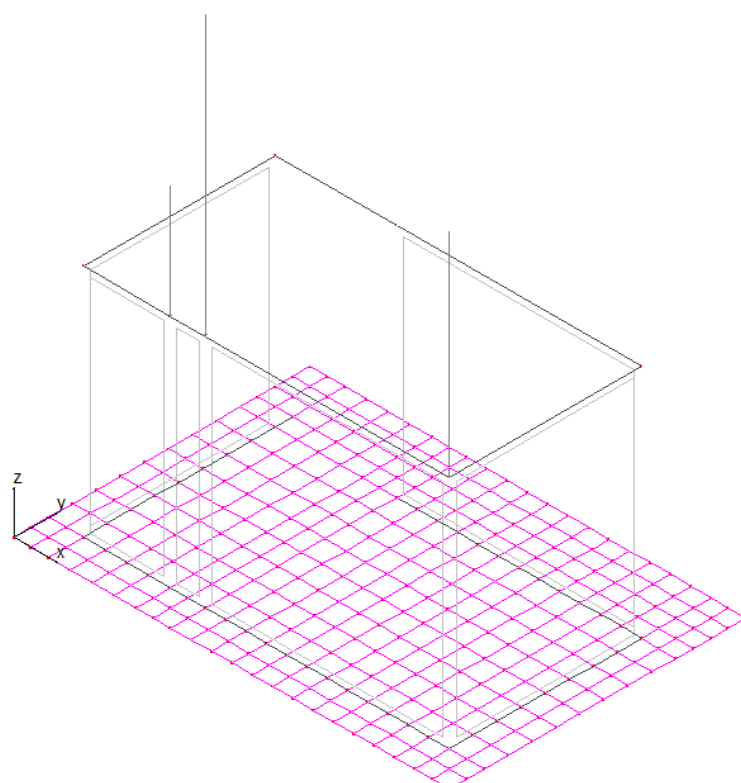
Si specifica che nelle verifiche si è considerato un copriferro di 2 cm dato da ambiente ordinario 20 mm ( $C_{min} < C < C_0$ ) in quanto contro-terra il cls risulta protetto.

Poiché la struttura non presenta elementi con luci elevate, non si è considerata la tolleranza di esecuzione e si provvederà in fase di esecuzione a raffittire i distanziatori per garantire il corretto copriferro.

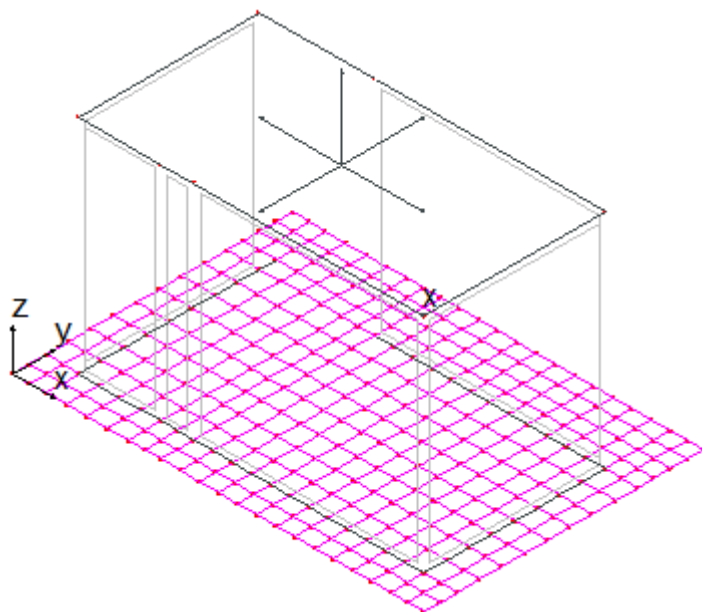
## Schemi statici



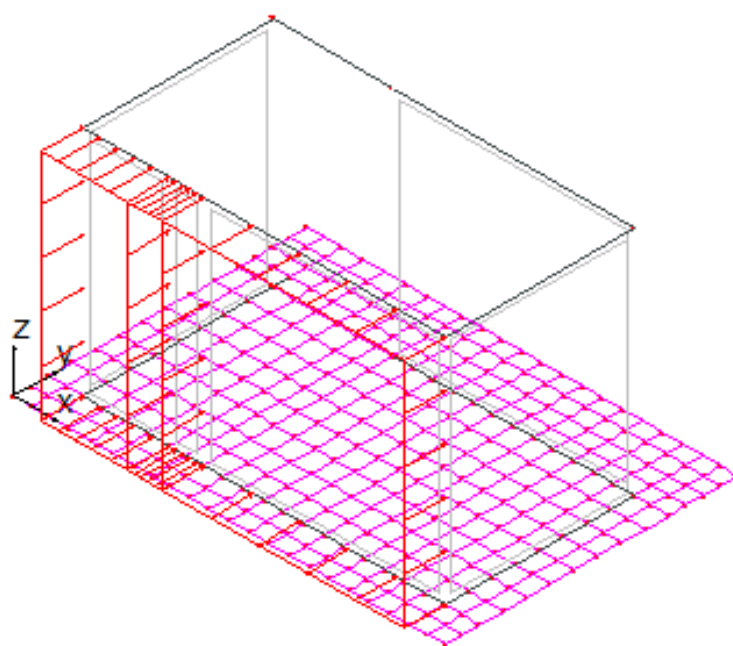
## Schema modello



## Reazioni vincolari passerella



Area di carico



Spinta del terreno

## **En.Ex.Sys. WinStrand**

### Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

**En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastri).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

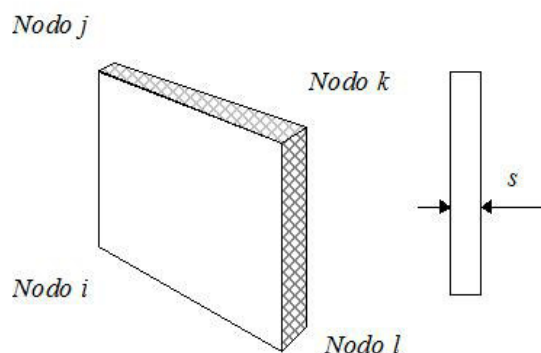
Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione  $LDL^T$ .
- Analisi Statica:
  - - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
    - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante *subspace iteration* oppure tramite il *metodo dei vettori di Ritz*):
  - - Via statica equivalente.
    - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

## Elementi setto

### Convenzioni adottate

L'elemento setto viene identificato mediante i quattro nodi (i, j, k, l) di bordo.



Numerazione dei nodi cui fa capo l'elemento

Caratteristiche dei Materiali:

| Tipo | Modulo Elastico<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\nu$ | alfa<br>[1/°C] | Peso Specifico<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Commento     |
|------|--|-------|----------------|--|--------------|
| 1    | 300000.0                                 | 0.120 | 0.000012       | 2500.0                                 | Calcestruzzo |
| 2    | 2100000.0                                | 0.330 | 0.000012       | 7850.0                                 | Acciaio      |

Sezioni Impiegate:

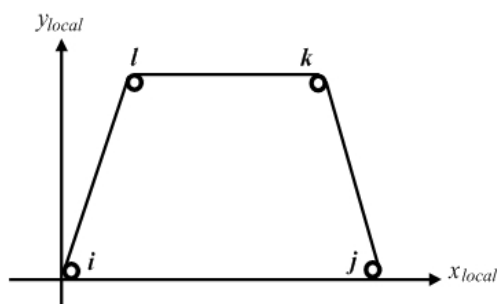
| Sezione | Materiale | Tipo di Sezione | Parametri Dimensionali<br>Commenti |
|---------|-----------|-----------------|------------------------------------|
| 1       | 1         | Muro            | s= 20 [cm] muro locale tecnico     |

## Elementi a 4 nodi

### Convenzioni adottate

L'elemento a 4 nodi è individuato tramite il numero dei quattro nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse  $x_{locale}$  ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi **i** e **j**, è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da **i** a **j**.
- L'asse  $y_{locale}$  è ortogonale all'asse  $x_{locale}$ , passa per il nodo **i** ed ha verso positivo dalla parte del nodo **l**.
- L'asse  $z_{locale}$  è ottenuto per prodotto vettoriale fra  $x_{locale}$  e  $y_{locale}$ .

Caratteristiche dei Materiali:

| Tipo | Modulo Elastico<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\nu$ | alfa<br>[1/°C] | Peso Specifico<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Commento     |
|------|--|-------|----------------|--|--------------|
| 1    | 300000.0                                 | 0.120 | 0.000012       | 2500.0                                 | Calcestruzzo |
| 2    | 2100000.0                                | 0.330 | 0.000012       | 7850.0                                 | Acciaio      |

Caratteristiche dei Terreni di Fondazione:

| Tipo | Costante di Sottofondo<br>[kg/cm <sup>3</sup> ] | Commento |
|------|---|----------|
| 1    | 2.0   | Default  |

Sezioni Impiegate:

| Sezione | Materiale | Tipo di Sezione | Parametri Dimensionali<br>Commenti               |
|---------|-----------|-----------------|--|
| 1       | 1         | Mesh platea     | s= 20 [cm] Terreno numero 1 Default platea 20 cm |

**Condizioni e combinazioni di carico**

### Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura  $n$  condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in  $m$  direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad  $n + m$  condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le  $n + m$  condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione  $i$ -esima secondo i fattori di partecipazione

nel seguito riportati. N.B.: se la condizione *j-esima* ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione *i-esima*.

- Le prime *n* condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da *n+1* a *n+m*.

Condizioni di carico definite:

| Condizione |                             |
|------------|-----------------------------|
| 1          | soletta                     |
| 2          | terreno                     |
| 3          | peso proprio                |
| 4          | Neve                        |
| 5          | passerella rara             |
| 6          | passerella quasi permanente |
| 7          | Sisma 0+SLU                 |
| 8          | Sisma 0-SLU                 |
| 9          | Sisma 90+SLU                |
| 10         | Sisma 90-SLU                |
| 11         | Sisma 180+SLU               |
| 12         | Sisma 180-SLU               |
| 13         | Sisma 270+SLU               |
| 14         | Sisma 270-SLU               |

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

| Combinazione di carico numero |     |     |     |      |      |                |
|-------------------------------|-----|-----|-----|------|------|----------------|
|                               |     |     |     |      | 1    | SLU passerella |
|                               |     |     |     |      | 2    | SLU NEVE       |
| Comb.\Cond                    | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6              |
| 1                             | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.5  | 1.3            |
| 2                             | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.75 | 1.05 | 1.3            |

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

| Combinazione di carico numero |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| 3                             | Sisma 0+ / 90+    |
| 4                             | Sisma 0+ / 270+   |
| 5                             | Sisma 0- / 90-    |
| 6                             | Sisma 0- / 270-   |
| 7                             | Sisma 90+ / 0+    |
| 8                             | Sisma 90+ / 180+  |
| 9                             | Sisma 90- / 0-    |
| 10                            | Sisma 90- / 180-  |
| 11                            | Sisma 180+ / 90+  |
| 12                            | Sisma 180+ / 270+ |

| Combinazione di carico numero |   |   |   |   |     |     |     |     |                   |     |     |     |  |
|-------------------------------|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|--|
| 13                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 180- / 90-  |     |     |     |  |
| 14                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 180- / 270- |     |     |     |  |
| 15                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 270+ / 0+   |     |     |     |  |
| 16                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 270+ / 180+ |     |     |     |  |
| 17                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 270- / 0-   |     |     |     |  |
| 18                            |   |   |   |   |     |     |     |     | Sisma 270- / 180- |     |     |     |  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 6 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11                | 12  | 13  | 14  |  |
| 3                             | 1 | 1 | 1 | 1 | 1   |     | 0.3 |     |                   |     |     |     |  |
| 4                             | 1 | 1 | 1 | 1 | 1   |     |     |     |                   |     | 0.3 |     |  |
| 5                             | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 1   |     | 0.3 |                   |     |     |     |  |
| 6                             | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 1   |     |     |                   |     |     | 0.3 |  |
| 7                             | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 |     | 1   |     |                   |     |     |     |  |
| 8                             | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     | 1   |     | 0.3               |     |     |     |  |
| 9                             | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 0.3 |     | 1   |                   |     |     |     |  |
| 10                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     | 1   |                   | 0.3 |     |     |  |
| 11                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     | 0.3 |     | 1                 |     |     |     |  |
| 12                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     | 1                 |     | 0.3 |     |  |
| 13                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     | 0.3 |                   | 1   |     |     |  |
| 14                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     |                   | 1   |     | 0.3 |  |
| 15                            | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3 |     |     |     |                   |     | 1   |     |  |
| 16                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     | 0.3               |     | 1   |     |  |
| 17                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     | 0.3 |     |     |                   |     |     | 1   |  |
| 18                            | 1 | 1 | 1 | 1 |     |     |     |     |                   | 0.3 |     | 1   |  |

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |     |            |  |
|-------------------------------|---|---|---|-----|------------|--|
| 19                            |   |   |   |     | rara folla |  |
| 20                            |   |   |   |     | rara neve  |  |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 4   | 5          |  |
| 19                            | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1          |  |
| 20                            | 1 | 1 | 1 | 1   | 0.5        |  |

Combinazioni FREQUENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |            |   |
|-------------------------------|---|---|---|------------|---|
| 21                            |   |   |   | freq folla |   |
| 22                            |   |   |   | freq neve  |   |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 4          | 6 |
| 21                            | 1 | 1 | 1 |            | 1 |
| 22                            | 1 | 1 | 1 | 0.2        | 1 |

Combinazioni QUASI PERMANENTI Stati Limite di Esercizio

| Combinazione di carico numero |   |   |   |   |    |
|-------------------------------|---|---|---|---|----|
| 23                            |   |   |   |   | qp |
| Comb.\Cond                    | 1 | 2 | 3 | 6 |    |
| 23                            | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  |

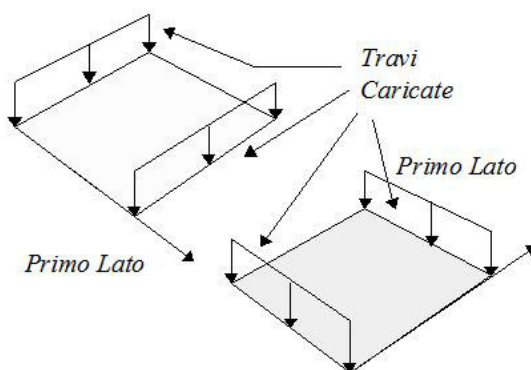
## Dati relativi alle aree di carico

### Convenzioni adottate

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superficie contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie.

È importante rilevare che **la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.**



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

Globale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

Globale Proiettato

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

| Area di Carico Numero |      |            |                     |             | Commento                                 |  |  |
|-----------------------|------|------------|---------------------|-------------|--|--|--|
| 1                     |      |            |                     |             | locale tecnico                           |  |  |
| Tipo                  | Alfa | Condizione | Carico<br>Trasmesso | Riferimento | qx<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qx<br>[kg] | qy<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qy<br>[kg] | qz<br>[kg/m <sup>2</sup> ]<br>Qz<br>[kg] |
| 1                     | 0.00 | 1          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 500.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 2          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 600.0                                    |
| 1                     | 0.00 | 4          | Alle Travi          | Globale     | 0.0                                      | 0.0                                      | 130.0                                    |

## Analisi dinamica

### Convenzioni adottate

Nella presente versione del programma **WinStrand** l'analisi in campo dinamico della struttura può essere condotta per via *statica equivalente* ovvero per via *modale* facendo uso, per il calcolo della risposta, dello spettro di pseudo accelerazioni fornito dal regolamento italiano.

Dati generali relativi all'analisi dinamica

Spettro in accordo con TU 2018

- Via Aldruda Frangipane, 6, 47032 Bertinoro FC, Italia Longitudine 12.1325 Latitudine 44.1486
- Tipo di Terreno B
- Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T$ ) 1.2000
- Vita nominale della costruzione ( $V_N$ ) 50.0 anni
- Classe d'uso III coefficiente  $C_U$  1.5
- Classe di duttilità impostata Non Dissipativa
- Fattore di duttilità  $\alpha_u/\alpha_1$  per sisma orizzontale 1.00
- Fattore riduttivo regolarità in altezza  $K_R$  1.00
- Fattore riduttivo per la presenza di setti  $K_W$  1.00

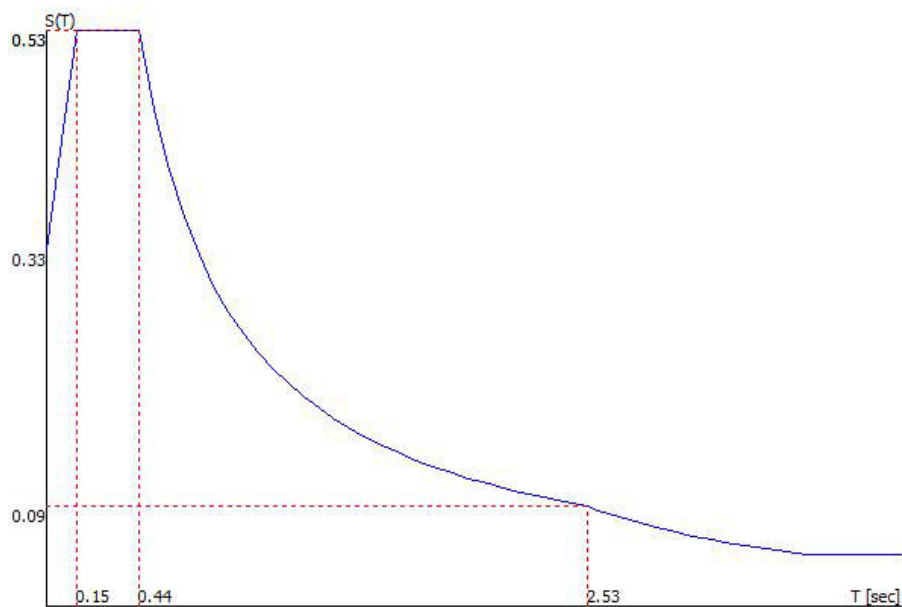
| Stato<br>Limite | C<br>$q_o = C \alpha_u/\alpha_1$ | $q_H$ |
|-----------------|----------------------------------|-------|
| SLV             | 1.50                             | 1.50  |

- Smorzamento Viscoso (  $0.05 = 5\%$  ) 0.05

TU 2018 SLV H

- Probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) 10.0 e periodo di ritorno ( $T_R$ ) 712 (anni)
- $S_s$  1.173
- $T_B$  0.15 [sec]
- $T_C$  0.44 [sec]
- $T_D$  2.53 [sec]
- $a_g/g$  0.2330
- $F_o$  2.4333
- $T_C^*$  0.3145

TU 2018 SLV H



Fattori di partecipazione per il calcolo delle masse

Cond. Carico 1 soletta 1.0000

Cond. Carico 2 terreno 1.0000

Cond. Carico 3 peso proprio 1.0000

Cond. Carico 4 Neve 0.0000

Cond. Carico 5 passerella rara 0.0000

Cond. Carico 6 passerella quasi permanente 1.0000

Angoli d'ingresso del Sisma

- SLV Direzione 1 Angolo in pianta 0.00 [°]
- SLV Direzione 2 Angolo in pianta 0.00 [°]
- SLV Direzione 3 Angolo in pianta 90.00 [°]

- SLV Direzione 4 Angolo in pianta 90.00 [°]
- SLV Direzione 5 Angolo in pianta 180.00 [°]
- SLV Direzione 6 Angolo in pianta 180.00 [°]
- SLV Direzione 7 Angolo in pianta 270.00 [°]
- SLV Direzione 8 Angolo in pianta 270.00 [°]

| Solaio | x<br>[m] | y<br>[m] | z<br>[m] | Massa<br>[UTM] | Jpolare<br>[UTM m²] |
|--------|----------|----------|----------|----------------|---------------------|
| 1      | -2.02    | -5.34    | 2.70     | 2883.2         | 7135.5              |

Rigidezze traslanti dei solai.

| Solaio | Kxx<br>[kg/m] | Kyy<br>[kg/m] | Kxy<br>[kg/m] | Kxt<br>[kgm] | Kyt<br>[kgm] |
|--------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 1      | 1.1e+07       | 5.3e+06       | -3.9e+04      | 1.5e+07      | 8.3e+06      |

Primi autovalori e modi di vibrare della struttura.

| Modo | Autovalore  | Frequenza<br>[rad/sec] | Periodo<br>[sec] | Coefficiente<br>Risposta |
|------|-------------|------------------------|------------------|--------------------------|
| 1    | 1.78632e+03 | 42.265                 | 0.15             | 0.5322                   |
| 2    | 3.80522e+03 | 61.686                 | 0.10             | 0.4711                   |
| 3    | 8.56783e+04 | 292.708                | 0.02             | 0.3582                   |

Direzione di Ingresso del Sisma 1 Angolo 0.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)      | Li / L1 | Emi=Li²/Mi  | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|-------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 2    | 5.36036e+01 | 100.0   | 2.87334e+03 | 99.7      | 99.7          |
| 1    | 2.27866e+00 | 4.3     | 5.19228e+00 | 0.2       | 99.8          |
| 3    | 2.16898e+00 | 4.0     | 4.70447e+00 | 0.2       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 0.00

|        |        |
|--------|--------|
| Totale | 2265.1 |
|--------|--------|

Direzione di Ingresso del Sisma 1 Angolo 0.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx<br>[kg] | Fy<br>[kg] | Mt<br>[kgm] | Fx Ris.<br>[kg] | Fy Ris.<br>[kg] | Mt Ris.<br>[kgm] |
|-----------------------------|------|------------|------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1                           | 2    | 13278.4    | -576.5     | -824.9      |                 |                 |                  |
|                             | 1    | 27.1       | 638.0      | -23.7       |                 |                 |                  |
|                             | 3    | 16.5       | 8.9        | 643.1       |                 |                 |                  |
| Per Via Statica Equivalente |      |            |            |             | 13324.2         | 0.0             | 19945.0          |
| Per Via Modale              |      |            |            |             | 13280.2         | 832.3           | -1046.1          |
| Variazione                  |      |            |            |             | -43.9           | 832.3           | -20991.0         |

Direzione di Ingresso del Sisma 2 Angolo 0.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)      | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|-------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 2    | 5.36036e+01 | 100.0   | 2.87334e+03 | 99.7      | 99.7          |
| 1    | 2.27866e+00 | 4.3     | 5.19228e+00 | 0.2       | 99.8          |
| 3    | 2.16898e+00 | 4.0     | 4.70447e+00 | 0.2       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 0.00

|        |         |
|--------|---------|
| Totali | -2265.1 |
|--------|---------|

Direzione di Ingresso del Sisma 2 Angolo 0.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg] | Fy [kg] | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|---------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 2    | 13278.4 | -576.5  | -824.9   |              |              |               |
|                             | 1    | 27.1    | 638.0   | -23.7    |              |              |               |
|                             | 3    | 16.5    | 8.9     | 643.1    |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |         |         |          | 13324.2      | 0.0          | 15414.7       |
| Per Via Modale              |      |         |         |          | 13280.2      | 832.3        | -1046.1       |
| Variazione                  |      |         |         |          | -43.9        | 832.3        | -16460.8      |

