



**STUDIO MACRI'  
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati  
d' Ingegneria  
ed Architettura

RECAPITI e - mail:  
[studiomacriz@outlook.com](mailto:studiomacriz@outlook.com)  
[studiomacriassociati@hotmail.it](mailto:studiomacriassociati@hotmail.it)  
[pec: domenico.macri1@ingpec.eu](mailto:pec:domenico.macri1@ingpec.eu)

SEDE OPERATIVA ED  
AMM.VA  
Centro Lucrezia della Valle  
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

## COMUNE DI CARDINALE (PROVINCIA DI CATANZARO)

### PERIZIA DI VARIANTE E SUPPLETIVA

|               |                             |                              |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| DATA:         |                             |                              |
| FEBBRAIO 2026 | <b>PROGETTISTA :</b>        | <b>DIRETTORE DEI LAVORI:</b> |
|               | <b>ING. DOMENICO MACRI'</b> | <b>ING. DOMENICO MACRI'</b>  |
|               |                             |                              |
|               |                             |                              |
|               |                             |                              |

|  |                                                                                                                           |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>TITOLO DEL PROGETTO:</b>                                                                                               |
|  | <b>INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE – CODICE CZ042A/10.</b> |

|                |                                                                                            |   |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Prot. Dis.     | Modifiche:                                                                                 | 1 |
|                | Sostituisce il N.                                                                          | 2 |
|                | Sostituito dal N.                                                                          | 3 |
| <b>ALL. N.</b> | Oggetto del Disegno:                                                                       |   |
| <b>A7.3.</b>   | <b>TOMBINO IN C.A. MARCHESE-GIACCO - TIPOLOGIA 07 -TRATTO NR.15 - RELAZIONI DI CALCOLO</b> |   |
| <b>1.7.V</b>   |                                                                                            |   |

|        |                                                                                                                                               |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SCALA: | ENTE APPALTANTE:                                                                                                                              |
|        | COMMISSARIO DEL GOVERNO per il contrasto dissesto R. Calabria- <a href="mailto:info@pec.dissestocalabria.it">info@pec.dissestocalabria.it</a> |
|        | RESPONSABILE U.P. – Geom. A. FALVO- e-mail: <a href="mailto:a.falvo@dissestocalabria.it">a.falvo@dissestocalabria.it</a>                      |

A TERMINI DI LEGGE – ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

# RELAZIONE DI CALCOLO

**Comune:**

**Titolo del progetto:**

**Committente:**

**Opera:**

**Data:**

**Progettista:**

## Sommario:

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Descrizione generale dell'opera                               | 3  |
| Normativa di riferimento                                      | 5  |
| Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento          | 6  |
| Materiali impiegati e resistenze di calcolo                   | 6  |
| Terreno di fondazione                                         | 7  |
| Analisi dei carichi                                           | 8  |
| Valutazione dell'azione sismica                               | 8  |
| Spettri di risposta                                           | 9  |
| Elementi di fondazione                                        | 10 |
| Metodo di analisi e criteri di verifica                       | 11 |
| Percentuali Spostamento masse impalcati                       | 11 |
| Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale                   | 11 |
| Periodi di vibrazione e Masse modali                          | 12 |
| Azioni sulla struttura                                        | 15 |
| Scenario di calcolo                                           | 16 |
| Codice di calcolo impiegato                                   | 19 |
| Verifica degli elementi strutturali                           | 20 |
| Criteri di verifica                                           | 20 |
| Validazione del calcolo                                       | 23 |
| Reazioni nodali                                               | 23 |
| Reazioni Terreno                                              | 24 |
| Taglianti di piano                                            | 25 |
| Informazioni dell'elaborazione                                | 31 |
| Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza | 32 |

Il Progettista

## Descrizione generale dell'opera

Trattasi di struttura scatolare in c.a. della lunghezza complessiva di circa 300 ml. Realizzata a tratti che hanno diverse condizioni al contorno.