Direzione di Ingresso del Sisma 3 Angolo 90.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 1    | 5.36326e+01  | 100.0   | 2.87645e+03 | 99.8      | 99.8          |
| 2    | -2.32731e+00 | 4.3     | 5.41636e+00 | 0.2       | 100.0         |
| 3    | 1.17221e+00  | 2.2     | 1.37408e+00 | 0.0       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 90.00

|        |        |
|--------|--------|
| Totali | 3762.9 |
|--------|--------|

Direzione di Ingresso del Sisma 3 Angolo 90.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg] | Fy [kg] | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|---------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 1    | 638.0   | 15016.3 | -556.8   |              |              |               |
|                             | 2    | -576.5  | 25.0    | 35.8     |              |              |               |
|                             | 3    | 8.9     | 4.8     | 347.6    |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |         |         |          | -0.0         | 15051.8      | -27624.4      |
| Per Via Modale              |      |         |         |          | 832.3        | 15017.9      | -655.1        |
| Variazione                  |      |         |         |          | 832.3        | -33.8        | 26969.3       |

Direzione di Ingresso del Sisma 4 Angolo 90.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 1    | 5.36326e+01  | 100.0   | 2.87645e+03 | 99.8      | 99.8          |
| 2    | -2.32731e+00 | 4.3     | 5.41636e+00 | 0.2       | 100.0         |
| 3    | 1.17221e+00  | 2.2     | 1.37408e+00 | 0.0       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 90.00

|        |         |
|--------|---------|
| Totali | -3762.9 |
|--------|---------|

Direzione di Ingresso del Sisma 4 Angolo 90.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg] | Fy [kg] | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|---------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 1    | 638.0   | 15016.3 | -556.8   |              |              |               |
|                             | 2    | -576.5  | 25.0    | 35.8     |              |              |               |
|                             | 3    | 8.9     | 4.8     | 347.6    |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |         |         |          | -0.0         | 15051.8      | -20098.5      |
| Per Via Modale              |      |         |         |          | 832.3        | 15017.9      | -655.1        |
| Variazione                  |      |         |         |          | 832.3        | -33.8        | 19443.4       |

Direzione di Ingresso del Sisma 5 Angolo 180.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 2    | -5.36036e+01 | 100.0   | 2.87334e+03 | 99.7      | 99.7          |
| 1    | -2.27863e+00 | 4.3     | 5.19217e+00 | 0.2       | 99.8          |
| 3    | -2.16898e+00 | 4.0     | 4.70446e+00 | 0.2       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 180.00

|        |        |
|--------|--------|
| Totali | 2265.1 |
|--------|--------|

Direzione di Ingresso del Sisma 5 Angolo 180.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg]  | Fy [kg] | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|----------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 2    | -13278.4 | 576.5   | 824.9    |              |              |               |
|                             | 1    | -27.1    | -638.0  | 23.7     |              |              |               |
|                             | 3    | -16.5    | -8.9    | -643.1   |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |          |         |          | -13324.2     | -0.0         | -19945.0      |
| Per Via Modale              |      |          |         |          | -13280.2     | -832.3       | 1046.1        |
| Variazione                  |      |          |         |          | 43.9         | -832.3       | 20991.0       |

Direzione di Ingresso del Sisma 6 Angolo 180.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 2    | -5.36036e+01 | 100.0   | 2.87334e+03 | 99.7      | 99.7          |
| 1    | -2.27863e+00 | 4.3     | 5.19217e+00 | 0.2       | 99.8          |
| 3    | -2.16898e+00 | 4.0     | 4.70446e+00 | 0.2       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 180.00

|        |         |
|--------|---------|
| Totali | -2265.1 |
|--------|---------|

Direzione di Ingresso del Sisma 6 Angolo 180.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg]  | Fy [kg] | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|----------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 2    | -13278.4 | 576.5   | 824.9    |              |              |               |
|                             | 1    | -27.1    | -638.0  | 23.7     |              |              |               |
|                             | 3    | -16.5    | -8.9    | -643.1   |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |          |         |          | -13324.2     | -0.0         | -15414.7      |
| Per Via Modale              |      |          |         |          | -13280.2     | -832.3       | 1046.1        |
| Variazione                  |      |          |         |          | 43.9         | -832.3       | 16460.8       |

Direzione di Ingresso del Sisma 7 Angolo 270.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 1    | -5.36326e+01 | 100.0   | 2.87645e+03 | 99.8      | 99.8          |
| 2    | 2.32728e+00  | 4.3     | 5.41625e+00 | 0.2       | 100.0         |
| 3    | -1.17221e+00 | 2.2     | 1.37409e+00 | 0.0       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 270.00

|        |        |
|--------|--------|
| Totali | 3762.9 |
|--------|--------|

Direzione di Ingresso del Sisma 7 Angolo 270.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx [kg] | Fy [kg]  | Mt [kgm] | Fx Ris. [kg] | Fy Ris. [kg] | Mt Ris. [kgm] |
|-----------------------------|------|---------|----------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1                           | 1    | -638.0  | -15016.3 | 556.8    |              |              |               |
|                             | 2    | 576.5   | -25.0    | -35.8    |              |              |               |
|                             | 3    | -8.9    | -4.8     | -347.6   |              |              |               |
| Per Via Statica Equivalente |      |         |          |          | 0.0          | -15051.8     | 27624.4       |
| Per Via Modale              |      |         |          |          | -832.3       | -15017.9     | 655.1         |
| Variazione                  |      |         |          |          | -832.3       | 33.8         | -26969.3      |

Direzione di Ingresso del Sisma 8 Angolo 270.00

Coefficienti di partecipazione e masse modali efficaci per i vari modi di vibrare:

| Modo | Li(gi)       | Li / L1 | Emi=Li^2/Mi | Emi/EmTot | Sum.Emi/EmTot |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 1    | -5.36326e+01 | 100.0   | 2.87645e+03 | 99.8      | 99.8          |
| 2    | 2.32728e+00  | 4.3     | 5.41625e+00 | 0.2       | 100.0         |
| 3    | -1.17221e+00 | 2.2     | 1.37409e+00 | 0.0       | 100.0         |

Azioni Torcenti di Piano Addizionali Direzione d'ingresso 270.00

|        |         |
|--------|---------|
| Totali | -3762.9 |
|--------|---------|

Direzione di Ingresso del Sisma 8 Angolo 270.00 [°]

| Solaio                      | Modo | Fx<br>[kg] | Fy<br>[kg] | Mt<br>[kgm] | Fx Ris.<br>[kg] | Fy Ris.<br>[kg] | Mt Ris.<br>[kgm] |
|-----------------------------|------|------------|------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1                           | 1    | -638.0     | -15016.3   | 556.8       |                 |                 |                  |
|                             | 2    | 576.5      | -25.0      | -35.8       |                 |                 |                  |
|                             | 3    | -8.9       | -4.8       | -347.6      |                 |                 |                  |
| Per Via Statica Equivalente |      |            |            |             | 0.0             | -15051.8        | 20098.5          |
| Per Via Modale              |      |            |            |             | -832.3          | -15017.9        | 655.1            |
| Variazione                  |      |            |            |             | -832.3          | 33.8            | -19443.4         |

## Verifiche setti in c.a.

### Modalità di verifica

Le pareti in c.a. vengono verificate come setti/diaframmi o nuclei.

La verifica dei setti/diaframmi viene condotta a pressoflessione retta e a taglio. Viene calcolato lo sforzo normale medio agente sul setto e il momento ad esso associato. Quando previsto, sono introdotti ferri verticali aggiuntivi da disporsi sulle estremità del setto stesso.

La verifica dei nuclei viene condotta a pressoflessione deviata sulla sezione complessiva e a taglio sulle singole pareti costituenti il nucleo.

Sezioni Impiegate:

| Sez. Num. | Info                           | Dimensioni | Criterio | Calcestruzzo | $\gamma_M$ | F.C. | $f_{ck}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $f_{cd}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{RARE}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{FREQ}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{QP}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] |
|-----------|--------------------------------|------------|----------|--------------|------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| 1         | Muro muro<br>locale<br>tecnico | s 20 [cm]  | Verset   | C25/30       | 1.50       | 1.00 | 250.0                             | 141.7                             | 150.0                                    | 112.5                                    | 112.5                                  |

| Acciaio | $\gamma_M$ | F.C. | $f_{yk}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{yRARE}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{yFREQ}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{yQP}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | Copriferro<br>[cm] | cotg $\theta$ |
|---------|------------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|--------------------|---------------|
| B 450 C | 1.15       | 1.00 | 4500.0                            | 3913.0                            | 3600.0                                    | 3600.0                                    | 3600.0                                  | 2.00               | 1.00          |

Taglio di progetto pari al taglio di calcolo in quanto struttura non dissipativa.

$$V_{Rdc} = 0.90 l_w b_w \alpha_c v f_{cd} (\cotg(\alpha) + \cotg(\theta)) / (1 + \cotg(\theta)^2)$$

NUCLEO 20 21 19 52 / Nodi: 20 21 19 52

### Armature Nucleo

| Nodi    | Sezione<br>Numero | B<br>[cm] | H<br>[cm]               | Spessore<br>[cm]         | Armatura<br>Verticale                  | Armatura<br>Orizzontale  |         |      |
|---------|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|--|--------------------------|---------|------|
| 20 21   | 1                 | 280       | 270                     | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' | 2x ø 8 15'               |         |      |
| 19 20   | 1                 | 40        | 270                     | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' | 2x ø 8 15'               |         |      |
| 52 19   | 1                 | 100       | 270                     | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' | 2x ø 8 15'               |         |      |
| Sezione |                   | Comb.     | N <sub>Ed</sub><br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] |  | M <sub>13</sub><br>[kgm] | Sd/Sr   |      |
| Base    |                   | 3         | -12703.0                |                          |  | -0.0                     | 16904.7 | 0.02 |
| Sommità |                   | 1         | -20110.8                |                          |  | -0.0                     | 443.8   | 0.01 |

| S.L.E.              | Combinazione | N [kg]   | $M_{12}$ [kgm] | $M_{13}$ [kgm] | $\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ] |
|---------------------|--------------|----------|----------------|----------------|--------------------------------|
| Base                |              |          |                |                |                                |
| $\sigma_{Cl,s,Max}$ | 22           | -14478.5 | -0.0           | 1964.0         | -1.9                           |
| $\sigma_{Cl,s,Med}$ | 22           | -14478.5 | -0.0           | 1964.0         | -1.6                           |
| $\sigma_{s,t}$      | 21           | -14401.9 | -0.0           | 1952.3         | -19.4                          |
| $\sigma_{s,c}$      | 19           | -16790.7 | -0.0           | 2011.2         | -32.3                          |
| Sommità             |              |          |                |                |                                |
| $\sigma_{Cl,s,Max}$ | 22           | -8808.5  | -0.0           | 358.5          | -1.0                           |
| $\sigma_{Cl,s,Med}$ | 22           | -8808.5  | -0.0           | 358.5          | -1.0                           |

|                |    |          |      |       |       |
|----------------|----|----------|------|-------|-------|
| $\sigma_{s,t}$ | 21 | -8731.9  | -0.0 | 353.3 | -13.6 |
| $\sigma_{s,c}$ | 19 | -11120.7 | -0.0 | 356.5 | -19.2 |

Verifiche a taglio dei diaframmi

| Diaframma   | B [m] | H [m] | compressione |      |                      |                        |      | taglio - trazione |      |                      |                |                                  |                                  |                      |                                  | scorrimento |       |   |                                 |                                 |                                  |                                 |                                   | S/R |                                  |                    |      |
|-------------|-------|-------|--------------|------|----------------------|------------------------|------|-------------------|------|----------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------|-------|---|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----|----------------------------------|--------------------|------|
|             |       |       | Co mb        | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | V <sub>Rd,c</sub> [kg] | S/ R | Co mb             | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | α <sub>s</sub> | V <sub>R</sub> <sub>cd</sub> [g] | V <sub>R</sub> <sub>sd</sub> [g] | V <sub>Rd</sub> [kg] | $\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$ | S/ R        | Co mb | ε | V <sub>E</sub> <sub>d</sub> [g] | V <sub>d</sub> <sub>d</sub> [g] | V <sub>id</sub> <sub>d</sub> [g] | V <sub>f</sub> <sub>d</sub> [g] | V <sub>R</sub> <sub>d,s</sub> [g] |     | V <sub>id</sub> <sub>d</sub> [g] | V <sub>Ed</sub> /2 | S/ R |
| 52-19-20-21 | 4.20  | 2.70  | 3            | 1.00 | 898.8                | 26781.29               | 0.03 | 3                 | 1.00 | 898.8                | 2.00           | 0.0                              | 0.0                              | 9913.12              |                                  | 0.09        |       |   |                                 |                                 |                                  |                                 |                                   |     |                                  |                    | 0.09 |

NUCLEO 21 253 / Nodi: 21 253

#### Armature Nucleo

| Armature Nucleo |                   |           |                         |                          |  |                         |
|-----------------|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| Nodi            | Sezione<br>Numero | B<br>[cm] | H<br>[cm]               | Spessore<br>[cm]         | Armatura<br>Verticale                  | Armatura<br>Orizzontale |
| 21 253          | 1                 | 220       | 270                     | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' | 2x ø 8 15'              |
| Sezione         |                   | Comb.     | N <sub>Ed</sub><br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] | M <sub>13</sub><br>[kgm]               | Sd/Sr                   |
| Base            |                   | 8         | -4508.0                 | -10572.5                 | 0.0                                    | 0.11                    |
| Sommità         |                   | 8         | -1540.2                 | 7752.2                   | -0.0                                   | 0.10                    |

| S.L.E.                | Combinazione | N<br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] | M <sub>13</sub><br>[kgm] | σ<br>[kg/cm²] |
|-----------------------|--------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| Base                  |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Clis,Max</sub> | 22           | -5370.5   | -673.7                   | 0.0                      | -1.5          |
| σ <sub>Clis,Med</sub> | 22           | -5370.5   | -673.7                   | 0.0                      | -1.1          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 21           | -5330.2   | -675.3                   | 0.0                      | -11.3         |
| σ <sub>s,c</sub>      | 20           | -5394.8   | -731.5                   | 0.0                      | -22.9         |
| Sommita               |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Clis,Max</sub> | 22           | -2400.5   | 1366.5                   | -0.0                     | -1.3          |
| σ <sub>Clis,Med</sub> | 22           | -2400.5   | 1366.5                   | -0.0                     | -0.7          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 19           | -2903.1   | 1637.0                   | -0.0                     | 6.7           |
| σ <sub>s,c</sub>      | 19           | -2903.1   | 1637.0                   | -0.0                     | -23.5         |

Verifiche a taglio dei diaframmi

| Diaframma | B [m] | H [m] | compressione |      |                      |                        |      | taglio - trazione |      |                      |                |                                  |                                    |                      |                                  |      |       | scorrimento |                                   |                    |                       |                                   |                                     |   |      | S/ R |
|-----------|-------|-------|--------------|------|----------------------|------------------------|------|-------------------|------|----------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|------|-------|-------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|------|------|
|           |       |       | Co mb        | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | V <sub>Rd,c</sub> [kg] | S/ R | Co mb             | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | α <sub>s</sub> | V <sub>R</sub> <sub>cd</sub> [g] | V <sub>R</sub> <sub>sd</sub> [k g] | V <sub>Rd</sub> [kg] | $\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$ | S/ R | Co mb | ε           | V <sub>E</sub> <sub>d</sub> [k g] | V <sub>d</sub> [g] | V <sub>id</sub> [k g] | V <sub>f</sub> <sub>d</sub> [k g] | V <sub>R</sub> <sub>d,s</sub> [k g] | V <sub>id</sub> <sub>V<sub>Ed</sub>/2</sub> | S/ R |      |
| 21-253    | 2.20  | 2.70  | 7            | 1.00 | 691.4.3              | 14028.3.0              | 0.05 | 7                 | 1.00 | 691.4.3              | 2.00           | 0.0                              | 0.0                                | 5192.5.9             |                                  | 0.13 |       |             |                                   |                    |                       |                                   |                                     |   |      | 0.13 |

NUCLEO 235 52 / Nodi: 235 52

#### Armature Nucleo

| Nodi    | Sezione<br>Numero | B<br>[cm] | H<br>[cm]               | Spessore<br>[cm]         | Armatura<br>Verticale                  | Armatura<br>Orizzontale |
|---------|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| 235 52  | 1                 | 220       | 270                     | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' | 2x ø 8 15'              |
| Sezione |                   | Comb.     | N <sub>Ed</sub><br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] | M <sub>13</sub><br>[kgm]               | Sd/Sr                   |
| Base    |                   | 9         | -7590.9                 | -16181.5                 | -0.0                                   | 0.16                    |
| Sommità |                   | 15        | 295.4                   | -5617.4                  | -0.0                                   | 0.09                    |

| S.L.E.                | Combinazione | N<br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] | M <sub>13</sub><br>[kgm] | σ<br>[kg/cm²] |
|-----------------------|--------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| Base                  |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Cl,s,Max</sub> | 22           | -6125.1   | -2675.2                  | -0.0                     | -2.8          |
| σ <sub>Cl,s,Med</sub> | 22           | -6125.1   | -2675.2                  | -0.0                     | -1.4          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 20           | -6326.5   | -2812.2                  | -0.0                     | 3.6           |
| σ <sub>s,c</sub>      | 20           | -6326.5   | -2812.2                  | -0.0                     | -43.1         |
| Sommità               |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Cl,s,Max</sub> | 22           | -3155.1   | 613.2                    | 0.0                      | -1.0          |
| σ <sub>Cl,s,Med</sub> | 22           | -3155.1   | 613.2                    | 0.0                      | -0.7          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 19           | -3372.1   | 707.8                    | 0.0                      | -4.9          |
| σ <sub>s,c</sub>      | 19           | -3372.1   | 707.8                    | 0.0                      | -16.4         |

Verifiche a taglio dei diaframmi

| Diaframma | B<br>[m] | H<br>[m] | compressione |      |                         |                           |         | taglio - trazione |      |                         |                |                              |                              |                         |   |         |          | scorrimento |                        |                        |                         |                             |                               |                                       |         | S/<br>R |
|-----------|----------|----------|--------------|------|-------------------------|---------------------------|---------|-------------------|------|-------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|---------|----------|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|
|           |          |          | Co<br>mb     | ε    | V <sub>Ed</sub><br>[kg] | V <sub>Rd,c</sub><br>[kg] | S/<br>R | Co<br>mb          | ε    | V <sub>Ed</sub><br>[kg] | α <sub>s</sub> | V <sub>R</sub><br>cd<br>[kg] | V <sub>R</sub><br>sd<br>[kg] | V <sub>Rd</sub><br>[kg] | $\frac{\rho_h}{\rho_N} + \frac{\rho_N}{\rho_N}$ | S/<br>R | Co<br>mb | ε           | V <sub>E</sub><br>[kg] | V <sub>d</sub><br>[kg] | V <sub>id</sub><br>[kg] | V <sub>f</sub><br>d<br>[kg] | V <sub>R</sub><br>d,s<br>[kg] | V <sub>id</sub><br>V <sub>Ed</sub> /2 | S/<br>R |         |
| 235-52    | 2.20     | 2.70     | 10           | 1.00 | 8874.3                  | 140283.0                  | 0.06    | 10                | 1.00 | 8874.3                  | 2.00           | 0.0                          | 0.0                          | 51925.9                 |   | 0.17    |          |             |                        |                        |                         |                             |                               |                                       |         | 0.17    |

NUCLEO 253 241 / Nodi: 253 241

#### Armature Nucleo

| Nodi    | Sezione<br>Numero | B<br>[cm]               | H<br>[cm] | Spessore<br>[cm]         | Armatura<br>Verticale                  |                          | Armatura<br>Orizzontale |
|---------|-------------------|-------------------------|-----------|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| 253 241 | 1                 | 280                     | 270       | 20                       | 2x ø 8 15'+ Sx: ø 12 25'+ Dx: ø 12 25' |                          | 2x ø 8 15'              |
| Sezione | Comb.             | N <sub>Ed</sub><br>[kg] |           | M <sub>12</sub><br>[kgm] |  | M <sub>13</sub><br>[kgm] | Sd/Sr                   |
| Base    | 12                | -6193.9                 |           |                          |  | -0.0                     | 0.06                    |
| Sommità | 17                | 1736.3                  |           |                          |  | -0.0                     | 0.06                    |

| S.L.E.                | Combinazione | N<br>[kg] | M <sub>12</sub><br>[kgm] | M <sub>13</sub><br>[kgm] | σ<br>[kg/cm²] |
|-----------------------|--------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| Base                  |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Cl,s,Max</sub> | 22           | -7524.1   | -0.0                     | -1840.6                  | -1.9          |
| σ <sub>Cl,s,Med</sub> | 22           | -7524.1   | -0.0                     | -1840.6                  | -1.2          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 19           | -7537.7   | -0.0                     | -1815.0                  | -9.5          |
| σ <sub>s,c</sub>      | 20           | -7802.6   | -0.0                     | -1901.5                  | -28.7         |
| Sommità               |              |           |                          |                          |               |
| σ <sub>Cl,s,Max</sub> | 22           | -3744.1   | -0.0                     | -873.8                   | -0.9          |
| σ <sub>Cl,s,Med</sub> | 22           | -3744.1   | -0.0                     | -873.8                   | -0.6          |
| σ <sub>s,t</sub>      | 21           | -3680.7   | -0.0                     | -860.8                   | -4.8          |
| σ <sub>s,c</sub>      | 19           | -3757.7   | -0.0                     | -1054.0                  | -14.5         |

Verifiche a taglio dei diaframmi

| Diaframma | B [m] | H [m] | compressione |      |                      |                        | taglio - trazione |       |      |                      |                |                        |                        |                      | scorrimento                      |      |       |                       |                       |                      |                       | S/R |                         |                                    |      |
|-----------|-------|-------|--------------|------|----------------------|------------------------|-------------------|-------|------|----------------------|----------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|------|-------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----|-------------------------|------------------------------------|------|
|           |       |       | Co mb        | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | V <sub>Rd,c</sub> [kg] | S/ R              | Co mb | ε    | V <sub>Ed</sub> [kg] | α <sub>s</sub> | V <sub>R</sub> cd [kg] | V <sub>R</sub> sd [kg] | V <sub>Rd</sub> [kg] | $\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$ | S/ R | Co mb | V <sub>E</sub> d [kg] | V <sub>d</sub> d [kg] | V <sub>id</sub> [kg] | V <sub>f</sub> d [kg] |     | V <sub>R</sub> d,s [kg] | V <sub>id</sub> V <sub>Ed</sub> /2 | S/ R |
| 253-241   | 2.80  | 2.70  | 11           | 1.00 | 6020.7               | 178542.0               | 0.03              | 11    | 1.00 | 6020.7               | 2.00           | 0.0                    | 0.0                    | 66087.5              |                                  | 0.09 |       |                       |                       |                      |                       |     |                         |                                    | 0.09 |

## Verifica Platea

### Verifiche lastre/piastre

#### Modalità di verifica

Gli elementi lastra/piastra possono essere distinti in due categorie in funzione dello stato di sollecitazione:

- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione semplice (flessione o tensionale a membrana);
- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto (flessionale e tensionale a membrana).

Le verifiche per stato di sollecitazione semplice sono svolte proiettando le armature lungo le direzioni principali e effettuando la verifica a flessione retta/membrana lungo tali direzioni.

Per gli elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto, le direzioni principali variano, lungo lo sviluppo  $z$  dell'elemento, in modo continuo. Il codice di verifica procede a:

- suddivisione dell'elemento in strati di 1 cm di spessore;
- valutazione, per ogni strato, del corrispondente stato di deformazione e tensione membranale;
- ricostruzione, per sovrapposizione dei vari strati membranali, del comportamento globale dell'elemento soggetto allo stato misto di presso-flessione.

L'Utente può definire delle sezioni trasversali, per le quali le sollecitazioni sono valutate mediando integrazione sulla lunghezza della sezione

Nella determinazione della matrice di rigidità degli strati di cls, si assume:

- Metodo T.A.: il calcestruzzo in compressione è assunto indefinitamente elastico lineare mentre, in trazione, si può assumere (opzionalmente) che sia in grado di assumere una trazione compresa fra 0 e  $f_{ct}$ , essendo  $f_{ct}$  la resistenza a trazione del calcestruzzo definita dall'EC2;
- Metodo S.L.U.: il metodo impiegato è quello noto come MCFT acronimo di "Modified Compression Field Method", sviluppato presso l'Università di Toronto da Collins e Vecchio a partire dagli anni '80. Il metodo, nella forma implementata, assume per la curva monoassiale tensione-deformazioni del cls quanto previsto dall'EC2;

La verifica a punzonamento può essere condotta considerando o non considerando autoequilibrate le tensioni nel terreno sotto il cono di punzonamento. L'angolo di diffusione è fissato dall'utente.

I copriferriferi indicati sono da intendersi riferiti al centro delle barre resistenti.

Simbologia utilizzata T.A.:

**$\sigma_{amm}$**

Tensione ammissibile

**$\sigma_{amm, Trazione}$**

Tensione ammissibile di trazione cls

**$\sigma_{cls,1}$**

Tensione cls direzione 1

**$\sigma_{cls,2}$**

Tensione cls direzione 2

**$\sigma_{acciaio,1}$**

Tensione acciaio direzione 1

**$\sigma_{acciaio,2}$**

Tensione acciaio direzione 2

**$c f_{x,Eq}$**

Copriferro in direzione x

**$A f_x$**

Armatura in direzione x

**$c f_{y,Eq}$**

Copriferro in direzione y

**$A f_y$**

Armatura in direzione y

**$N_x, N_y, N_{xy}, M_{xx}, M_{yy}, M_{xy}$**

Componenti di sollecitazione esterna

**$N_{11}, N_{22}, M_{11}, M_{22}, M_{12}$**

Componenti di sollecitazione principali

**$\alpha$**

Angolo direzioni principali

**$d$**

Distanza a cui è calcolato il perimetro critico

**$T_{b,0}$**

Tensione ammissibile a taglio elementi privi di armatura a taglio

**$T_{b,1}$**

Tensione ammissibile a taglio elementi con armatura a taglio

**$N, M_x, M_y$**

Sollecitazione esterna verifica a punzonamento

**$T$**

Tensione tangenziale massima

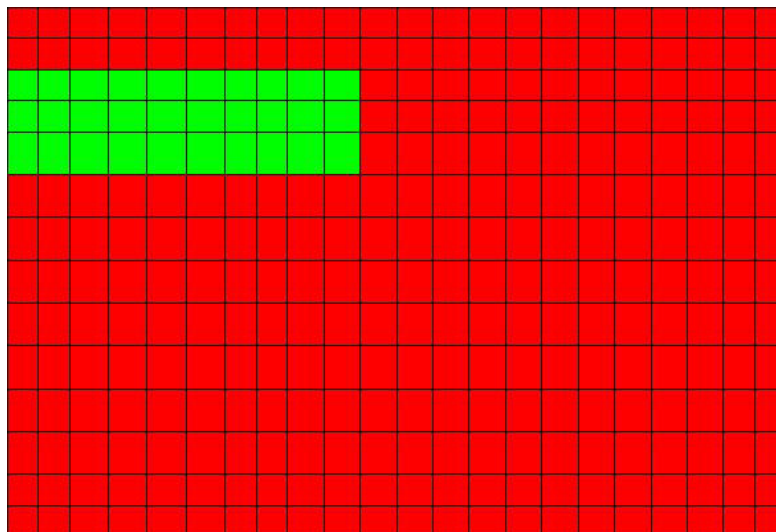
Simbologia utilizzata S.L.:

|  |   |
|--|---|
| $f_{yd}$                                   | Tensione di snervamento di progetto barre armatura              |
| $\epsilon_{ud}$                            | Deformazione uniforme ultima                                    |
| $\epsilon_{yd}$                            | Deformazione al limite di snervamento                           |
| $f_{ck}$                                   | Resistenza cilindrica caratteristica                            |
| $f_{cd}$                                   | Tensione di calcolo a compressione di base                      |
| $\epsilon_{c2}$                            | Deformazione limite elastico                                    |
| $\epsilon_y$                               | Deformazione limite ultimo                                      |
| $f_{ctd}$                                  | Tensione di calcolo a trazione di progetto                      |
| $\epsilon_{ctd}$                           | Deformazione al limite di trazione                              |
| $E_{cm}$                                   | Modulo elastico   |
| $cf_{x,Eq}$                                | Copriferro in direzione x                                       |
| $Af_x$                                     | Armatura in direzione x   |
| $cf_{y,Eq}$                                | Copriferro in direzione y                                       |
| $Af_y$                                     | Armatura in direzione y   |
| $N_x, N_y, N_{xy}, M_{xx}, M_{yy}, M_{xy}$ | Componenti di sollecitazione esterna                            |
| $N_{11}, N_{22}, M_{11}, M_{22}, M_{12}$   | Componenti di sollecitazione principali                         |
| $\alpha$                                   | Angolo direzioni principali                                     |
| $Cr$                                       | Coefficiente rottura $S_D/S_R$                                  |
| $\epsilon_x$                               | Deformazione acciaio direzione x                                |
| $\epsilon_y$                               | Deformazione acciaio direzione y                                |
| $\epsilon_{min}$                           | Deformazione minima cls   |
| $\epsilon_{max}$                           | Deformazione massima cls  |
| $\theta_{max}$                             | Angolo direzioni principali di deformazione                     |
| $\sigma_{amm}$                             | Tensione ammissibile S.L.E. di riferimento                      |
| $\sigma_x$                                 | Tensione nelle barre nello S.L.E. di riferimento in direzione x |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| $\sigma_y$                 | Tensione nelle barre nello S.L.E. di riferimento in direzione y    |
| $\sigma_{c,Max}$           | Tensione massima nel cls nello S.L.E. di riferimento               |
| d                          | Distanza a cui è calcolato il perimetro critico                    |
| $C_{Rd,c}$                 | Coefficiente taglio resistente elementi privi di armatura a taglio |
| $V_{Ed}, M_{xEd}, M_{yEd}$ | Sollecitazione esterna verifica a punzonamento                     |
| $B_x, B_y$                 | Dimensioni perimetro critico                                       |
| $\beta$                    | Angolo diffusione tensioni   |
| $v_{Ed}$                   | Tensione tangenziale sull'area critica                             |
| $\rho$                     | Rapporto meccanico di armatura                                     |
| $V_{Rd,c}$                 | Taglio resistente elementi privi di armatura                       |

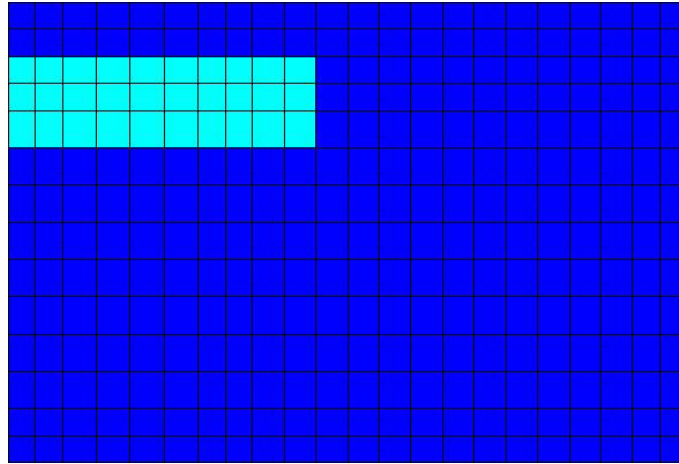
## platea

Mappa armature di Estradosso



| Colore | Armature   |
|--------|--|
|        | top $\emptyset 8/15'$ X c=2.00 [cm] + $\emptyset 8/15'$ Y c=3.00 [cm]  |
|        | top $\emptyset 8/15'$ X c=2.00 [cm] + $\emptyset 8/15'$ Y c=3.00 [cm]  |
|        | top $\emptyset 12/20'$ X c=2.00 [cm] + $\emptyset 8/20'$ Y c=3.00 [cm] |

## Mappa armature di Intradosso



| Colore | Armature  |
|--------|---|
| Blue   | bottom $\emptyset$ 8/15' X c=2.00 [cm] + $\emptyset$ 8/15' Y c=3.00 [cm]  |
| Cyan   | bottom $\emptyset$ 8/15' X c=2.00 [cm] + $\emptyset$ 8/15' Y c=3.00 [cm]<br>bottom $\emptyset$ 12/20' X c=2.00 [cm] + $\emptyset$ 8/20' Y c=3.00 [cm] |

### Impostazioni di verifica

#### Curva $\sigma/\epsilon$ Calcestruzzo

- secondo Hognestad

#### Modellazione softening (trazione/compressione)

- $f_{c,d,soft} = f_{c,d} \cdot 0.9 / \sqrt{1 + 400 \epsilon_t}$  / Hognestad

#### Modellazione compressione biassiale

- $f_{c,d,biaxial} = f_{c,d} (1 + 3.8 \alpha) / (1.0 + \alpha)^2$  /  $\alpha = \epsilon_{c1} / \epsilon_{c2}$  (EC2 Ponti 6.110)

### Elementi più sollecitati per tipologia di sezione

### Verifiche SLU Flessione elemento nodi 252 276

#### Proprietà dei materiali

#### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰

## Calcestruzzo C 25/30-elastico

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  12.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.08 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                | 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 9 (4.48 2.70 [m])

|          |          |         |          |          |         |
|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| $M_{xx}$ | -531.68  | [kgm/m] | $M_{11}$ | -530.58  | [kgm/m] |
| $M_y$    | -1987.34 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -1988.45 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -40.09   | [kgm/m] | $\alpha$ | -1.58    | [°]     |

### Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio        |                | Calcestruzzo       |                    |              |
|--------|------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------|
|        |            | $\epsilon_x$ ‰ | $\epsilon_y$ ‰ | $\epsilon_{min}$ ‰ | $\epsilon_{max}$ ‰ | $\theta$ [°] |
| 0.91   | Estradosso | -0.023         | -0.106         | -0.053             | -0.485             | -13.34       |
|        | Intradosso | 0.294          | 2.000          | 2.666              | 0.038              | 69.91        |



### Verifiche SLU Flessione elemento nodi 258 282

Proprietà dei materiali

#### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰

#### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  12.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.08 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

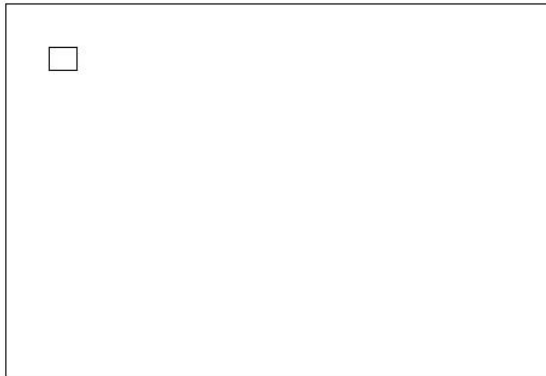
| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                | 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 9 (0.53 2.90 [m])

|          |          |         |          |          |         |
|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| $M_{xx}$ | -1905.75 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -2386.93 | [kgm/m] |
| $M_y$    | -1440.36 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -959.18  | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -674.89  | [kgm/m] | $\alpha$ | 35.49    | [°]     |

Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio        |                | Calcestruzzo       |                    |              |
|--------|------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------|
|        |            | $\epsilon_x$ ‰ | $\epsilon_y$ ‰ | $\epsilon_{min}$ ‰ | $\epsilon_{max}$ ‰ | $\theta$ [°] |
| 0.55   | Estradosso | -0.187         | -0.121         | -0.060             | -0.912             | -45.45       |
|        | Intradosso | 1.622          | 2.000          | 4.403              | -0.117             | 47.73        |



### Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 252 276

Proprietà dei materiali

#### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰
- $\sigma$  3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  150.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

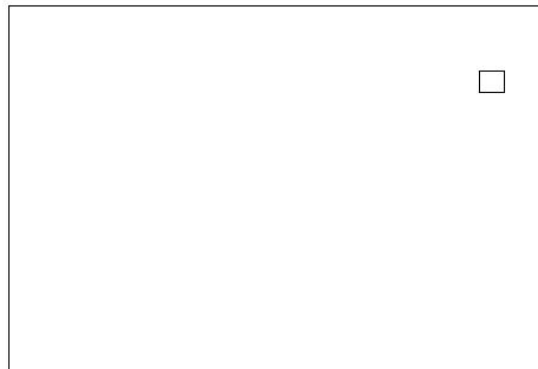
| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                | 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 20 (4.48 2.70 [m])

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_{xx}$ | -200.49 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -196.54 | [kgm/m] |
| $M_y$    | -665.98 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -669.93 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -43.09  | [kgm/m] | $\alpha$ | -5.24   | [°]     |

Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                             |                                     | Calcestruzzo                              |                 | Stato | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|-------|------------------------|
|        |            | $\sigma_x$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_y$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{c,Max}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\theta$<br>[°] |       |                        |
| 0.07   | Estradosso | -29.5                               | -98.0                               | -11.1                                     | -5.63           |       |                        |
|        | Intradosso | 29.5                                | 98.0                                | 0.0                                       | 84.37           |       |                        |



Verifiche SLE Rare Flessione elemento nodi 235 259

Proprietà dei materiali

### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰
- $\sigma$  3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

- $\sigma$  150.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                | 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 20 (0.53 2.70 [m])

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_{xx}$ | -541.81 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -561.02 | [kgm/m] |
| $M_y$    | -193.12 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -173.91 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -84.05  | [kgm/m] | $\alpha$ | 12.87   | [°]     |

### Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                             |                                     | Calcestruzzo                              |                 | Stato | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|-------|------------------------|
|        |            | $\sigma_x$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_y$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{c,Max}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\theta$<br>[°] |       |                        |
| 0.06   | Estradosso | -71.5                               | -27.0                               | -8.5                                      | -74.56          |       |                        |
|        | Intradosso | 71.5                                | 27.0                                | 0.0                                       | 15.44           |       |                        |



### Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 252 276

Proprietà dei materiali

### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰
- $\sigma$  3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  112.5 [kg/cm<sup>2</sup>]

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                | 3.35                             | 2.00                | 3.35                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 22 (4.48 2.70 [m])

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_{xx}$ | -194.16 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -189.93 | [kgm/m] |
| $M_y$    | -641.22 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -645.46 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -43.72  | [kgm/m] | $\alpha$ | -5.53   | [°]     |

### Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                             |                                     | Calcestruzzo                              |                 | Stato | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|-------|------------------------|
|        |            | $\sigma_x$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_y$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{c,Max}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\theta$<br>[°] |       |                        |
| 0.09   | Estradosso | -28.6                               | -94.4                               | -10.7                                     | -5.94           |       |                        |
|        | Intradosso | 28.6                                | 94.4                                | 0.0                                       | 84.06           |       |                        |



### Verifiche SLE Frequenti Flessione elemento nodi 235 259

Proprietà dei materiali

#### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰
- $\sigma$  3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  112.5 [kg/cm<sup>2</sup>]

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                | 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                |

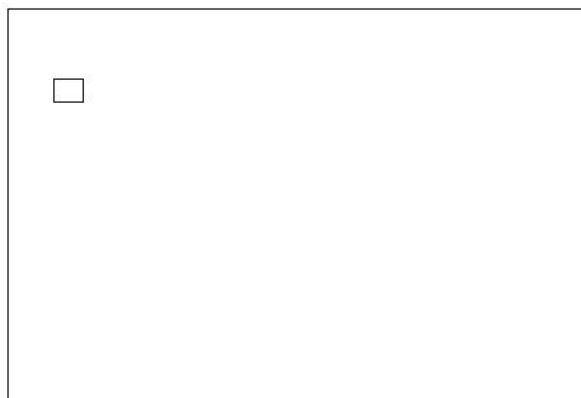
Azioni di verifica combinazione 22 (0.53 2.70 [m])

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_{xx}$ | -526.23 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -542.78 | [kgm/m] |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_y$    | -183.94 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -167.40 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -77.04  | [kgm/m] | $\alpha$ | 12.12   | [°]     |

Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                             |                                     | Calcestruzzo                              |                 | Stato | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|-------|------------------------|
|        |            | $\sigma_x$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_y$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{c,Max}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\theta$<br>[°] |       |                        |
| 0.07   | Estradosso | -69.5                               | -25.8                               | -8.2                                      | -75.42          |       |                        |
|        | Intradosso | 69.5                                | 25.8                                | 0.0                                       | 14.58           |       |                        |



Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 252 276

Proprietà dei materiali

### **Acciaio B 450 C - elastico**

- $f_{yd}$  3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ud}$  2.00 ‰
- $\epsilon_{yd}$  1.86 ‰
- $\sigma$  3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  112.5 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $w_{Max}$  0.30 mm

### Sezione

- sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                                |                            |   |                            | Intradosso                                |                            |   |                            |
|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
| Af <sub>x</sub><br>[cm <sup>2</sup> ] / m | cf <sub>x,Eq</sub><br>[cm] | Af <sub>y</sub><br>[cm <sup>2</sup> ] / m | cf <sub>y,Eq</sub><br>[cm] | Af <sub>x</sub><br>[cm <sup>2</sup> ] / m | cf <sub>x,Eq</sub><br>[cm] | Af <sub>y</sub><br>[cm <sup>2</sup> ] / m | cf <sub>y,Eq</sub><br>[cm] |
| 3.35                                      | 2.00                       | 3.35                                      | 3.00                       | 3.35                                      | 2.00                       | 3.35                                      | 3.00                       |

Azioni di verifica combinazione 23 (4.48 2.70 [m])

|                 |         |         |                 |         |         |
|-----------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| M <sub>xx</sub> | -192.90 | [kgm/m] | M <sub>11</sub> | -188.67 | [kgm/m] |
| M <sub>y</sub>  | -637.31 | [kgm/m] | M <sub>22</sub> | -641.55 | [kgm/m] |
| M <sub>xy</sub> | -43.59  | [kgm/m] | α               | -5.55   | [°]     |

Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                                 |   | Calcestruzzo                                |          | Stato         | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|---|---|---|----------|---------------|------------------------|
|        |            | σ <sub>x</sub><br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | σ <sub>y</sub><br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | σ <sub>c,Max</sub><br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | θ<br>[°] |               |                        |
| 0.09   | Estradosso | -28.4                                   | -93.8                                   | -10.6                                       | -5.96    | NON Fessurato | 0.000                  |
|        | Intradosso | 28.4                                    | 93.8                                    | 0.0   | 84.04    | NON Fessurato | 0.000                  |



Verifiche SLE Quasi Permanenti Flessione elemento nodi 235 259

Proprietà dei materiali

### **Acciaio B 450 C - elastico**

- f<sub>yd</sub> 3913.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- ε<sub>ud</sub> 2.00 ‰
- ε<sub>yd</sub> 1.86 ‰
- σ 3600.0 [kg/cm<sup>2</sup>]

### **Calcestruzzo C 25/30-elastico**

- $f_{cd}$  141.7 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{c2}$  -2.00 ‰
- $\epsilon_{cu}$  -2.00 ‰
- $f_{ctd}$  25.6 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\epsilon_{ctd}$  0.18 ‰
- $E_{cm}$  141700.0 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma$  112.5 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $w_{Max}$  0.30 mm

### Sezione

sezione 1 H=20.00 [cm]

| Estradosso                       |                     |                                  |                     | Intradosso                       |                     |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] | $Af_x$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{x,Eq}$<br>[cm] | $Af_y$<br>[cm <sup>2</sup> ] / m | $cf_{y,Eq}$<br>[cm] |
| 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                | 9.01                             | 2.00                | 5.86                             | 3.00                |

Azioni di verifica combinazione 23 (0.53 2.70 [m])

|          |         |         |          |         |         |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| $M_{xx}$ | -523.30 | [kgm/m] | $M_{11}$ | -539.68 | [kgm/m] |
| $M_y$    | -182.68 | [kgm/m] | $M_{22}$ | -166.30 | [kgm/m] |
| $M_{xy}$ | -76.48  | [kgm/m] | $\alpha$ | 12.09   | [°]     |

### Verifiche

| Cr=S/R | Posizione  | Acciaio                             |                                     | Calcestruzzo                              |                 | Stato         | Ampiezza<br>Fessure mm |
|--------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|---------------|------------------------|
|        |            | $\sigma_x$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_y$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{c,Max}$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\theta$<br>[°] |               |                        |
| 0.07   | Estradosso | -69.1                               | -25.6                               | -8.2                                      | -75.45          | NON Fessurato | 0.000                  |
|        | Intradosso | 69.1                                | 25.6                                | 0.0                                       | 14.55           | NON Fessurato | 0.000                  |



Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori  
Ing. Gianni Bandini

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

### **Relazione geotecnica e sulle fondazioni**

La passerella trapezoidale si appoggia su un nuovo locale tecnico ad uso riserva idrica di acqua potabile per il centro. La struttura è di tipo scatolare in c.a. , direttamente contro-terra e costituito da platea, muri e soletta superiore di spessore cm. 20 armati con doppie reti elettrosaldate  $\phi$  8/15/15 e armature concentrate negli spigoli con staffature.

La seconda passerella, molto più modesta anche nei carichi trasmessi al terreno è appoggiata su trave in c.a. 70x50 cm sagomata, posta a quota di circa -0.80 m di profondità dal piano campagna.

Le opere strutturali sono completate dalle opere di consolidamento del muro in pietra esistente nella zona crollata e in corrispondenza dell'angolo sinistro che presenta una lesione visibile. Il nuovo paramento deve essere per necessità architettoniche ancora in pietra. Per migliorare la resistenza e per creare la necessaria solidità muraria è prevista la realizzazione di un graticcio di cordoli retrostanti al muro 20x15 cm circa in modo da creare una sorta di muratura armata. Le opere di fondazione sono costituite da una soletta in c.a. di spessore cm. 20 e larghezza 1.00 m.

Poiché l'accessibilità del cortile è molto difficile da mezzi in grado di effettuare prove penetrometriche o sondaggi e vista la modestia delle opere e dei carichi trasmessi al terreno che globalmente si trova in condizioni di stabilità, non si è ritenuto necessario eseguire alcuna indagine geologica.

Dal punto di visto geologico la zona del centro abitato storico intorno alla Rocca Vescovile è comunque sufficientemente noto, sia da quanto reperibile in cartografia geologica regionale sia in relazione agli studi di microzonazione sismica effettuati e pertanto si

applica quanto indicato al paragrafo 6.2.2 delle NTC 2018 , basando la progettazione su prove documentate e preesistenti indagini.