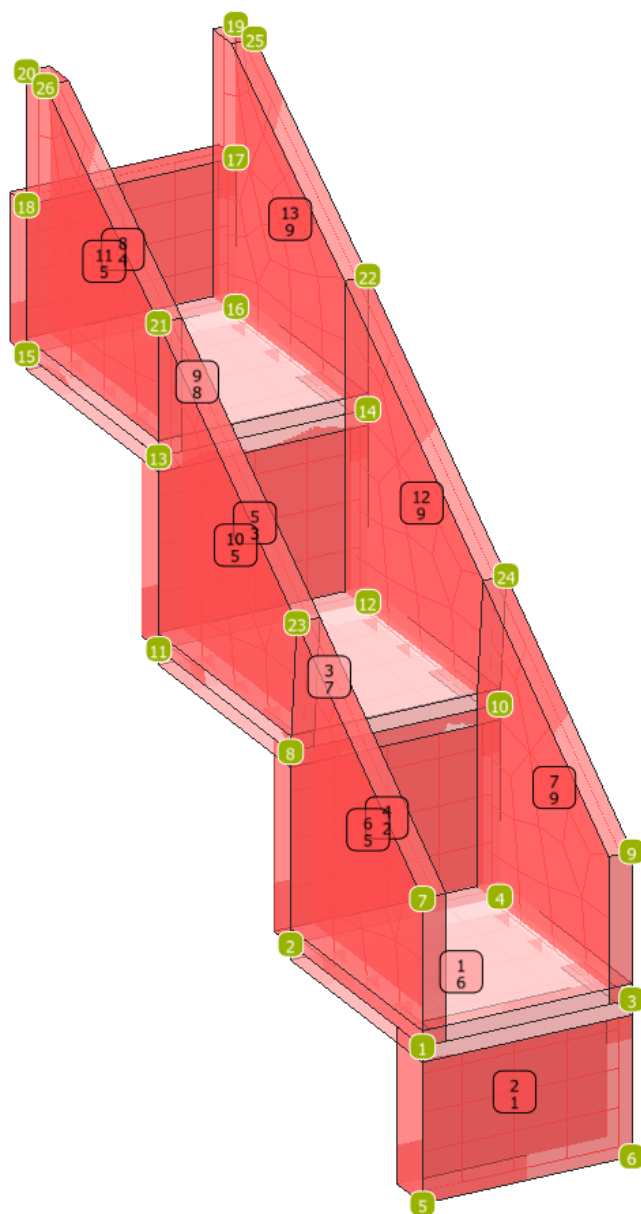
La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata in CARDINALE (prov. di CATANZARO sulla collina "COSTA" II particella n.°nn/A foglio n.°ff. La lunghezza della struttura dei vari tronconi che compongono il canale di deflusso delle acque, è variabile da 10/12 ml a circa 30.00 ml. ; la sua sezione ha una forma rettangolare, ha dimensioni 2.1 m ed una altezza totale strutturale variabile tra 3.30m e 5.3m, (in relazione alla previsione o meno di sottofondazioni). Il piano delle fondazioni si trova da minimo a circa 1.5m a circa 3.3 ml. al di sotto del piano campagna attuale, in fase di realizzazione verranno asportati nei vari tratti alcuni m. di terreno, dove verrà attestata la fondazione a platea/con sottofondazioni.

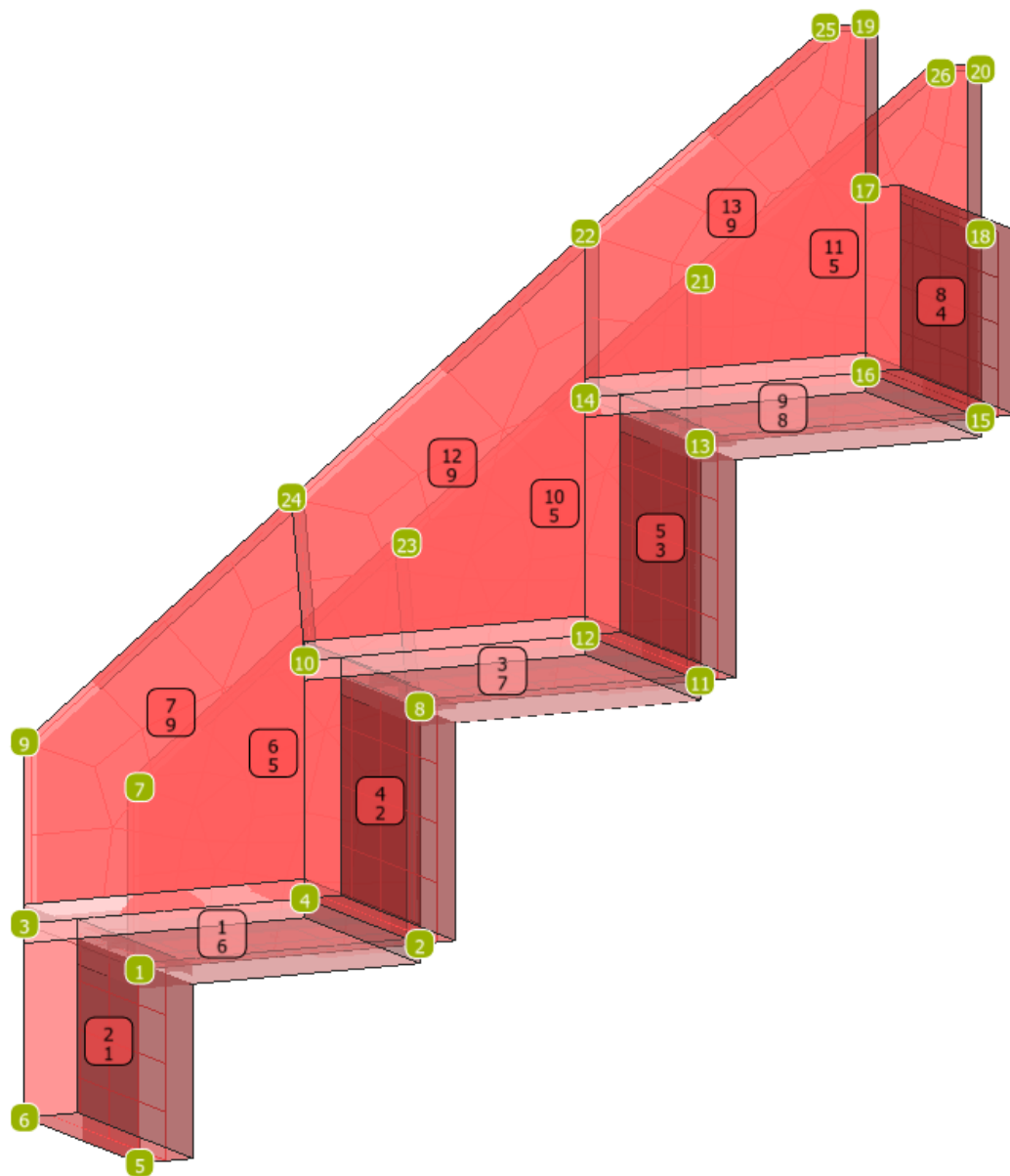
Quanto interessa dalla presente relazione riguarda il manufatto di sbocco del canale scatolare, della lunghezza di circa 10/15,00 ml, collocato incassato nel terreno e interrato quindi con spinta del terreno e carico idrostatico.