Stralcio carta geologica

Risultato dell'interrogazione - Mozilla Firefox

https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\_sgss/user/mapFrame.jsp

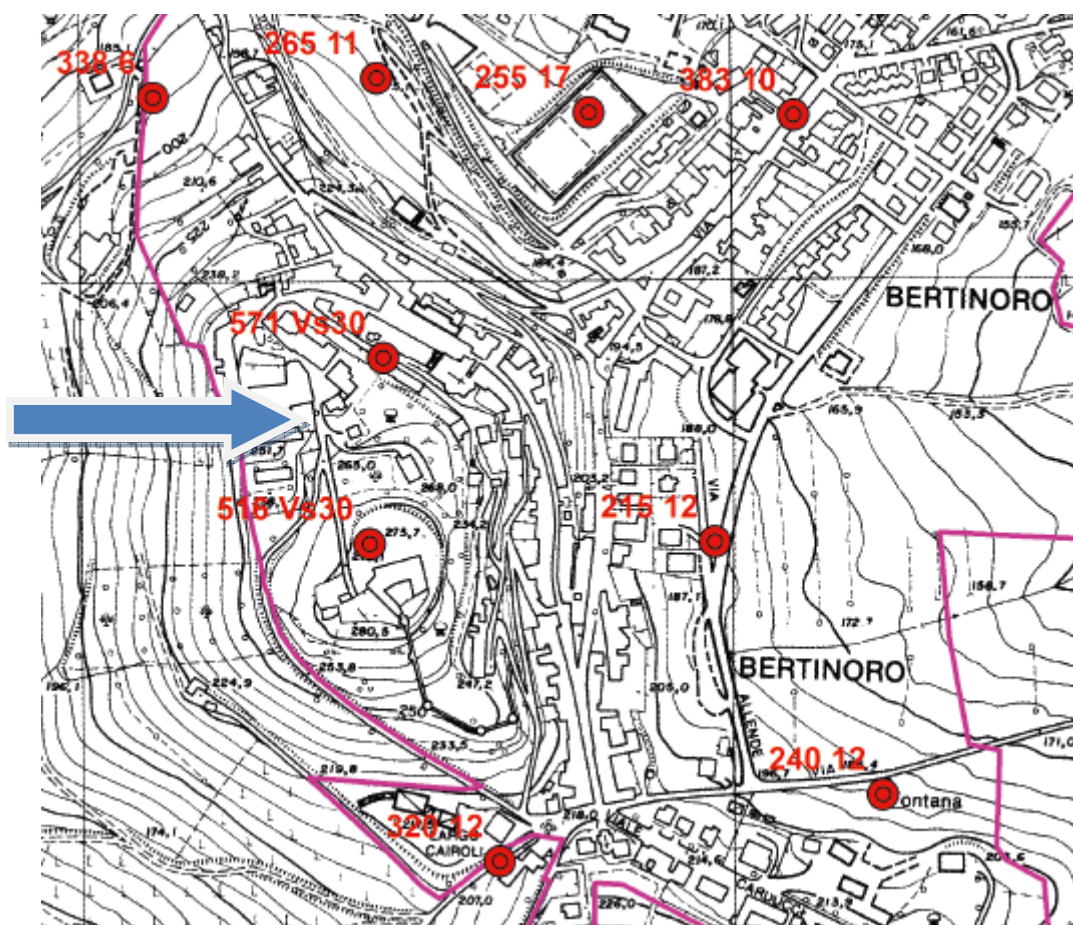
**RISULTATO INTERROGAZIONE**

Comune di BERTINORO (FC), sezione CTR: 255060

| Unità geologiche (10K)                                      | zoom  |
|---|---|
| <a href="#">FAA3 - Argille Azzurre - membro di Spungone</a> | <p>sigla <b>FAA3</b></p> <p>etÀ inf.</p> <p>etÀ sup.</p> <p>nome <b>Argille Azzurre - membro di Spungone</b></p> <p>legenda <b>FAA3 - Argille Azzurre - membro di Spungone</b></p> <p>dominio <b>Dominio Padano-Adriatico</b></p> <p>gruppo <b>B04 - Spungone</b></p> <p>sigla litotecnica <b>As - Rocce lapidee stratificate</b></p> <p>litotecnica <b>Materiale lapideo stratificato (in cui la stratificazione non influenza in maniera significativa le caratteristiche di resistenza dell'ammasso)</b></p> <p>zoom</p> |

Chiudi

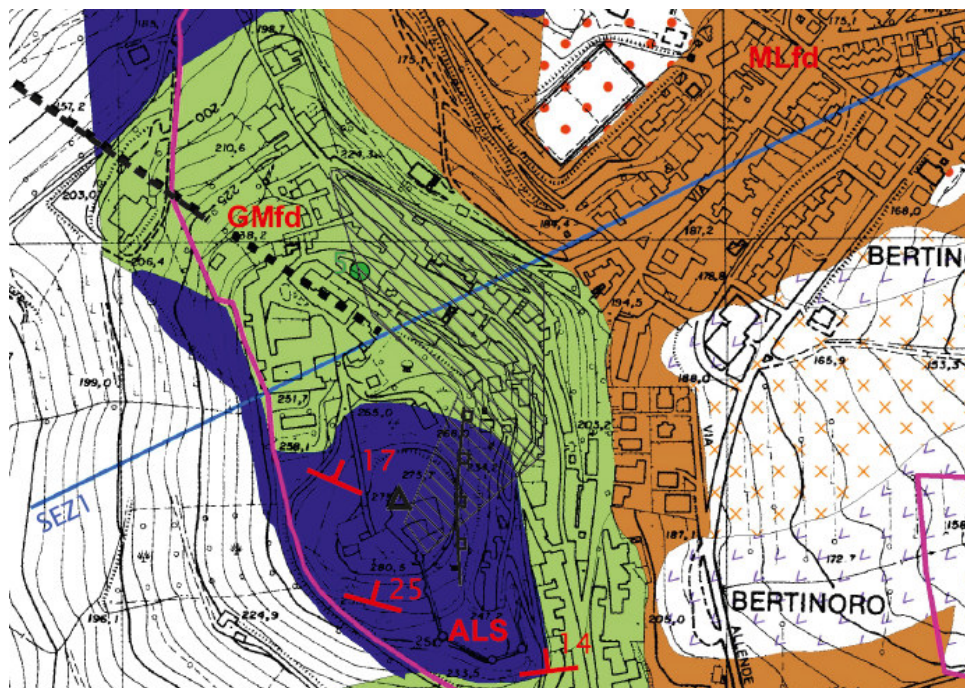
Estratto tavola indagini con riferimento del nostro sito



Estratto carta delle velocità

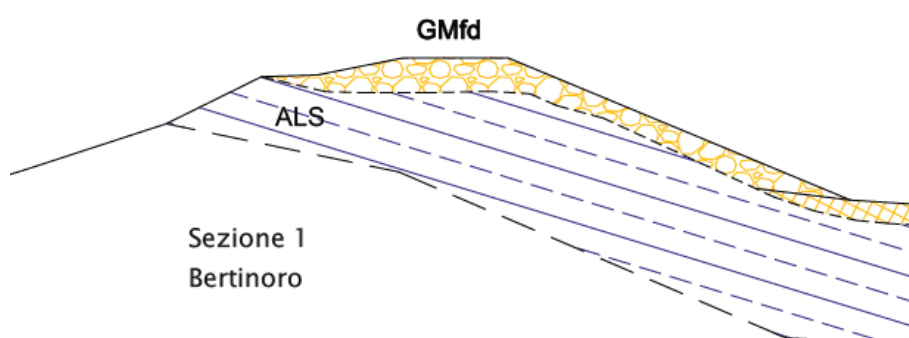
La velocità delle onde di taglio è stata rilevata in 516 e 570 nei due punti limitrofi all'area d'intervento.

Il terreno è pertanto classificabile di **tipo B**.

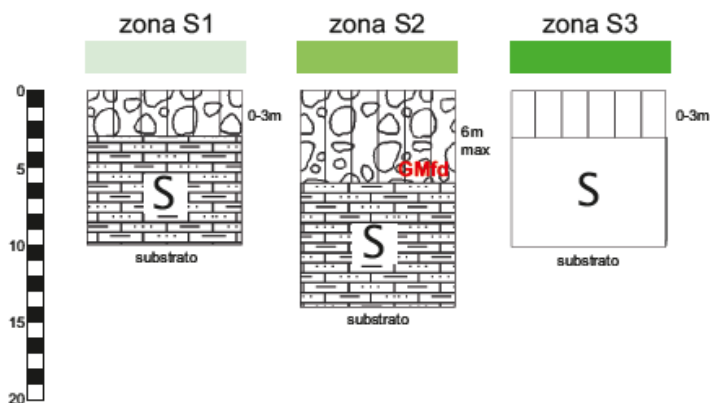
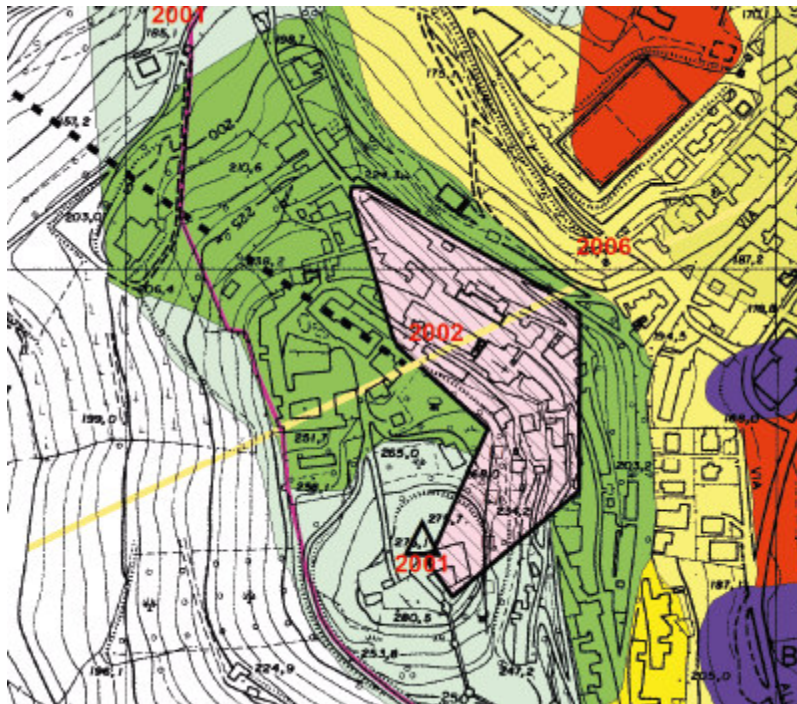


#### Terreni di copertura

|    |  |
|----|--|
| GM | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo  |
| SC | Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla  |
| ML | Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità        |
| CL | Argille inorganiche di media bassa-plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose |



#### Sezione Geologica



Di seguito si allegano alcuni stralci della relazione geologica di microzonazione.

**Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS in scala 1:5000 TAV1 e TAV2.** Sono state rappresentate le microzone omogenee fra cui:

- le **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, cioè quelle in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

• **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA**

- **Zona 2:** : è rappresentata da substrato lapideo stratificato rigido avente velocità media delle onde di taglio  $V_s > 800$  m/s con copertura di spessore  $> 3$  fino ad un massimo di 6 metri caratterizzate da  $V_s$  variabile da 340 a 400 m/s, su superfici topografiche aventi inclinazione  $> 15$ . Nelle aree di studio il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre Membro dello Spungone (FMA3) con grado di addensamento 11, le coperture sono di origine eluvio/colluviali (a4) caratterizzate da detrito a grossi blocchi appartenenti alla formazione stessa in matrice limoso – sabbiosa con stato di addensamento 13. Tale zona caratterizza parte del centro storico di Bertinoro

Il sito in esame ricade in zona 2.

I valori dei **fattori di amplificazione stratigrafica** sono stati selezionati in funzione dello spessore dei depositi e del valore della velocità media equivalente delle onde S nello spessore stesso. Per depositi con spessore inferiore ai 30 m è stato assunto il valore di  $V_{sH}$  relativo allo spessore del deposito. Per il substrato caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s affiorante e per aree di pianura in cui il substrato è identificabile a profondità superiori ai 30 m è stato assunto il valore di  $V_{s30}$ . Per il substrato caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s affiorante, non sono attesi fenomeni di amplificazione stratigrafica

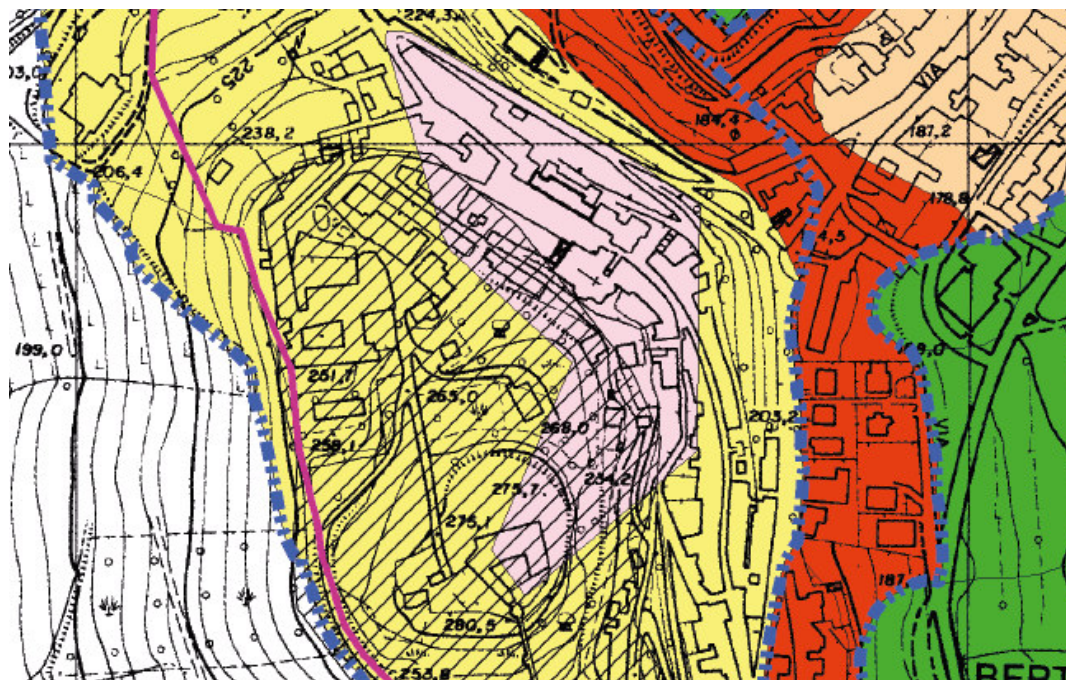
| RIFERIMENTO<br>ZONE MOPS | $V_{sH}/V_{s30}$    |                 | TAB          | $F_{A PGA}$  |     | $F_{A SI} (0.1s-0.5s)$ |     | $F_{A SI} (0.5s-1.0s)$ |     | $F_{Top}$ |     |     |
|--------------------------|---------------------|-----------------|--------------|--------------|-----|------------------------|-----|------------------------|-----|-----------|-----|-----|
| 1                        | $V_{s30} > 800$     |                 | A2.1.1 > 800 | 1            |     | 1                      |     | 1                      |     | 1,1       | 1,2 | 1,4 |
| 2                        | $V_{s5} = 350$      |                 | A2.1.1 > 800 | 1,1          |     | 1                      |     | 1                      |     | 1,4       |     |     |
| 3                        | $V_{s30} = 400-450$ |                 | A2.1.1 < 800 | 1,4          |     | 1,5                    |     | 1,4                    |     |           |     |     |
| 4                        | $V_{s20} = 200$     |                 | A2.1.1 < 800 | 2,3          |     | 2,6                    |     | 2,1                    |     |           |     |     |
| 5                        | $V_{s10} = 350$     |                 | A2.1.1 < 800 | 1,6          |     | 1,6                    |     | 1,4                    |     |           |     |     |
| 6                        | $V_{s12} = 200$     | $V_{s12} = 250$ | A2.1.1 > 800 | 2,0          | 1,9 | 1,8                    | 1,6 | 1                      | 1   | 1,3       |     |     |
| 7                        | $V_{s12} = 250$     | $V_{s12} = 350$ | A2.1.1 > 800 | 1,9          | 1,7 | 1,6                    | 1,4 | 1                      | 1   |           |     |     |
| 8                        | $V_{s15} = 250$     |                 | A2.1.1 < 800 | 2,2          |     | 2,2                    |     | 1,7                    |     |           |     |     |
| 9                        | $V_{s5} = 350$      |                 | A2.1.1 < 800 | 1,4          |     | 1,4                    |     | 1,4                    |     | 1,4       |     |     |
| 10                       | $V_{s16} = 250$     |                 | A2.1.1 < 800 | 2,2          |     | 2,2                    |     | 1,7                    |     |           |     |     |
| 11                       | $V_{s19} = 250$     |                 | A2.1.1 < 800 | 2,2          |     | 2,5                    |     | 1,9                    |     |           |     |     |
| 12                       | $V_{sH10-22} = 200$ |                 | A2.1.1 > 800 | 2,0          | 2,0 | 1,8                    | 2,3 | 1                      | 1,5 |           |     |     |
| 13                       | $V_{s30} = 200$     | $V_{s30} = 250$ | A2.1.2<br>P2 | A2.1.2<br>P1 | 1,5 | 1,7                    | 1,8 | 1,9                    | 2,5 | 2,5       |     |     |

**STIMA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (ICMS )**

I fattori di amplificazione stratigrafica FA e FV sono stati stimati attraverso abachi che fanno riferimento a configurazioni stratigrafiche “tipo” costituite da stati piano paralleli con tre diversi andamenti del gradienti di velocità tre tipologie di terreni: argille,sabbie e ghiaie utilizzando come moto di input, alcuni accelerogrammi sintetici (generati artificialmente) relativi a tre livelli di pericolosità sismica: alta (PGA=0.06g), Media (PGA=0.18g), Alta (PGA=0.26g)

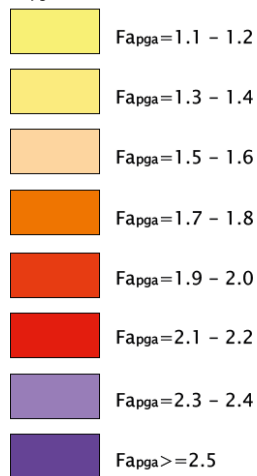
| RIFERIMENTO ZONE<br>MOPS | VsH/Vs30     |          | FA  |     | FV  |     |
|--------------------------|--------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| 1                        | Vs30>800     |          | 1   |     | 1   |     |
| 2                        | Vs5=350      |          | 1,3 |     | 1   |     |
| 3                        | Vs30=400-450 |          | 1,6 |     | 1,4 |     |
| 4                        | Vs20=200     |          | 2,1 |     | 2,6 |     |
| 5                        | Vs10=350     |          | 1,6 |     | 1,6 |     |
| 6                        | Vs12=200     | Vs12=250 | 2,4 | 2,1 | 1,5 | 1,2 |
| 7                        | Vs12=250     | Vs12=350 | 2,1 | 1,8 | 1,2 | 1,1 |
| 8                        | Vs15=250     |          | 2,2 |     | 1,6 |     |
| 9                        | Vs5=350      |          | 1,3 |     | 1,0 |     |
| 10                       | Vs16=250     |          | 2,2 |     | 1,6 |     |
| 11                       | Vs19=250     |          | 2,2 |     | 1,9 |     |
| 12                       | VsH10-22=200 |          | 2,4 | 2,1 | 1,5 | 2,6 |
| 13                       | Vs30=200     | Vs30=250 | 1,2 | 1,4 | 2,0 | 1,9 |

Estratto tavola FA



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fapga - RER

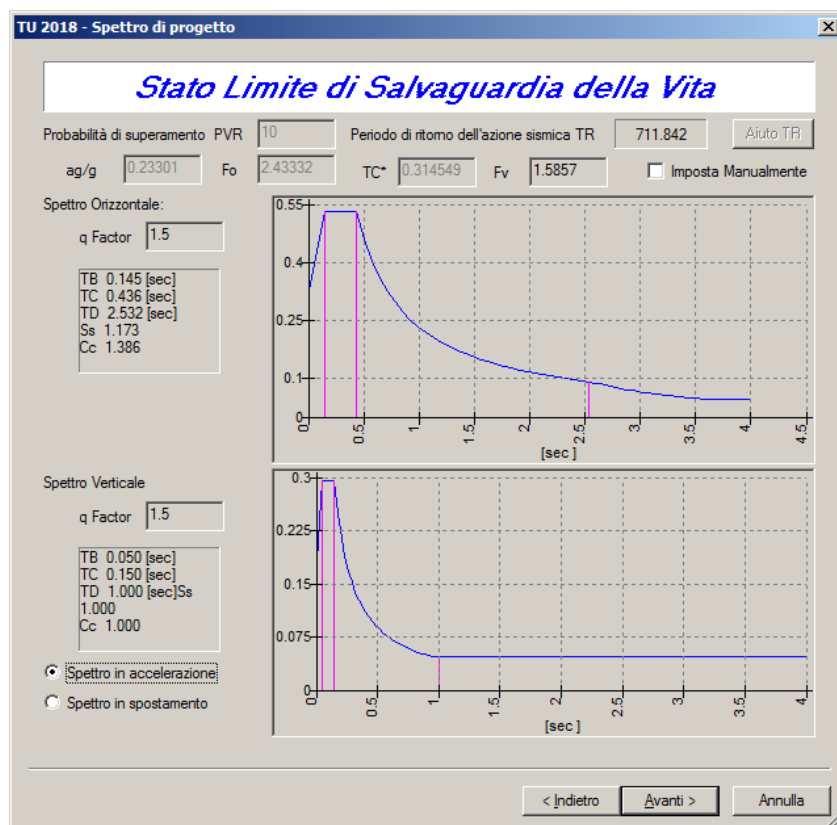


Per il sito in esame il fattore di amplificazione è pari a 1.1 - 1.2

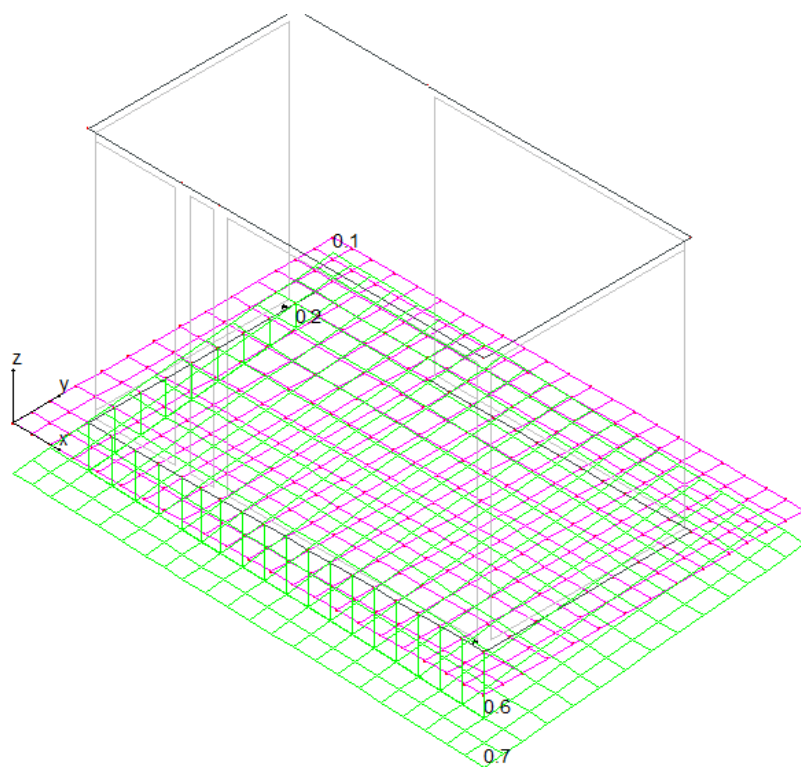
Campitura tratteggiata: zone con amplificazione topografica

In conclusione dalle consultazioni delle analisi di microzonazione sismica si è dedotto che per il sito in esame il terreno in esame è di tipo **B**, condizioni topografiche **T2** e il coefficiente di amplificazione sismica della **Pga** è pari a **1.1 – 1.2**.

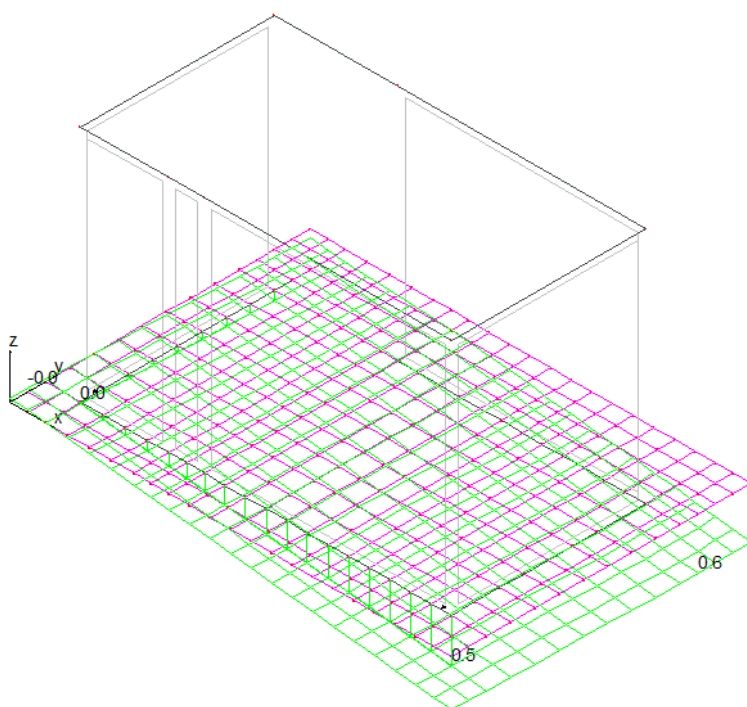
Pertanto nella definizione dello spettro di progetto si è deciso di seguire le indicazioni di normativa in quanto non vi sono differenze sostanziali nel valore di **Ss** che è pari a **1.17**.



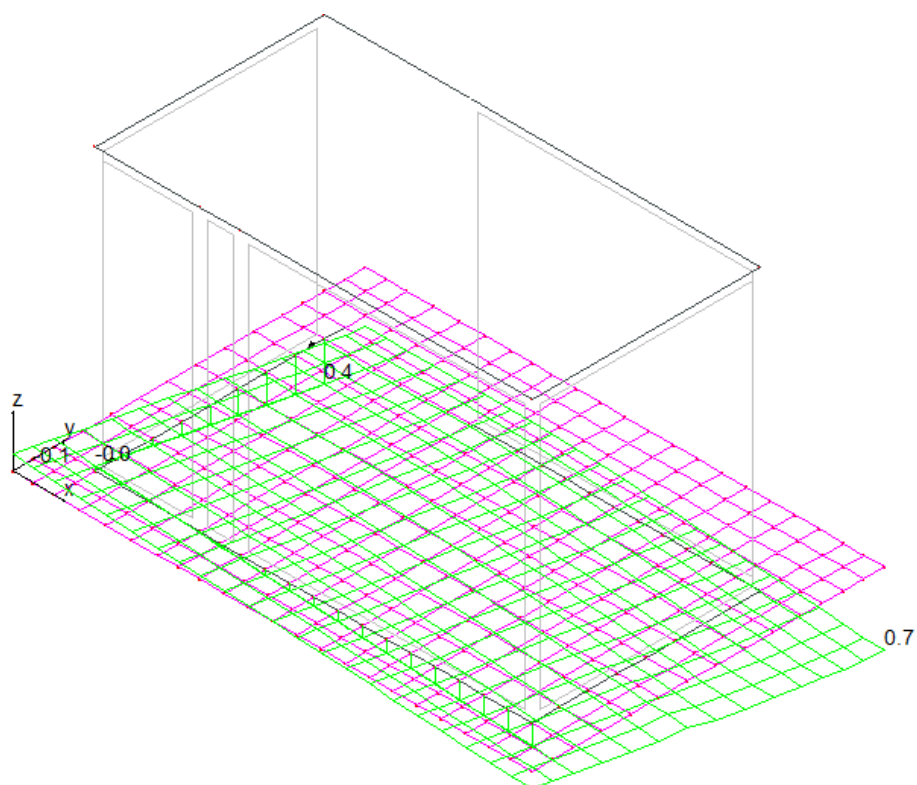
Il coefficiente di sottofondo di Winkler in condizioni sismiche è approssimato a 2 kg/cmc. Alla presente relazione si allega il controllo classico della tensione di contatto terreno fondazione tenendo conto che si hanno valori di pressione molto modesti.



COMBINAZIONE 1 – SLU – max 0.70 kg/cm<sup>2</sup>



COMBINAZIONE 3 – SLV – SISMA X – max 0.6 kg/cm<sup>2</sup>


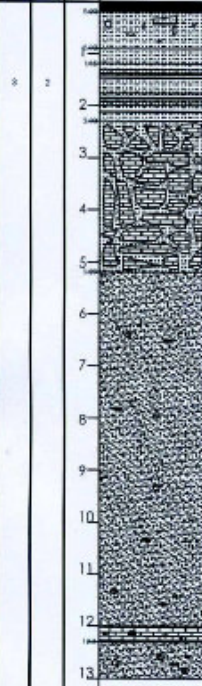


COMBINAZIONE 9 – SLV – SISMA Y – max 0.7 kg/cm<sup>2</sup>

Nella relazione di calcolo allegata è presente la verifica della platea di fondazione.

## Verifica del muro di sostegno.

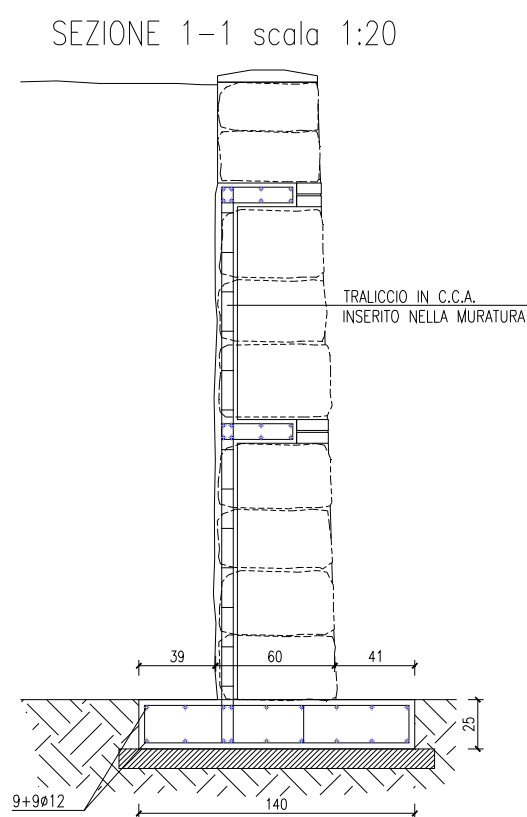
Per il calcolo della spinta del terreno si è considerata la stratigrafia desunta nella documentazione di micro zonazione ed anche un report di un sondaggio liberamente scaricabile dal sito internet della regione e limitrofo alla zona d'intervento.

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
|  U.O. Indagini - Monitoraggio<br>Attività Geotecniche (P.C.)<br>Tel. e Fax 0445/9880<br>C.F.P. - Reg. Imprese Prof. Casoria<br>n. 045000045<br>n. R.I.A. 26409<br>via. Aldo Moro, 100 - 00186 Roma |  | MACCHINA PERFORATRICE: IPC DRILL 830<br>METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO CONTINUO<br>RIVESTIMENTO: foro non rivestito<br>ATTREZZO DI PERFORAZIONE: Carotere DMM 101 mm<br>NOTE: Profondità raggiunta 13.00 metri, fondo: 3.00 m. - 5.00 m. - 10.00 m.p.c.  |  | S1<br>PROFONDITA'<br>m 13,00  |
| Committente: Geol. Feralli<br>Cantiere: Bertinoro (FC)  |  | DATA:<br>02/Marzo/2012   |  |   |
| CAMPIONI estratti: (S) - indicativo (S)<br>A - da carotere semplice (S)<br>B - da carotere doppio (S)   |  | OPERATORE: Dott. Geol. Mario S. Gabrielli<br>ASSISTENTE: Lorenzo Gabrielli   |  |   |
| Profondità<br>m<br>0<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10<br>11<br>12<br>13<br>14<br>15<br>16<br>17<br>18<br>19<br>20   | Simbolo<br>Stratigrafico<br> | DESCRIZIONE STRATIGRAFICA<br>Asfalto e sottolampo stradale<br>Argille plastiche con ghiaie e macerie, con circolazione idrica e tubo di PVC di vecchia condotta<br><u>Coltre detritica argillosa</u><br>Argille ocra plastiche<br>Argille rosastre finemente laminare con ossidi di manganese (deposito di lisciviazione dei calcari - fertilizzazione)<br><u>Coltre detritica di falda</u><br>Clasti di calcarenite organogene (Spungone) in matrice limosa argillosa marrone rossastra<br><u>Formazione dello Spungone</u><br>Sabbie fini in matrice limosa biancastra inglobanti clasti di calcarenite organogene (Spungone), stratificazione massiva<br>Urtello di calcarenite organogene fossilifero (Spungone)<br>Sabbie fini in matrice limosa biancastra inglobanti clasti di calcarenite organogene (Spungone), stratificazione massiva<br>fine sondaggio |  | Prof. acqua<br>Data lettura<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12<br>11/11/12 |

La coltre superficiale è una miscela di argill, sabbia e ghiaia, come anche visibile dal piccolo cedimento del muro di sostegno esistente e vi si può attribuire un angolo d'attrito pari a 35°.

Il muro di sostegno è di tipo a gravità, tuttavia si è ritenuto opportuno realizzare un retrostatante reticolo costituito da travi e pilastri in c.a. oltre alla sottostante platea in modo da solidarizzare al meglio la muratura.

Il muro di sostegno è stato verificato attraverso un calcolo manuale della spinta attiva a monte ed effettuando la verifica a ribaltamento con un proprio foglio di calcolo elettronico. Per la verifica lato terreno si è considerato un carico limite di 2.00 kg/cmq tenuto conto del fatto che il muro è esistente e il terreno sottostante sovra consolidato.



### **Criteri di calcolo e verifica secondo NTC 2018**

Le verifiche sono state condotte secondo l'approccio 1 allestendo un foglio di calcolo elettronico che calcola la spinta con la combinazione A1+M1+R1 e A2+M2+R2 come da tabelle 6.2.I – 6.2.II – 6.5.I

In particolare:

### **Combinazione statica unica Approccio 2**

$$\gamma_G = 1.00$$

$$\gamma_M = 1.00 \text{ (} c_u \text{ e } \phi \text{)}$$

$$\gamma_R = 1.15 \text{ (ribaltamento)}$$

$$\gamma_R = 1.10 \text{ (scorrimento)}$$

$$\gamma_R = 1.40 \text{ (resistenza terreno)}$$

combinazione sismica

$$\gamma_G = 1.00$$

$$\gamma_M = 1.00 \text{ (} c_u \text{ e } \phi \text{)}$$

$$\gamma_R = 1.00 \text{ (ribaltamento)}$$

$$\gamma_R = 1.00 \text{ (scorrimento)}$$

$$\gamma_R = 1.12 \text{ (resistenza terreno)}$$

Si adottano i criteri di Monobe - Okabe.

**La verifica è condotta per un'altezza pari a 3.00 m.**

Per la verifica a scorrimento il coefficiente d'attrito terreno fondazione è pari a:

$$\tan \phi = \tan 35^\circ = 0.70. \text{ cautelativamente abbassato a } 0.60$$

Per la verifica a schiacciamento si è considerato un valore cautelativo di capacità portante pari a 2.00 kg/cmq.

### **Verifica**

Si adotta l'approccio 2 e si utilizzano le seguenti combinazioni (Par. 6.5.3.1.1):

$$1) \text{ A1} + \text{M1} + \text{R3}$$

### **Combinazione statica**

|                                       |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|--|---------|----------|--------------------------------|---------|----------|--|
|                                       |                 | calcolo spinta muri di sostegno |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 | dati terreno                    |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 |                                 |                     |  | cos e   | 1        | cos 2 e                        | 1       |          |  |
| altezza scavo                         | h=              | 3 m                             | valori fattorizzati |  | cos f   | 0.819152 | cos 2 f                        | 0.67101 |          |  |
| peso specifico                        | $\gamma =$      | 1800 kg/mc                      |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| angolo di attrito                     | $\phi =$        | 35 °                            | 35                  |  | tan fi' | 0.700208 | tan fi'/coeff                  |         | 0.700208 |  |
| inclinazione pendio                   | $\varepsilon =$ | 0 °                             |                     |  |         |          | tan-1                          |         | 0.610865 |  |
| coesione                              | c =             | 0                               | 0                   |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| coeff M2 $\phi$                       |                 | 1                               |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| coeff M2 coesione                     |                 | 1                               |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| calcolo coefficiente di spinta attiva |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| $\lambda_a =$                         | 0.2709901       | sa                              | 1463.346            |  | $h^* =$ | 0 m      | altezza per cui non c'è spinta |         |          |  |
| Sa =                                  | 2195.0194       | sa fatt.                        | 1463.346            |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| componente orizzontale                |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| So                                    | 2195.0194       |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| componente verticale                  |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| Sv                                    | 0               |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| con coefficienti parziali:            |                 | $\gamma G1 =$                   | 1                   |  |         |          |                                |         |          |  |
| Sa                                    | 2195.0194       |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
|                                       |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| componente orizzontale                |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| So                                    | 2195.0194       |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| componente verticale                  |                 |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |
| Sv                                    | 0               |                                 |                     |  |         |          |                                |         |          |  |

### Incremento sismico (paragrafo 7.11.3.5.2 NTC 17/01/2018)

Nell'analisi pseudostatica l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| azione sismica |                     |
| $K_h =$        | $\beta_m a_{max}/g$ |
| $\beta_s =$    | 0.28                |
| $a_g$          | 0.23                |
| $F_0$          | 2.4                 |
| $S_s$          | 1.17                |
| $S_t$          | 1.2                 |
| $a_{max}$      | 0.32292             |
| $K_h =$        | 0.0904176           |
| $k_v =$        | 0.0452088           |

$$\theta_+ = \arctg(k_h/1+k_v)$$

$$\theta_- = \arctg(k_h/1-k_v)$$

Calcolo del coefficiente di spinta attiva in condizione sismica (Mononobe – Okabe) – nel caso di  $\varepsilon < \phi' - \theta$

$$\lambda a(\varepsilon) = (\sin^2 \alpha + \phi - \theta) / \cos \theta \sin^2 \alpha \sin (\alpha - \delta - \theta) [1 + \sqrt{(\sin (\phi + \delta) \sin (\phi - \varepsilon - \theta) / \sin (\alpha - \delta - \theta) \sin (\alpha + \varepsilon))^2}]$$

Per la verifica di resistenza della struttura si deve utilizzare la combinazione 1 dell'approccio 1 con coeff. A1 pari ad 1

Pertanto  $\phi = 35^\circ$

| calcolo coefficiente spinta attiva mononobe okabe |           |          |                         |          |          |  |                         |          |          |
|---|-----------|----------|-------------------------|----------|----------|--|-------------------------|----------|----------|
|   |           |          | calcoli per teta+       |          | quadrato |  | calcoli per teta-       |          | quadrato |
| alfa  | 90        |          | sen(alfa + fi - teta)   | 0.865538 | 0.749156 |  | sen(alfa + fi - teta)   | 0.869579 | 0.756167 |
| fi  | 35        |          | cos teta                | 0.996279 |          |  | cos teta                | 0.995546 |          |
|   |           |          | sen alfa                | 1        | 1        |  | sen alfa                | 1        | 1        |
| delta   | 0         |          | sen alfa - delta - teta | 0.996279 |          |  | sen alfa - delta - teta | 0.995546 |          |
| epsilon   | 0         |          | sen fi + delta          | 0.573576 |          |  | sen fi + delta          | 0.573576 |          |
|   |           |          | sen fi - eps - teta     | 0.500844 |          |  | sen fi - eps - teta     | 0.493795 |          |
| teta +  | 0.0862919 | 4.944162 | sen alfa - delta - teta | 0.996279 |          |  | sen alfa - delta - teta | 0.995546 |          |
| teta -  | 0.0944173 | 5.40971  | sen alfa + eps          | 1        |          |  | sen alfa + eps          | 1        |          |
|   |           |          |                         | 1.536978 |          |  |                         | 1.533382 |          |
| ka + =  | 0.3195029 |          |                         | 2.3623   |          |  |                         | 2.351259 |          |
| ka - =  | 0.3244849 |          |                         |          |          |  |                         |          |          |
| S+  | 2704.9724 |          |                         |          |          |  |                         |          |          |
| S-  | 2509.5042 |          |                         |          |          |  |                         |          |          |

### Incremento di spinta sismica

$$S_{int} = K_h \times P$$

dove: P = Peso muro

| dimensioni soletta       |                      |              |      | peso terreno retrostante |      |                        |      |
|--------------------------|----------------------|--------------|------|--------------------------|------|------------------------|------|
| B                        | 1.4                  | $\gamma =$   | 2500 | H =                      | 3    | $\gamma =$             | 1800 |
| h                        | 0.25                 | $\gamma G =$ | 1    | B =                      | 0.4  | $\gamma G =$           | 0.9  |
| profondità               | 1                    | P =          | 875  | prof                     | 1    | P                      | 1944 |
| distanza punto rotazione |                      |              | 0.7  | distanza punto rotazione |      |                        | 1.2  |
| dimensioni muro          |                      |              |      |                          |      |                        |      |
| s                        | 0.6                  | $\gamma =$   | 2200 | P tot =                  | 6779 | per incremento sismico |      |
| h                        | 3                    | $\gamma G =$ | 1    | P tot =                  | 3960 |                        |      |
| profondità               | 1                    | P =          | 3960 |                          |      |                        |      |
| distanza punto rotazione |                      |              | 0.7  |                          |      |                        |      |
| incremento spinta        |                      |              |      |                          |      |                        |      |
| Sint                     | $K_h \times P_{tot}$ | 358.0537     |      |                          |      |                        |      |

|   |          |            |          |               |          |
|---|----------|------------|----------|---------------|----------|
| <b>verifica a ribaltamento statica</b>                |          |            |          |               |          |
| posizione spinta:                                     | H/3      |            | 1        | S stat        | 2195.019 |
| posizione incrementata                                | H/2      |            | 1.5      |               |          |
| $\gamma R =$  | 1.15     |            |          |               |          |
| M rib =   | 2195.019 |            |          |               |          |
| M stab =  | 4971.565 | Sr         | 0.441515 | verificato    |          |
| <b>verifica a schiacciamento statica</b>              |          |            |          |               |          |
| calcolo della tensione di contatto                    |          |            |          |               |          |
| $U = (M_{stab} - M_{rib}) / (P + S_v)$                |          |            | 0.40958  |               |          |
| $e = B/2 - u$   |          |            | 0.29042  |               |          |
| $B/6 =$   |          |            | 0.233333 |               |          |
| $\sigma_t = 2(P + S_v) / (3 \cdot 100 \cdot u)$       |          |            | 1.103406 | per $U > B/6$ |          |
| $\sigma_t = (P + S_v) / 100 \cdot B \cdot (1 + 6e/B)$ |          |            | 1.086894 | per $U < B/6$ |          |
| $\sigma_t =$  |          |            | 1.103406 |               |          |
| carico limite   |          |            | 2        |               |          |
| Res. Terreno  |          |            | 1.428571 | $\gamma R =$  | 1.4      |
|   |          |            |          |               |          |
| Sr  | 0.772384 | verificato |          |               |          |
| <b>Verifica a scorrimento statica</b>                 |          |            |          |               |          |
| $\gamma R =$  |          |            | 1.1      |               |          |
| fi terreno fondazion                                  |          |            | 35       |               |          |
| f - coeff attrito                                     |          |            | 0.6      | tan fi        |          |
|   |          |            |          |               |          |
| P =   |          |            | 6779     |               |          |
| F stab  |          |            | P x f    | 3697.636      |          |
|   |          |            |          |               |          |
| F instab = Sa   |          |            | 2195.019 |               |          |
|   |          |            |          |               |          |
| Sr =  |          |            | 0.593628 | verificato    |          |

|   |            |              |          |               |          |
|---|------------|--------------|----------|---------------|----------|
| <b>verifica a ribaltamento sisma</b>            |            |              |          |               |          |
| posizione spinta:                               | H/3        |              | 1        | S max         | 2704.972 |
| posizione incremento                            | H/2        |              | 1.5      | S int         | 358.0537 |
| $\gamma R =$                                    | 1          |              |          |               |          |
| M rib =   | 3242.053   |              |          |               |          |
| M stab =  | 5717.3     | Sr           | 0.56706  | verificato    |          |
| <b>verifica a schiacciamento sismica</b>        |            |              |          |               |          |
| calcolo della tensione di contatto              |            |              |          |               |          |
| $U = (M_{stab} - M_{rib}) / (P + S_v)$          |            |              | 0.365135 |               |          |
| $e = B/2 - u$                                   |            |              | 0.334865 |               |          |
| $B/6 =$   |            |              | 0.233333 |               |          |
| $\sigma_t = 2(P + S_v) / (3 \cdot 100 \cdot u)$ |            |              | 1.237717 | per $e > B/6$ |          |
| $\sigma_t = (P + S_v) / 100 \cdot B (1 + 6e/B)$ |            |              | 1.179128 | per $e < B/6$ |          |
| $\sigma_t = 1.2377173$                          |            |              |          |               |          |
| carico limite                                   |            |              | 2        |               |          |
| Res terreno                                     | 1.666667   | $\gamma R =$ | 1.2      |               |          |
| Sr  | 0.7426304  | verificato   |          |               |          |
| <b>Verifica a scorrimento sismica</b>           |            |              |          |               |          |
| $\gamma R =$                                    | 1          |              |          |               |          |
| fi terreno fondazione                           |            |              | 35       |               |          |
| f - coeff attrito                               |            |              | 0.6      | tan fi        |          |
|   |            |              |          |               |          |
| P =   |            |              | 6779     |               |          |
| F stab  | P x f      | 4067.4       |          |               |          |
|   |            |              |          |               |          |
| F instab =                                      | Sa + S int | 3063.026     |          |               |          |
|   |            |              |          |               |          |
| Sr =  | 0.7530673  | verificato   |          |               |          |

**Le verifiche risultano soddisfatte**

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori  
Ing. Gianni Bandini

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

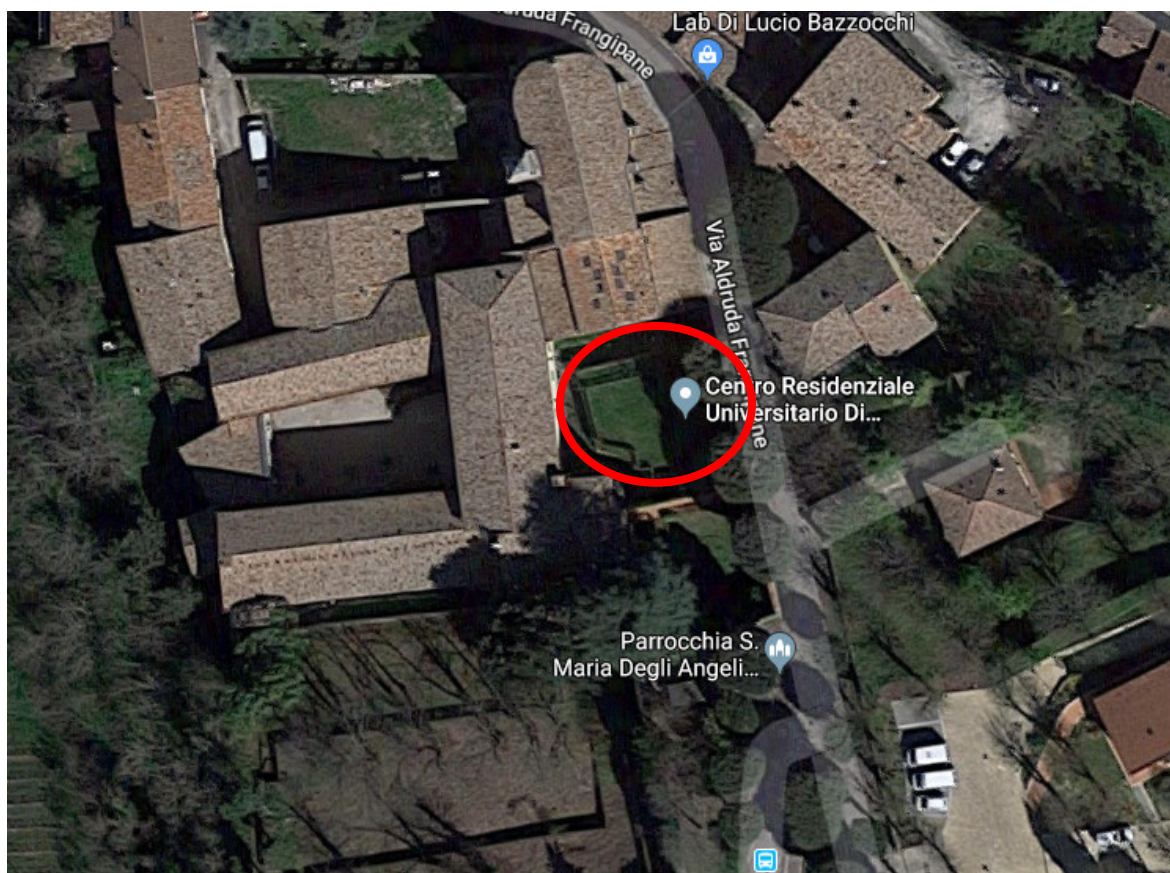
**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

## **RELAZIONE FOTOGRAFICA**



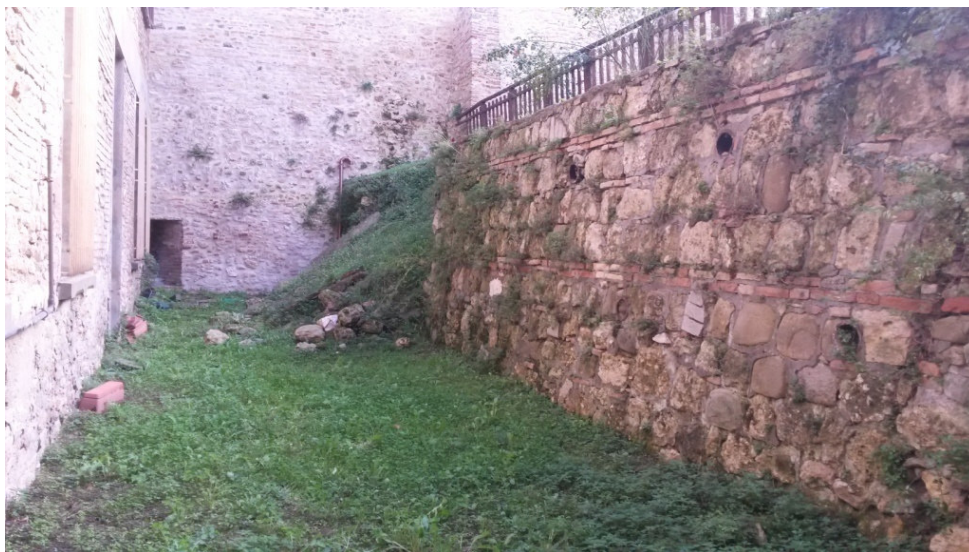
Zona d'intervento



Scorcio corte interna



Posizione passerella 2 con finestra da trasformare in porta finestra



Scannafosso con porzione di muro con cedimento



Posizione passerella 1

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori  
Ing. Gianni Bandini

Prot. 8c39-rel-cal / Testi 2019

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

#### **PIANO MANUTENZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI REALIZZATE**

La committenza è tenuta all'individuazione della figura professionale addetta al controllo di quanto indicato nel seguente piano di manutenzione.

Si deve tenere comunque conto che alcune piccole cavillature sono normale conseguenza dell'assestamento e non un segnale di dissesti statici.

Al fine di una corretta manutenzione deve essere effettuata una estesa relazione fotografica alla fine dei lavori.

- 1) Si deve effettuare un controllo dello stato fessurativo e deformativo delle nuove strutture misurabile dalla variazione delle distanze fra punti di riferimento – CONTROLLO BIENNALE;
- 2) Gli elementi strutturali non devono essere manomessi in alcun modo pena la loro stabilità. E' vietata l'apertura di fori di qualsiasi genere. – CONTROLLO ANNUALE;
- 3) Verificare che non vi sia la presenza di carichi anomali o superiori a quelli di progetto e/o previsti da normativa – CONTROLLO ANNUALE
- 4) A livello delle fondazioni deve essere verificata l'assenza di anomale crepe o fessurazioni nella pavimentazioni accompagnate da irregolarità o

deformazione di piano che indichino cedimenti del terreno – CONTROLLO BIENNALE

- 5) Deve essere verificata la corretta regimazione delle acque – CONTROLLO BIENNALE
- 6) Deve essere verificato che non si formino ristagni di acqua sull'assito in particolare in corrispondenza delle teste delle viti che devono essere a vista. – CONTROLLO ANNUALE
- 7) Deve essere controllata l'eventuale pèresenza di fenomeni di ossidazione nelle strutture metalliche esposte agli agenti atmosferici in particolare in corrispondenza dei collegamenti – CONTROLLO BIENNALE.
- 8) Per i calcestruzzi esposti all'aria deve essere verificata la consistenza del copriferro, verificando eventuali distacchi e/o rigonfimenti che indichino presenza di corrosione nelle armature. Deve inoltre essere verificata la conservazione delle eventuali vernici protettive – CONTROLLO BIENNALE.

Le presenti raccomandazioni costituiscono una sintesi delle principali operazioni di controllo che è tenuta a effettuare il fruitore delle opere, con esplicito riferimento alle strutture in modo da realizzare un documento breve e facilmente consultabile. Per maggiori dettagli si rimanda al piano di manutenzione completo dell'opera a cura del progettista generale.

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori  
Ing. Gianni Bandini

Prot. 8c39-rel-cal / Testi 2019

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

### **RELAZIONE SUI MATERIALI**

Nel progetto e nella verifica degli elementi strutturali si sono considerati i seguenti materiali (si veda anche capitolo 11 NTC 17/01/2018):

#### **CALCESTRUZZO:**

Classe di esposizione: XC3

Classe di resistenza: C28/35

Dimensione massima dell'inerte: 20 mm

Slump S4 – Rapporto a/c < 0.55

#### **ACCIAIO PER ARMATURE:**

acciaio per cemento armato B450C : Fyk 450 N/mm<sup>2</sup>

tensione caratteristica di rottura : Ftk 540 N/mm<sup>2</sup>

allungamento (Agt)<sub>k</sub> 7.5%

#### **ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA**

Acciaio S 275 JR

Fyk 275 N/mm<sup>2</sup> per t≤40mm

Ftk 430 N/mm<sup>2</sup> per t≤40mm

#### **ACCIAIO PER BULLONERIA E BARRE FILETTATE**

Acciaio zincato classe 8.8

Fyk 649 N/mm<sup>2</sup>

Ftk 800 N/mm<sup>2</sup>

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori

Ing. Gianni Bandini

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** *Ing. GIANNI BANDINI, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R*

**COLLABORATORE:** *Ing. MARCO MARGOTTI, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M*

### **Relazione Geologica**

Dichiaro che in relazione alla tipologia d'intervento, visti i modesti carichi, ed in base alla conoscenza del sito in esame, non si è ritenuto necessario redigere alcuna relazione geologica. Si rimanda a quanto contenuto in relazione geotecnica.

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori  
Ing. Gianni Bandini

Prot. 8c39-rel-cal / Testi 2019

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** *Ing. GIANNI BANDINI, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R*

**COLLABORATORE:** *Ing. MARCO MARGOTTI, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M*

### **Relazione sulla modellazione sismica**

Dichiaro che la relazione sulla modellazione sismica è parte integrante della relazione di calcolo.

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori

Ing. Gianni Bandini

Prot. 8c39-rel-cal / Testi 2019

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** *Ing. GIANNI BANDINI, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R*

**COLLABORATORE:** *Ing. MARCO MARGOTTI, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M*

### **Valutazione della sicurezza**

Dichiaro che la relazione di valutazione della sicurezza è parte integrante della relazione di calcolo.

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori

Ing. Gianni Bandini

Prot. 8c39-rel-cal / Testi 2019

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX  
SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** *Ing. GIANNI BANDINI, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R*

**COLLABORATORE:** *Ing. MARCO MARGOTTI, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrqmarco79@gmail.com](mailto:mrqmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M*

### **Rilievo Geometrico Strutturale**

Dichiaro che il rilievo geometrico strutturale è parte integrante delle tavole del progetto esecutivo.

Forlì, 11/03/2019

Il calcolatore e direttore dei lavori

Ing. Gianni Bandini

**OGGETTO: REALIZZAZIONE PASSERELLE PER USCITE DI SICUREZZA – EX SEMINARIO VESCOVILE SEDE DEL CEUB DI BERTINORO**

**COMMITTENTE: CEUB SOC COOP. A.R.L.**

**ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**TECNICO:** Ing. *GIANNI BANDINI*, Via Carlo Pisacane, 18 – Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [gbandini@libero.it](mailto:gbandini@libero.it) – c.f. BNDGNN51R24D704R

**COLLABORATORE:** Ing. *MARCO MARGOTTI*, Via Carlo Pisacane, 18 Forlì tel: 0543.33113 – e-mail [mrgmarco79@gmail.com](mailto:mrgmarco79@gmail.com) – c.f. MRGMRC79R03D704M

## **RELAZIONE TECNICA INTEGRATIVA**

A seguito della richiesta del 04/06/2019 mediante PEC, si apportano, alla pratica sismica **90 IDSIS 7165 del 03/04/2019**, le seguenti integrazioni:

### **Punto 1)**

- In relazione di calcolo era già presente l'indicazione della massima deformata in combinazione SLE rara.

$$\delta_{\text{tot}} = 1.62 \text{ cm}$$

Secondo il paragrafo 4.2.4.2.2 Tabella 4.2.XII il limite di deformabilità  $\delta_{\text{max}}/L < 1/250$  per solai in genere.

$$L = 6.40 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{max}}/L = 1.62/640 = 1/395 - \text{verificato}$$

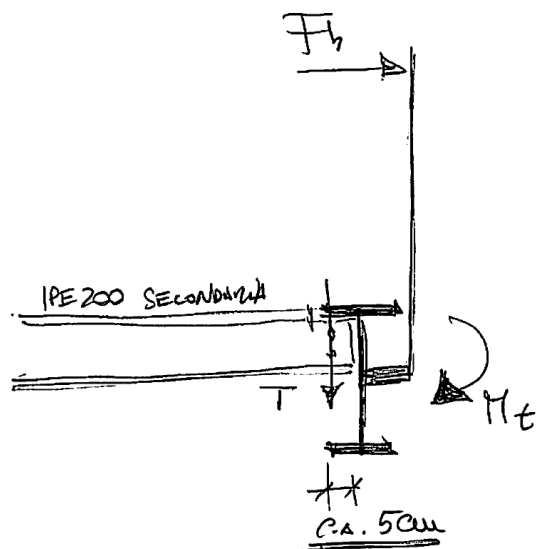
Per la passerella 2  $\delta_{\text{tot}} = 1.31 \text{ cm}$

$$L = 5.20 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{max}}/L = 1.31/520 = 1/396 - \text{verificato}$$

- La verifica di instabilità flesso – torsionale è stata condotta come desumibile nella colonna svergolamento delle tabelle riassuntive delle verifiche delle aste. (pag. 23 e 32 della relazione di calcolo);

Si effettua la verifica torsionale della trave di bordo secondo il seguente schema.



Caratteristiche inerziali IPE 270 kgm

$$Z_x = 484 \text{ cmc}$$

$$e = 1.02 \text{ (spessore ala)}$$

$$J_t = 15.95 \text{ cm}^4$$

$$M_t = 270 \text{ kgm}$$

Dall'analisi statica dell'impalcato si determina il momento flettente associato alla combinazione di carico con folla compatta 400 kg/mq.

$$M = 4200 \text{ kgm}$$

$$T = 975 \text{ kg}$$

$$M_t = 270 \text{ kgm}$$

$$M_d = 270 \text{ kgm} - 975 \cdot 0.05 = 222 \text{ kgm}$$

$$\sigma_x = M_x / Z_x = 420000 / 484 = 867 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = M_t \cdot e / J_t = 22200 \cdot 1.02 / 15.95 = 1419 \text{ kg/cm}^2$$

Criterio di verifica secondo paragrafo 4.2.4.1.2

$$\sigma_x^2 + 3 \tau^2 < f_{yk} / \gamma_{M0}^2 \quad (2750 / 1.05 = 2619)$$

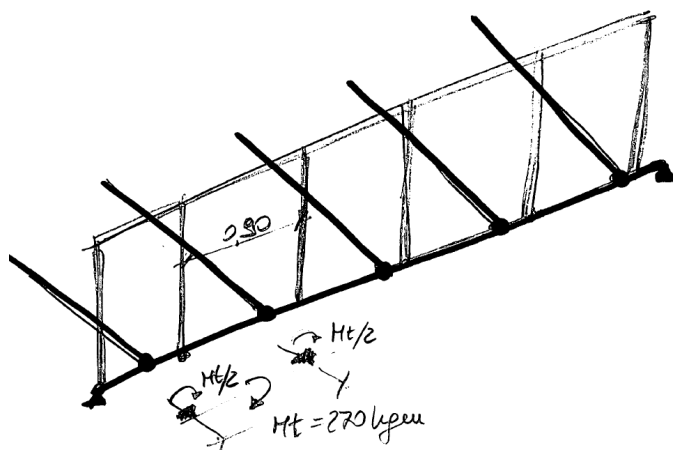
Che può essere anche messo sotto radice (criterio di Von Mises)

$$\sigma_{id} = 2606 < 2619 \text{ kgm verificato}$$

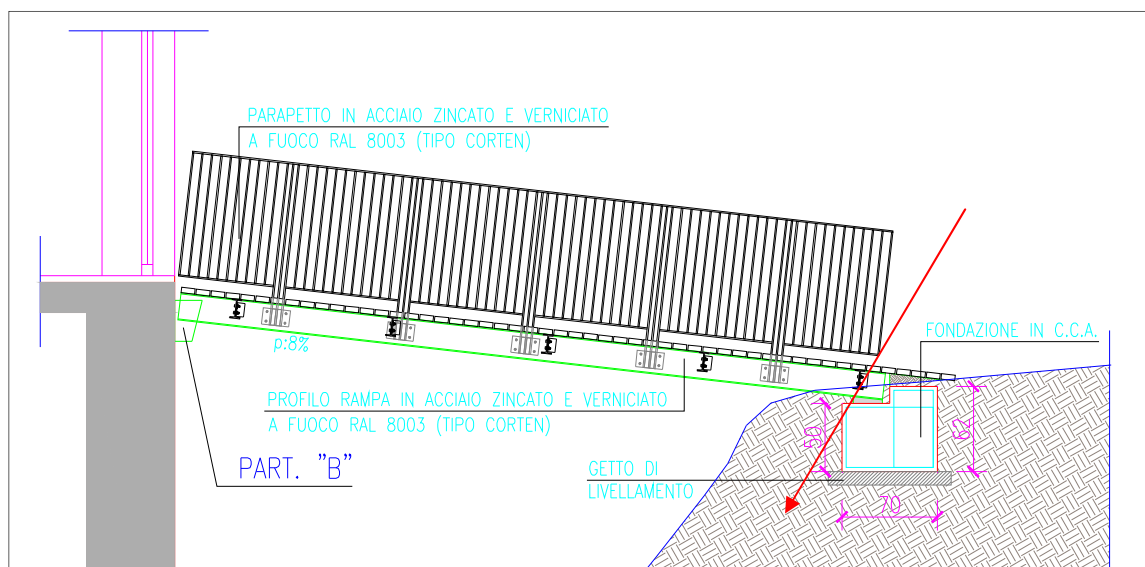
La verifica risulterebbe soddisfatta sebbene di poco. Per la passerella 2 diversamente la verifica non risulta soddisfatta pertanto si è ritenuto inserire per entrambe un traverso

intermedio per bloccare la rotazione della trave sul suo asse come da esecutivi aggiornati e sostitutivi delle tavole iniziali.

In questo modo l'azione torsionale assume il seguente schema in quanto per ogni campitura insiste un solo montante e quindi l'azione è dimezzata.



Si omette la verifica per la passerella 1 in quanto già verificata nella configurazione attuale. Per la passerella 2 si ha che la porzione di trave più sollecitata torsionalmente è quella in prossimità dell'appoggio (circa a 70-80 cm dall'appoggio) come si vede dal seguente prospetto in quanto i montanti in mezzzeria della trave sono in corrispondenza delle travi secondarie.



Pertanto per la passerella secondaria si ha:

$$Z_x = 221 \text{ cmc}$$

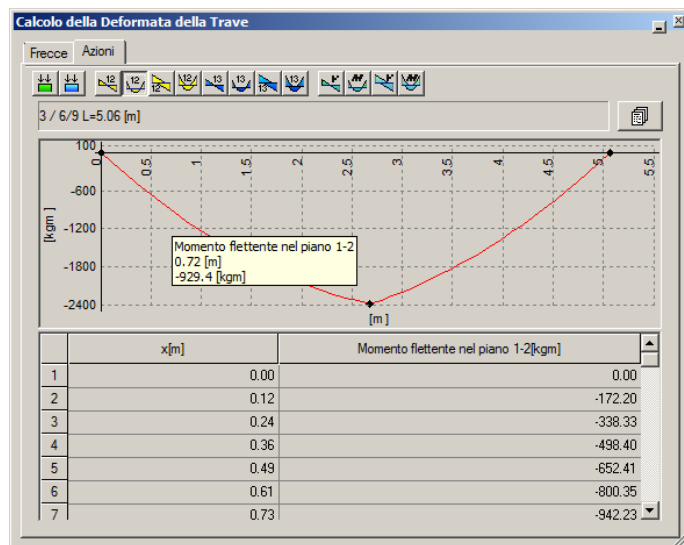
$$e = 0.85 \text{ (spessore ala)}$$

$$J_t = 6.98 \text{ cm}^4$$

$M_t = 135 \text{ kgm}$

Dall'analisi statica dell'impalcato si determina il momento flettente associato alla combinazione di carico con folla compatta  $400 \text{ kg/mq}$ .

$M = 900 \text{ kgm}$



$T = 450 \text{ kg}$

$M_t = 135 \text{ kgm}$

$M_d = 135 \text{ kgm} - 500 \cdot 0.05 = 110 \text{ kgm}$

$\sigma_x = M_x / Z_x = 90000 / 221 = 407 \text{ kg/cm}^2$

$\tau = M_t e / J_t = 11000 \cdot 0.85 / 6.98 = 1340 \text{ kg/cm}^2$

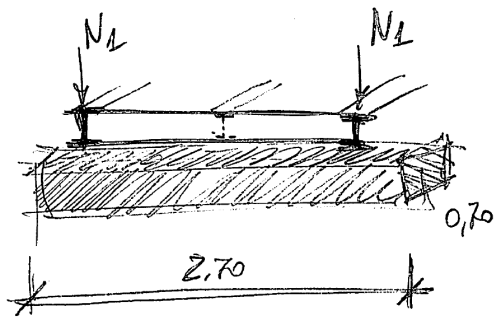
Criterio di verifica secondo paragrafo 4.2.4.1.2

$\sigma_x^2 + 3 \tau^2 < f_{yk} / \gamma_{M0}^2$  ( $2750 / 1.05 = 2619$ )

Che può essere anche messo sotto radice (criterio di Von Mises)

**$\sigma_{id} = 2356 < 2619 \text{ kgm verificato}$**

- Si determina la tensione di contatto terreno fondazione considerando le reazioni vincolari degli appoggi distribuiti in modo uniforme sul terreno data la rigidezza della trave di fondazione.



$N_1 = 2305 \text{ kg}$

Biella Dal nodo 11 al nodo 3 sezione 1

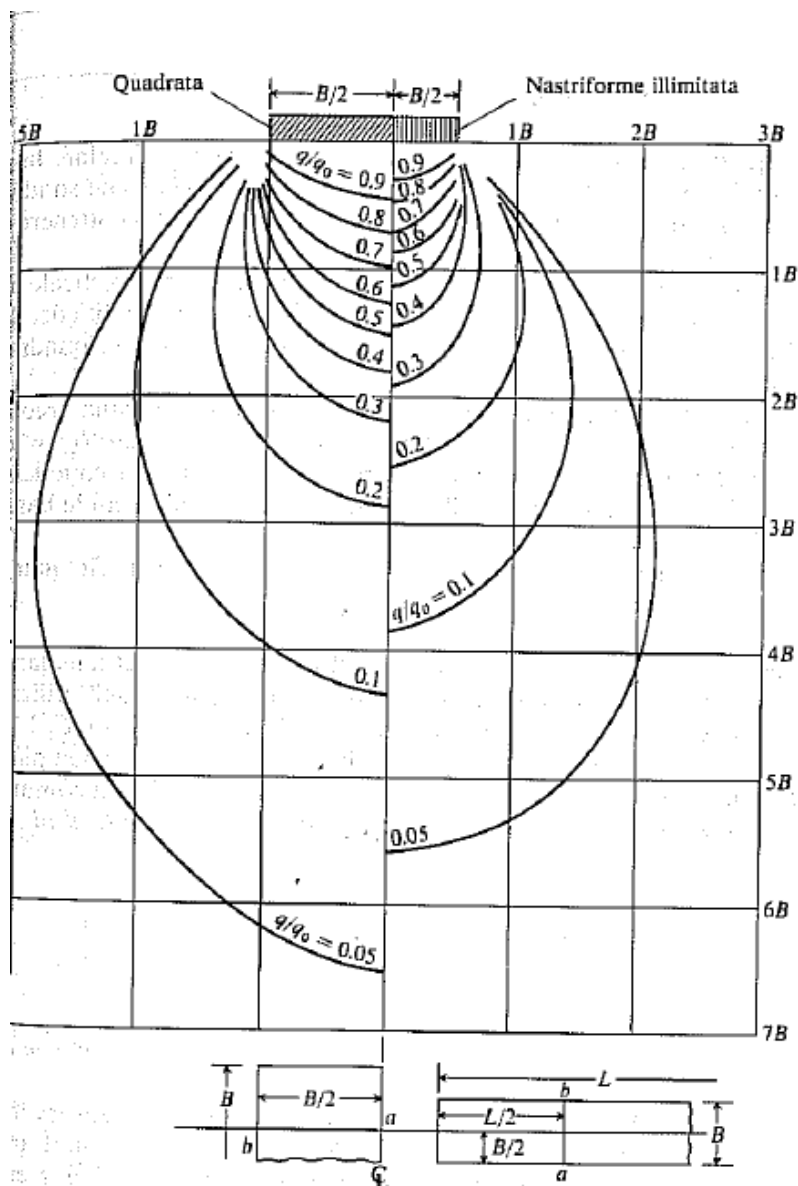
|    | Comb. | Nodo | N<br>[kg] | T 1-2<br>[kg] | T-13<br>[kg] |
|----|-------|------|-----------|---------------|--------------|
| 1  | 1     | 11   | 2152.2    | 0.0           | 0.0          |
| 2  |       | 3    | -2152.1   | 0.0           | 0.0          |
| 3  | 2     | 11   | 1924.4    | 0.0           | 0.0          |
| 4  |       | 3    | -1924.3   | 0.0           | 0.0          |
| 5  | 3     | 11   | 2304.1    | 0.0           | 0.0          |
| 6  |       | 3    | -2304.0   | 0.0           | 0.0          |
| 7  | 4     | 11   | 1476.4    | 0.0           | 0.0          |
| 8  |       | 3    | -1476.3   | 0.0           | 0.0          |
| 9  | 5     | 11   | 1324.5    | 0.0           | 0.0          |
| 10 |       | 3    | -1324.4   | 0.0           | 0.0          |
| 11 | 6     | 11   | 1020.7    | 0.0           | 0.0          |
| 12 |       | 3    | -1020.6   | 0.0           | 0.0          |

$N_{\text{tot}} = 4610 \text{ kg}$

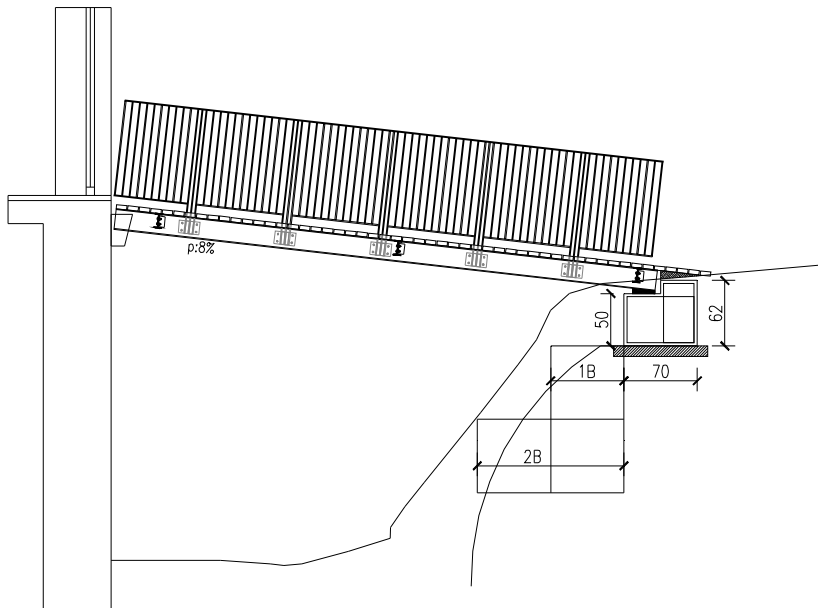
$\sigma_t = 4610 / (70 * 270) = 0.25 \text{ kg/cm}^2$

Si tratta di un incremento modestissimo approfondito a circa 1.00 m e sufficientemente distante dal bordo del pendio circa 80-100 cm.

Relativamente alle tensioni tangenziali si verifica secondo il bulbo delle pressioni di Boussinesq per fondazioni nastroformi, che non vi sia interferenza con il profilo del pendio.



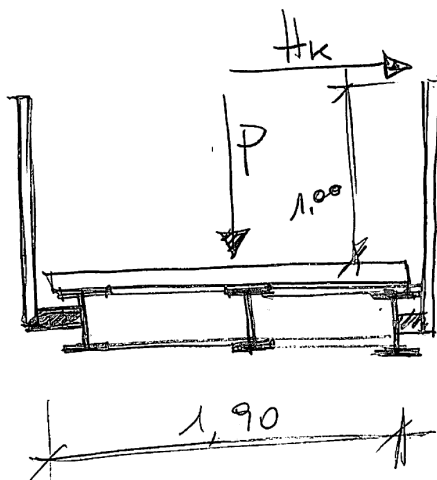
**5** Linee isostatiche della pressione verticale ottenute sulla base dell'equazione di Boussinesq per fondazioni quadrate e nastri forme (illimitate). I risultati sono applicabili solo lungo la linea  $ab$  che va dal centro al bordo della fondazione.



Anche per la linea isostatica di  $q/q_0 = 0.05$  non si ha interferenza con il pendio.

Pertanto la soluzione proposta si ritiene corretta.

- Verifica di stabilità globale. Nella verifica globale si assume che per avere la massima spinta vi sia in contemporanea il massimo carico sulla passerella.



$$H = 200 \times 1.50 = 300 \text{ kg/m}$$

$$M_d = 300 \times 1.00 = 300 \text{ kgm/m}$$

$$P = 400 \text{ kg/mq} \times 1.90 \times \gamma_Q = 684 \text{ kg}$$

$$M_r = 684 \times 0.95 \text{ m} = 650 \text{ kgm/m}$$

$$S_r = 300 / 650 = 0.46 < 1 \text{ verificato}$$

Poiché per la tabella 2.6.I non è possibile considerare il contributo stabilizzante dei carichi variabili si predispongono in entrambi gli appoggi dei bulloni per assorbire la coppia stabilizzante.

Azione di trazione sul bullone:  $M_d / b$

$$M_d = M_d(ml) \times L/2 = 300 \text{ kgm} \times 5 / 2 = 750 \text{ kgm}$$

$$\pm N = 750 / 1.90 \text{ m} = 395 \text{ kg}$$

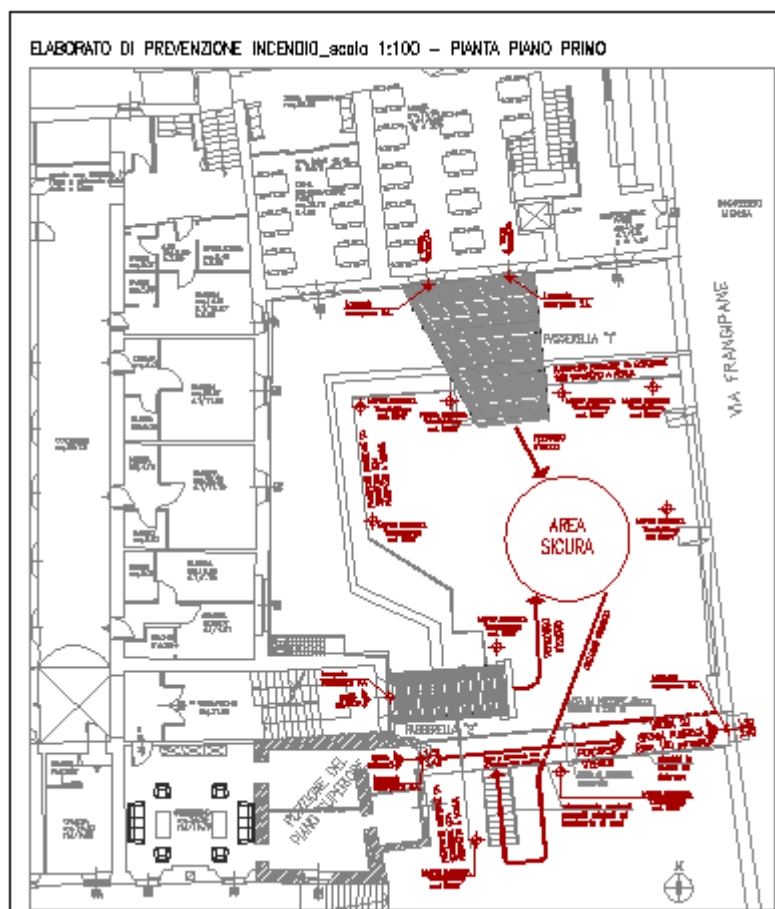
Il collegamento con piastre e fondazione avviene con barre M16. In corrispondenza dell'appoggio lato terrapieno il nodo è assolato per consentire lo scorrimento in condizioni sismiche.

$$\text{Verifica barra a trazione: } N_r = 0.90 f_{tk} A_{res} / 1.25 = 0.9 \times 8000 \times 1.57 / 1.25 = 9043 \text{ kg}$$

Valore ampiamente verificato.

#### Punto 2)

- Si specifica che l'area di punto di raccolta temporaneo è ubicata lontano al centro del cortile in quanto l'uscita di sicurezza verso il luogo sicuro è la passerella esistente che porta alla pubblica via come indicato nel presente layout di prevenzione incendi. Si premette che il progetto di prevenzione incendi è basato su un massimo affollamento di 100 persone e pertanto tutti i calcoli statici e dinamici effettuati sulle passerelle e sui parapetti sono assolutamente cautelativi rispetto all'effettivo affollamento. La superficie della corte interessata è pari a circa 250 mq, (circa 0.40 p/mq).



Inoltre la distanza del parapetto sullo scannafosso è distante circa 1.00 m e la distanza è tale che l'incremento di carico non influisce sulla spinta del terreno anche in relazione all'effettivo affollamento. Pertanto si ritiene che il calcolo effettuato sia già a favore di sicurezza.

- La muratura del muro è in blocchi di pietra a spacco e grosse pietre di fiume con buona tessitura anche in virtù della presenza di listature in mattoni. La muratura può essere classificata ai sensi della Tabella C8.5.I come pietre a spacco buona tessitura.

$f_m = 2.60 \text{ N/mm}^2$  -  $\gamma_m = 2100 \text{ kg/mc}$ .

La grossa problematica che portato al collasso è stata la disgregazione del manufatto dovuta alla mancata manutenzione e soprattutto alle infiltrazioni. Le nervature che sono previste servono soprattutto per mantenere la solidità e l'unità degli elementi lapidei.

- Si è aggiornato il foglio di calcolo con il coefficiente  $\beta_m = 0.38 \times 1.5 = 0.57$  per la verifica a ribaltamento e utilizzando  $\beta_m = 0.38$  per le restanti verifiche. Il coefficiente  $\gamma_r$  era già pari ad 1.2 nel foglio di calcolo (pag. 99) e la dicitura di pag. 95 è da considerarsi un refuso.

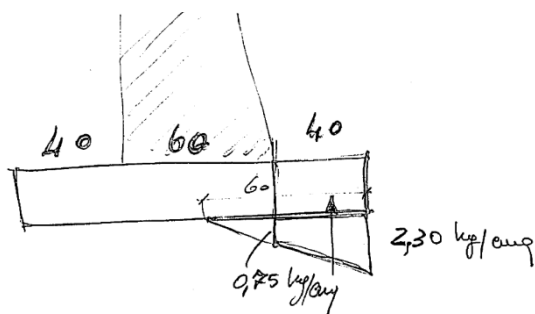
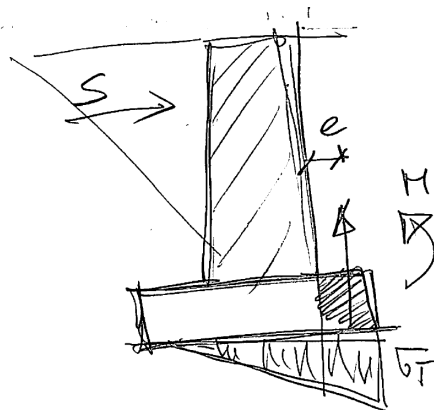
Si allega il calcolo aggiornato.

|   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
|---|-----------|----------|------------------------|--------------------------|----------|------------------------|------------------------|--|----------|
| azione sismica per verifica ribaltamento          |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| Kh =  | βm amax/g |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| βs =  | 0.57      |          | amplificato del 50%    |                          |          |                        |                        |  |          |
| ag  | 0.23      |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| F0  | 2.4       |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| Ss  | 1.17      |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| St  | 1.2       |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| amax  | 0.32292   |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| Kh =  | 0.1840644 |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| kv=   | 0.0920322 |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| calcolo coefficiente spinta attiva mononobe okabe |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
|   |           |          | calcoli per teta+      |                          | quadrato |                        | calcoli per teta-      |  | quadrato |
| alfa  | 90        |          | sen(alfa +fi - teta)   |                          | 0.903091 | 0.815574               | sen(alfa +fi - teta)   |  | 0.91678  |
| fi  | 35        |          | cos teta               |                          | 0.986091 |                        | cos teta               |  | 0.980064 |
|   |           |          | sen alfa               |                          | 1        | 1                      | sen alfa               |  | 1        |
| delta   | 0         |          | sen alfa - delta -teta |                          | 0.986091 |                        | sen alfa - delta -teta |  | 0.980064 |
| epsilon   | 0         |          | sen fi+delta           |                          | 0.573576 |                        | sen fi+delta           |  | 0.573576 |
|   |           |          | sen fi-eps-teta        |                          | 0.429449 |                        | sen fi-eps-teta        |  | 0.399393 |
| teta +  | 0.1669827 | 9.567402 | sen alfa - delta -teta |                          | 0.986091 |                        | sen alfa - delta -teta |  | 0.980064 |
| teta -  | 0.2000108 | 11.45978 | sen alfa + eps         |                          | 1        |                        | sen alfa + eps         |  | 1        |
|   |           |          |                        |                          | 1.499796 |                        |                        |  | 1.483469 |
| ka + =  | 0.3728763 |          |                        |                          | 2.249389 |                        |                        |  | 2.20068  |
| ka - =  | 0.3976162 |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| S+  | 3298.2629 |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| S-  | 2924.284  |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
|   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| dimensioni soletta                                |           |          |                        | peso terreno retrostante |          |                        |                        |  |          |
| B   | 1.4       | γ=       | 2500                   | H =                      | 3        | γ=                     | 1800                   |  |          |
| h   | 0.25      | γG=      | 1                      | B =                      | 0.4      | γG=                    | 0.9                    |  |          |
| profondità  | 1         | P =      | 875                    | prof                     | 1        | P                      | 1944                   |  |          |
| distanza punto rotazione                          |           |          | 0.7                    | distanza punto rotazione |          |                        | 1.2                    |  |          |
|   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| dimensioni muro                                   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| s   | 0.6       | γ=       | 2100                   | P tot =                  | 6599     | per incremento sismico |                        |  |          |
| h   | 3         | γG=      | 1                      | P tot =                  | 3780     |                        |                        |  |          |
| profondità  | 1         | P =      | 3780                   |                          |          |                        |                        |  |          |
| distanza punto rotazione                          |           |          | 0.7                    |                          |          |                        |                        |  |          |
|   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| incremento spinta                                 |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| Sint  | Kh x Ptot | 695.7634 |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
|   |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| verifica a ribaltamento sisma incrmentata 50%     |           |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| posizione spinta:                                 | H/3       |          | 1                      | S max                    | 3298.263 |                        |                        |  |          |
| posizione incremeto                               | H/2       |          | 1.5                    | S int                    | 695.7634 |                        |                        |  |          |
| γR=   | 1         |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| M rib =   | 4341.9081 |          |                        |                          |          |                        |                        |  |          |
| M stab =  | 5591.3    | Sr       | 0.776547               | verificato               |          |                        |                        |  |          |

| Stato limite Salvaguardia della Vita SLV          |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
|---|---------------------|--------------|------|--------------------------|--|----------|------------------------|------------------------|--|
| azione sismica                                    |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| Kh =  | $\beta_m a_{max}/g$ |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| $\beta_s =$                                       | 0.38                |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| ag  | 0.23                |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| F0  | 2.4                 |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| Ss  | 1.17                |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| St  | 1.2                 |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| amax  | 0.32292             |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| Kh =  | 0.1227096           |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| kv=   | 0.0613548           |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
|   |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| calcolo coefficiente spinta attiva mononobe okabe |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
|   |                     |              |      | calcoli per teta+        |  | quadrato |                        | calcoli per teta-      |  |
| alfa  | 90                  |              |      | sen(alfa +fi - teta)     |  | 0.879607 | 0.773709               | sen(alfa +fi - teta)   |  |
| fi  | 35                  |              |      | cos teta                 |  | 0.993383 |                        | cos teta               |  |
|   |                     |              |      | sen alfa                 |  | 1        | 1                      | sen alfa               |  |
| delta   | 0                   |              |      | sen alfa - delta -teta   |  | 0.993383 |                        | sen alfa - delta -teta |  |
| epsilon   | 0                   |              |      | sen fi+delta             |  | 0.573576 |                        | sen fi+delta           |  |
|   |                     |              |      | sen fi-eps-teta          |  | 0.475701 |                        | sen fi-eps-teta        |  |
| teta +  | 0.1151049           | 6.595028     |      | sen alfa - delta -teta   |  | 0.993383 |                        | sen alfa - delta -teta |  |
| teta -  | 0.1299933           | 7.44807      |      | sen alfa + eps           |  | 1        |                        | sen alfa + eps         |  |
|   |                     |              |      |                          |  | 1.524088 |                        |                        |  |
| ka + =  | 0.3375393           |              |      |                          |  | 2.322844 |                        |                        |  |
| ka - =  | 0.347282            |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
|   |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| S+  | 2901.8167           |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| S-  | 2640.3943           |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
|   |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| dimensioni soletta                                |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| B   | 1.4                 | $\gamma =$   | 2500 | H =                      |  | 3        | $\gamma =$             | 1800                   |  |
| h   | 0.25                | $\gamma G =$ | 1    | B =                      |  | 0.4      | $\gamma G =$           | 0.9                    |  |
| profondità  | 1                   | P =          | 875  | prof                     |  | 1        | P                      | 1944                   |  |
| distanza punto rotazione                          |                     |              | 0.7  | distanza punto rotazione |  |          | 1.2                    |                        |  |
|   |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| dimensioni muro                                   |                     |              |      |                          |  |          |                        |                        |  |
| s   | 0.6                 | $\gamma =$   | 2100 | P tot =                  |  | 6599     |                        |                        |  |
| h   | 3                   | $\gamma G =$ | 1    | P tot =                  |  | 3780     | per incremento sismico |                        |  |
| profondità  | 1                   | P =          | 3780 |                          |  |          |                        |                        |  |
| distanza punto rotazione                          |                     |              | 0.7  |                          |  |          |                        |                        |  |

|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
|------------------------------------|--|--|--|-------------------------|------------|----------|------------|
| verifica a schiacciamento sismica  |  |  |  |                         |            |          |            |
| calcolo della tensione di contatto |  |  |  |                         |            |          |            |
| U = (Mstab - M rib) / (P+Sv)       |  |  |  |                         | 0.302125   |          |            |
| e = B/2 - u                        |  |  |  |                         | 0.397875   |          |            |
| B/6 =                              |  |  |  |                         | 0.233333   |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | 2(P+Sv)/(3 100 * u)     | 1.456132   |          | per e>B/6  |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | (P + Sv)/100*B (1+6e/B) | 1.275106   |          | per e<B/6  |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | 1.4561324               |            |          |            |
| carico limite                      |  |  |  | 2                       |            |          |            |
| Res terreno                        |  |  |  | 1.666667                | γR=        | 1.2      |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Sr                                 |  |  |  | 0.8736794               | verificato |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Verifica a scorrimento sismica     |  |  |  |                         |            |          |            |
| γR=                                |  |  |  | 1                       |            |          |            |
| fi terreno fondazione              |  |  |  | 35                      |            |          |            |
| f - coeff attrito                  |  |  |  | 0.61                    | tan fi     |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| P =                                |  |  |  | 6599                    |            |          |            |
| F stab                             |  |  |  | P x f                   | 4025.39    |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| F instab =                         |  |  |  | Sa + S int              | 3365.659   |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Sr =                               |  |  |  | 0.8361076               | verificato |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| verifica a ribaltamento statica    |  |  |  |                         |            |          |            |
| posizione spinta:                  |  |  |  | H/3                     | 1          | S stat   | 2195.019   |
| posizione incremeto                |  |  |  | H/2                     | 1.5        |          |            |
| γR=                                |  |  |  | 1.15                    |            |          |            |
| M rib =                            |  |  |  | 2195.0194               |            |          |            |
| Mstab =                            |  |  |  | 4862                    | Sr         | 0.451464 | verificato |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| verifica a schiacciamento statica  |  |  |  |                         |            |          |            |
| calcolo della tensione di contatto |  |  |  |                         |            |          |            |
| U = (Mstab - M rib) / (P+Sv)       |  |  |  |                         | 0.404149   |          |            |
| e = B/2 - u                        |  |  |  |                         | 0.295851   |          |            |
| B/6 =                              |  |  |  |                         | 0.233333   |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | 2(P+Sv)/(3 100 * u)     | 1.088542   |          | per U>B/6  |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | (P + Sv)/100*B (1+6e/B) | 1.069006   |          | per U<B/6  |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| σ t =                              |  |  |  | 1.0885419               |            |          |            |
| carico limite                      |  |  |  | 2                       |            |          |            |
| Res. Terreno                       |  |  |  | 1.428571                | γR=        | 1.4      |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Sr                                 |  |  |  | 0.7619793               | verificato |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Verifica a scorrimento statica     |  |  |  |                         |            |          |            |
| γR=                                |  |  |  | 1.1                     |            |          |            |
| fi terreno fondazione              |  |  |  | 35                      |            |          |            |
| f - coeff attrito                  |  |  |  | 0.6                     | tan fi     |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| P =                                |  |  |  | 6599                    |            |          |            |
| F stab                             |  |  |  | P x f                   | 3599.455   |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| F instab =                         |  |  |  | Sa                      | 2195.019   |          |            |
|                                    |  |  |  |                         |            |          |            |
| Sr =                               |  |  |  | 0.60982                 | verificato |          |            |

- Così come indicato in relazione di calcolo si è ritenuto di nervare il muro di sostegno non per resistere alle azioni di spinta del terreno ma solo per garantire protezione contro eventuali effetti di dilavamento a lungo termine e per rendere più solido e compatto il muro che è del tipo a gravità. Un'eventuale verifica di resistenza può essere condotta sulla soletta di fondazione sollecitata secondo il seguente schema.



$$R = (2.30 + 0.75) \times 40 / 2 = 61 \text{ kg/cm}$$

$$L \text{ sbalzo} = 40 \text{ cm}$$

$$M = 61 \times 100 \times 2/3 \times 40 = 162600 \text{ kgcm} = 1626 \text{ kgm}$$

Verifica sezione 100x20cm armata con staffe  $\phi 8/20''$

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Simica Normativa: NTC 2008 2

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

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

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 2.51     | 22     |
| 2  | 2.51     | 3      |

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

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

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<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

| B450C                          |               | C25/30                           |         |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------|---------|
| E <sub>su</sub>                | 67.5 %        | E <sub>c2</sub>                  | 2 %     |
| f <sub>yd</sub>                | 391.3 N/mm²   | E <sub>cu</sub>                  | 3.5 %   |
| E <sub>s</sub>                 | 200,000 N/mm² | f <sub>cd</sub>                  | 14.17 % |
| E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> | 15            | f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> | 0.8     |
| E <sub>syd</sub>               | 1.957 %       | C <sub>c,adm</sub>               | 9.75    |
| C <sub>c,adm</sub>             | 255 N/mm²     | τ <sub>co</sub>                  | 0.6     |
|                                |               | τ <sub>c1</sub>                  | 1.829   |

M xRd 23.15 kNm

σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3.5 ‰

ε<sub>s</sub> 41.62 ‰

d 22 cm

x 1.706 x/d 0.07756

δ 0.7

Mrd = 2315 kgm

Sr = 1626 / 2315 = 0.70 < 1 verificato

- Si allega verifica di stabilità condotta con software per muri di sostegno che si è anche utilizzato per validare i fogli di calcolo autoprodotti.

## Dati Input

### Geometria

Per ogni sezione di muro del presente progetto vengono di seguito definite tutte le caratteristiche geometriche, sia in elevazione che in fondazione e quelle del terreno sia a valle che a monte.

Per una maggiore immediatezza nella individuazione della geometria, questa viene definita graficamente mediante il disegno della sezione del muro.

#### Dati Geometria Muro 1

##### Elevazione

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Altezza Parete Muro [cm]    | 300 |
| Spessore muro in testa [cm] | 60  |
| Pendenza Parete Esterna [%] | 0   |
| Pendenza Parete Interna [%] | 0   |

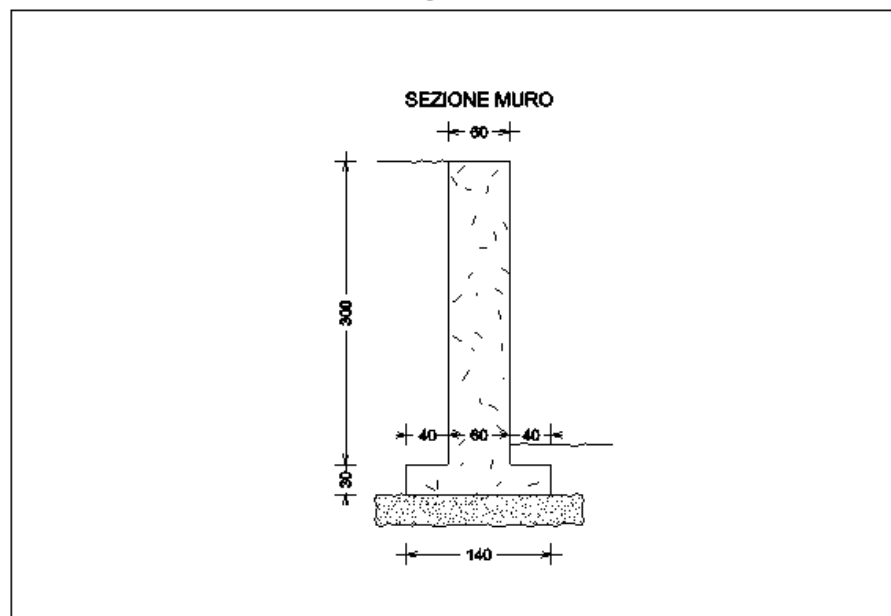
##### Fondazione

|  |     |
|--|-----|
| Larghezza Fondazione [cm]                  | 140 |
| Altezza Mensola Esterna Fondazione [cm]    | 30  |
| Altezza Mensola Interna Fondazione [cm]    | 30  |
| Larghezza Mensola Esterna Fondazione [cm]  | 40  |
| Larghezza Mensola Interna Fondazione [cm]  | 40  |
| Profondità Mensola Esterna Fondazione [cm] | 50  |
| Spessore Strato Magrone [cm]               | 30  |

##### Terreno

|  |    |
|--|----|
| Angolo di Inclinazione Terreno a Monte [grd] | 0  |
| Lunghezza Tratto Inclinato a Monte [cm]      | 20 |
| Angolo di Inclinazione Terreno a Valle [grd] | 0  |
| Altezza Falda [cm]                           | 0  |

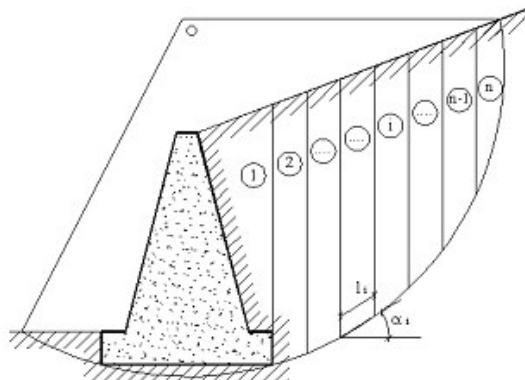
#### Disegno Muro 1



**Verifica stabilità globale**

Si prevede, inoltre, la verifica alla stabilità globale dell'opera. Con tale verifica, si determina il grado di sicurezza sia del manufatto, sia del terreno, nei confronti di possibili scorrimenti lungo superfici di rottura passanti al di sotto del piano di appoggio del muro.

La verifica, effettuata ricorrendo ai metodi di calcolo della stabilità dei pendii, consiste nel ricercare, tra le possibili superfici di rottura, quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nel confrontare, quindi, le resistenze e le azioni sollecitanti lungo tale superficie. Secondo questi metodi è necessario ipotizzare una superficie di scorrimento del terreno di forma qualsiasi, passante al di sotto del muro e valutare, rispetto al generico polo, i momenti instabilizzanti, generati dalle forze peso, ed i momenti resistenti, generati dalle reazioni del terreno.



Tale verifica risulta soddisfatta se la resistenza al taglio risulta maggiore o al più uguale al taglio sollecitante lungo la linea di scorrimento ipotizzata, avendo posto:

$$R_d = (1/\gamma_R) \cdot [\sum (c \delta_l + (W_i \cos \alpha_i - u_i \delta_l) \operatorname{tg} \phi)]$$

$$S_d = \sum W_i \sin \alpha_i$$

dove:

- $\gamma_R$  = Coefficiente parziale sulle resistenze per la verifica alla stabilità globale
- $c$  = Coesione del terreno
- $\delta_l$  = Larghezza del concio elementare
- $W_i$  = Peso del concio elementare
- $\alpha_i$  = Inclinazione della base del concio
- $u_i$  = Pressione idrostatica sul concio
- $\phi$  = Angolo di attrito interno del terreno

Sotto l'ipotesi di terreno retrostante e sovrastante il muro con piano di campagna minore di 10 gradi, si può ritenere che la superficie di rottura sia circolare e cilindrica e passi per il punto in basso a sinistra della fondazione.

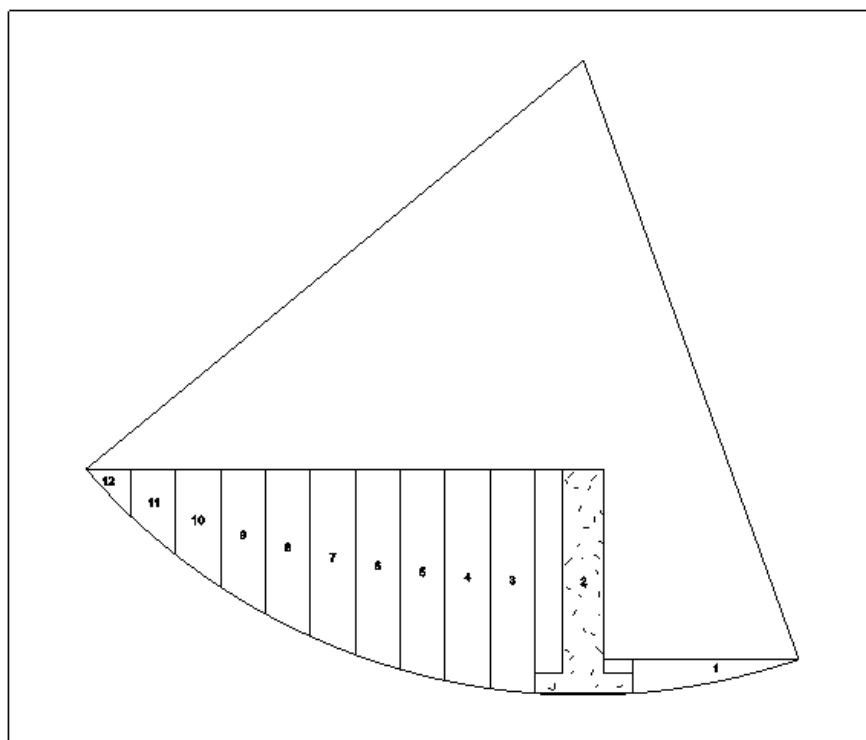
**Muro 1****Dati Generali Pendio**

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Numero dei conci                   | 12   |
| Larghezza dei conci [m]            | 0.64 |
| Raggio cerchio critico [m]         | 9.33 |
| Lunghezza arco cerchio critico [m] | 8.10 |

| Descrizione                            | GEO   | S+     | S-     |
|--|-------|--------|--------|
| Resistenza al taglio disponibile [daN] | 95190 | 104709 | 104709 |
| Resistenza al taglio mobilitata [daN]  | 8274  | 8274   | 8274   |
| Coeff. sicurezza Equilibrio Globale    | 11.50 | 12.65  | 12.65  |

**Tabella Valori**

| Concio<br>N. | H<br>[m] | $\beta$<br>[m] | $c/\beta$<br>[daN/m] | Wl<br>[daN] | $\alpha$<br>[grd] | Ni<br>[daN] | hw<br>[m] | Ui<br>[daN] | Ti<br>[daN] | Si<br>[daN] |
|--------------|----------|----------------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 1            | 0.25     | 1.91           | 15255                | 988         | -15.20            | 932         | 0.00      | 0           | 871         | -253        |
| 2            | 3.30     | 1.40           | 11199                | 7488        | 0.00              | 7488        | 0.00      | 0           | 5393        | 0           |
| 3            | 3.32     | 0.65           | 5165                 | 3747        | 6.28              | 3724        | 0.00      | 0           | 2088        | 410         |
| 4            | 3.11     | 0.65           | 5217                 | 3639        | 10.27             | 3581        | 0.00      | 0           | 2006        | 648         |
| 5            | 2.88     | 0.66           | 5298                 | 3478        | 14.31             | 3370        | 0.00      | 0           | 1887        | 859         |
| 6            | 2.62     | 0.68           | 5411                 | 3260        | 18.42             | 3093        | 0.00      | 0           | 1732        | 1030        |
| 7            | 2.33     | 0.70           | 5562                 | 2982        | 22.63             | 2753        | 0.00      | 0           | 1542        | 1147        |
| 8            | 2.01     | 0.72           | 5760                 | 2640        | 26.97             | 2353        | 0.00      | 0           | 1318        | 1197        |
| 9            | 1.67     | 0.75           | 6020                 | 2225        | 31.49             | 1897        | 0.00      | 0           | 1083        | 1162        |
| 10           | 1.29     | 0.80           | 6365                 | 1728        | 36.24             | 1393        | 0.00      | 0           | 780         | 1021        |
| 11           | 0.89     | 0.85           | 6833                 | 1132        | 41.30             | 850         | 0.00      | 0           | 476         | 747         |
| 12           | 0.46     | 0.94           | 7498                 | 415         | 46.79             | 284         | 0.00      | 0           | 159         | 302         |



WALLS ©CopyRight 1986-2008 - S.I.S. Software Ingegneria Strutturale - S.N.: 0:0535

**Coefficiente di sicurezza globale minimo: 11.50 > 1 - verificato**

- Si allega tabella riassuntiva delle verifiche condotte

| Tabella Riassuntiva |          |              |            |          |                |            |          |             |            |          |
|---------------------|----------|--------------|------------|----------|----------------|------------|----------|-------------|------------|----------|
|                     | Spinte   | Ribaltamento |            |          | Schiacciamento |            |          | Scorrimento |            |          |
|                     |          | $\beta_m$    | $\gamma_r$ | $S_r$    | $\beta_m$      | $\gamma_r$ | $S_r$    | $\beta_m$   | $\gamma_r$ | $S_r$    |
| SLU                 | 2195.019 |              | 1.15       | 0.451464 |                | 1.4        | 0.761979 |             | 1.1        | 0.60982  |
| SLV                 | 2901.817 | 0.57         | 1          | 0.776547 | 0.38           | 1.2        | 0.836108 | 0.38        | 1          | 0.873679 |
| SLD                 | 2561.289 | 0.71         | 1          | 0.594826 | 0.47           | 1.2        | 0.65586  | 0.47        | 1          | 0.698249 |

- La gerarchia delle resistenze, come desumibile dalla tabella riassuntiva è garantita in quanto il coefficiente di sicurezza di ribaltamento è conservativo rispetto a schiacciamento e scorrimento. Pertanto l'attivazione dei meccanismi è secondo quest'ordine: Scorrimento, schiacciamento, ribaltamento. Dalla precedente verifica si desume che la stabilità globale presenta coefficienti molto conservativi.

### Punto 3)

- Il muro di sostegno e il vano tecnico sono fra loro giuntati. Le nervature del muro di sostegno non risultano collegate alla struttura del vano tecnico e pertanto possono deformarsi liberamente. Anche costruttivamente saranno realizzati in due momenti distinti e pertanto non si avranno interazioni significative.
- Per carichi provenienti dalla passerella si veda lo schema a pagina 48 dove è riportata graficamente la reazione vincolare della passerella (carico caratteristico). Si riporta la toolbox con indicati i valori numerici e le combinazioni di carico.

Nodo numero: 349 [ Solaio 1 ]

|    | Condizione | Px [kg] | Py [kg] | Pz [kg] | Mx [kgm] | My [kgm] | Mz [kgm] |
|----|------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 1  | 5          | 0.0     | 0.0     | -3191.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0      |
| 2  | 6          | 0.0     | 0.0     | -1868.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0      |
| 3  |            |         |         |         |          |          |          |
| 4  |            |         |         |         |          |          |          |
| 5  |            |         |         |         |          |          |          |
| 6  |            |         |         |         |          |          |          |
| 7  |            |         |         |         |          |          |          |
| 8  |            |         |         |         |          |          |          |
| 9  |            |         |         |         |          |          |          |
| 10 |            |         |         |         |          |          |          |
| 11 |            |         |         |         |          |          |          |
| 12 |            |         |         |         |          |          |          |
| 13 |            |         |         |         |          |          |          |

Applica

Definizione del calcolo

Tipo di analisi: Analisi Statica e Dinamica Modale con Condensazione di Piano

Normativa di riferimento: Stati Limite T.U. 2019

☐ Eseguo il controllo degli elementi a comportamento plastico ☐ Eseguo il calcolo E-Defl

☒ Tieni conto dell'eccentricità degli assi baricentrici ☐ Salva le azioni correlative ai modi di vibrazione

☐ Considera la riduzione della capacità flettente flessionale delle sezioni delimitate

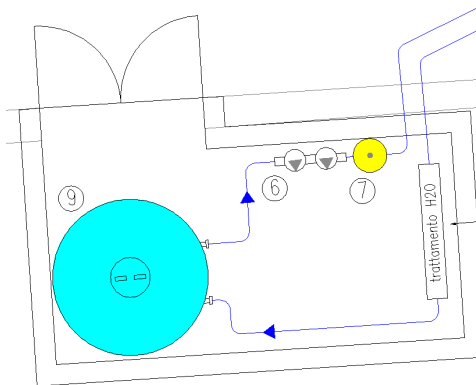
Combinazione di carico di riferimento per il calcolo delle azioni assiali nell'analisi di Buckling:

| Combinazione | Condizioni di Carico        | Tipologia      | $\Psi_0$ | $\Psi_1$ | $\Psi_2$ |
|--------------|-----------------------------|----------------|----------|----------|----------|
| 1            | coltella                    | G - Permanenti | 1.000    | 1.000    | 1.000    |
| 2            | terreno                     | G - Permanenti | 1.000    | 1.000    | 1.000    |
| 3            | peso proprio                | G - Permanenti | 1.000    | 1.000    | 1.000    |
| 4            | Neve                        | Q - Variabili  | 0.500    | 0.200    | 0.000    |
| 5            | passerella rara             | Q - Variabili  | 1.000    | 1.000    | 1.000    |
| 6            | passerella quasi permanente | G - Permanenti | 1.000    | 1.000    | 1.000    |

☒ Sovrascrivimi sempre il commento alle condizioni di carico statiche.

< Indietro Avanti > Annulla

- La riserva idrica di acqua è una cisterna appoggiata all'interno del vano avente capacità di 2100 lt. Per 2100 kg come da seguente schema del progetto idraulico.



Si è trascurato il carico in quanto modesto in rapporto alla superficie anche parziale della platea e stabilizzante rispetto al carico eccentrico delle passerelle.

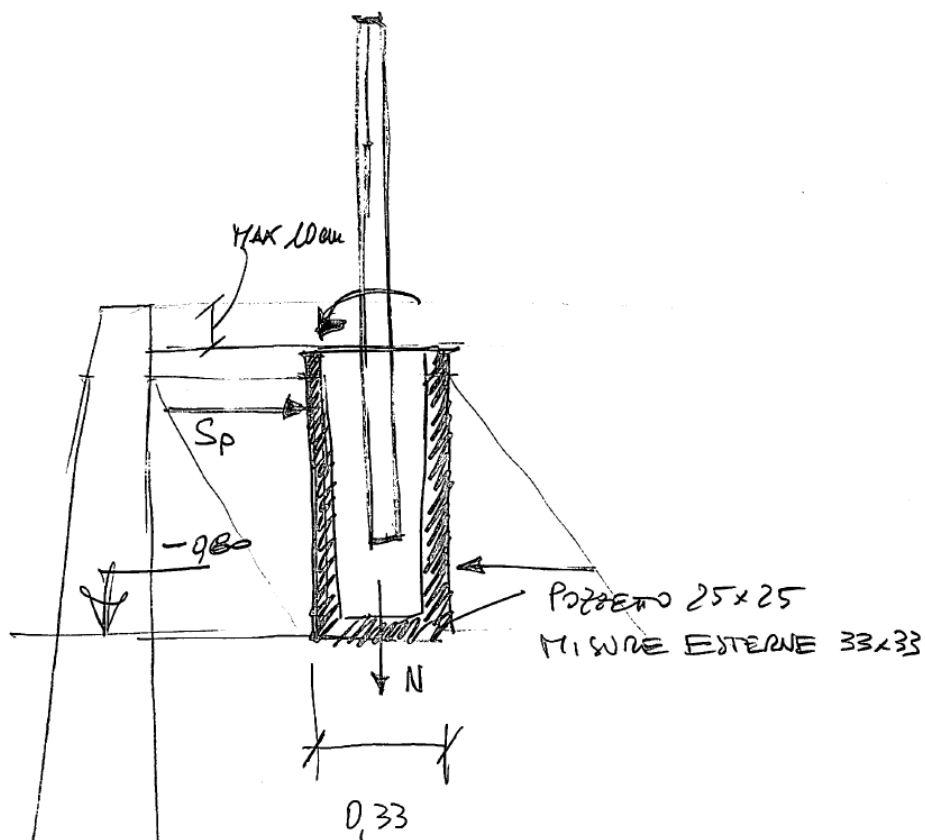
#### Punto 4)

La verifica del parapetto metallico è già presente in relazione in quanto uguale a quella del parapetto della passerella.

Occorre verificare la stabilità globale con il seguente schema dove entra in gioco la resistenza passiva del terreno per la profondità di circa 0.80 m del plinto.

Interasse 0.90 m circa

$M_d = 270 \text{ kgm}$



## Calcolo spinta passiva

|                                       |                 |               |          |                     |         |          |               |         |          |  |
|---------------------------------------|-----------------|---------------|----------|---------------------|---------|----------|---------------|---------|----------|--|
|                                       |                 | dati terreno  |          |                     |         |          |               |         |          |  |
|                                       |                 |               |          |                     |         | cos e    | 1             | cos 2 e | 1        |  |
| altezza scavo                         | h=              | 0.8 m         |          | valori fattorizzati | cos f   | 0.819152 | cos 2 f       | 0.67101 |          |  |
| peso specifico                        | $\gamma$ =      | 1800 kg/mc    |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| angolo di attrito                     | $\phi$ =        | 35 °          | 35       |                     | tan fi' | 0.700208 | tan fi'/coeff |         | 0.700208 |  |
| inclinazione pendio                   | $\varepsilon$ = | 0 °           |          |                     |         |          | tan-1         |         | 0.610865 |  |
| coesione                              | c =             | 0             | 0        |                     |         |          |               |         |          |  |
|                                       |                 |               |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| coeff M2 $\phi$                       |                 | 1             |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| coeff M2 coesione                     |                 | 1             |          |                     |         |          |               |         |          |  |
|                                       |                 |               |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| calcolo coefficiente di spinta attiva |                 |               |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| $\lambda_p$ =                         | 5.3765217       |               | sp       | 7742.191            |         |          |               |         |          |  |
| Sp =                                  | 3096.8765       |               | sp fatt. | 7742.191            |         |          |               |         |          |  |
|                                       |                 |               |          |                     |         |          |               |         |          |  |
| componente orizzontale                |                 | L - larghezza |          | 0.4                 |         |          |               |         |          |  |
| So                                    | 3096.8765       |               | sp       | 1238.751            |         |          |               |         |          |  |

$$Sp = 1238$$

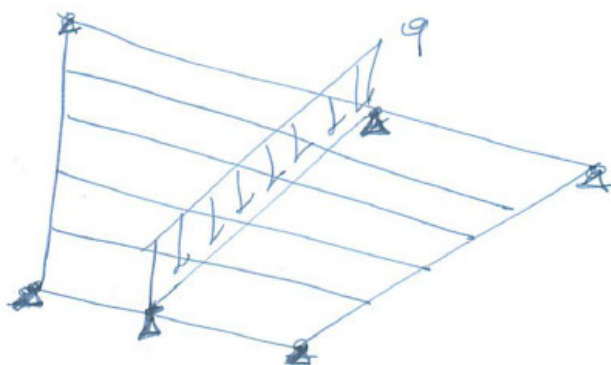
$$Mr = Sp \times h/3 + N \times 0.33/2 = 1238 \times 0.8/3 + 190 \text{ kg} \times 0.33/2 = 363 \text{ kgm} > 270 \text{ kgm}$$

verificato

Giudizio motivato di accettabilità

Si allega scansione di calcolo manuale svolto per la passerella.

I fogli di calcolo per il muro di sostegno sono autoprodotti e ogni calcolo è stato validato.



$$q_{SLV} = 50 \text{ kg/m}^2 \times 1.30 + 400 \times 1.5 + 120 \times 9.75 \\ = 755 \text{ kg/m}^2$$

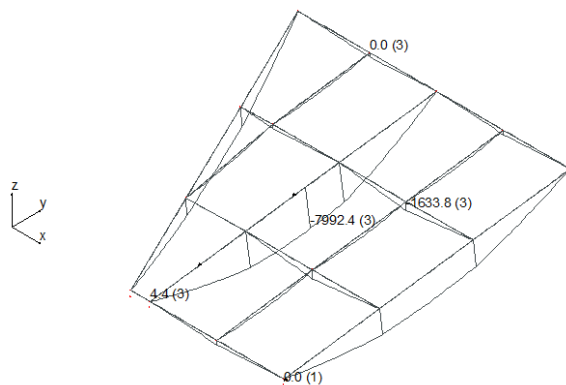
interazione d'influenza  $\approx 2.20 \text{ m}$

$$q = 755 \times 2.20 = 1661 \text{ kg/m}$$

$$M = 1661 \times \frac{6.40^2}{8} = 7725 \text{ kgm}$$

M da calcolo manuale = 7725 kgm

M da software = 7992 kgm



Forlì, 10/06/2019

I progettista strutturale

Ing. Gianni Bandini