Le dimensioni del manufatto di scarico, composto da una serie di salti con platea dello spessore di cm. 30/40, delle pareti di cm. 30, misura netta interna di ml. 1.5/201 xh variabile 1.5/3.50

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

**Vista Anteriore**



**Vista Posteriore****Normativa di riferimento**

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico

### **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**

Nel seguito denominate NT (norme tecniche)

Nel caso in cui la progettazione coinvolga anche azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state condotte adottando l'Approccio Progettuale 2 previsto dalle NT.

## **Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento**

La costruzione in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NT):

| <b>Vita della struttura</b>                                         |                          |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Tipo                                                                | Opere ordinarie (50-100) |
| Vita nominale VN [anni]                                             | 100.0                    |
| Classe d'uso                                                        | III                      |
| Coefficiente d'uso CU                                               | 1.500                    |
| Periodo di riferimento VR [anni]                                    | 150.000                  |
| Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD | 63.0%                    |
| Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV       | 10.0%                    |
| Periodo di ritorno TR SLD [anni]                                    | 150.9                    |
| Periodo di ritorno TR SLV [anni]                                    | 1423.7                   |

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

## **Materiali impiegati e resistenze di calcolo**

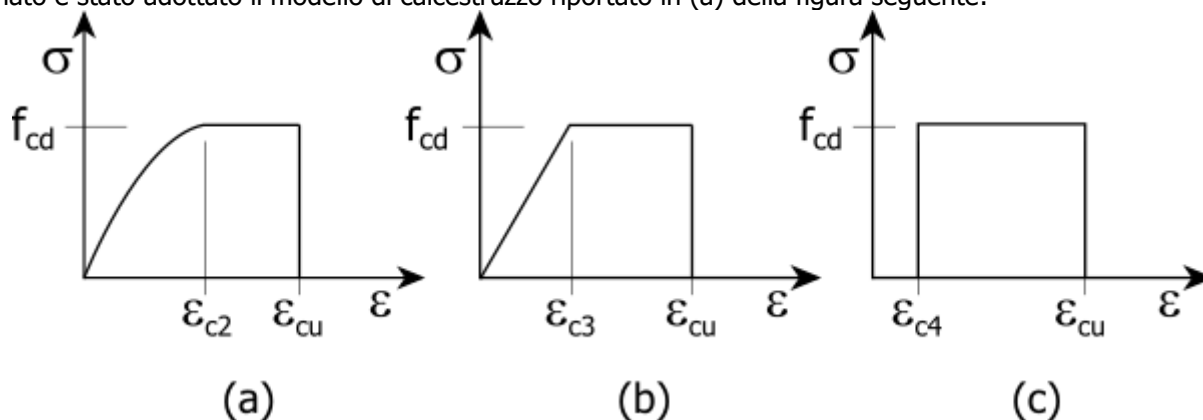
Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza:

| <b>Materiali</b>                              |        |       |
|-----------------------------------------------|--------|-------|
| <b>C20/25</b>                                 |        |       |
| Peso specifico                                | kg/mc  | 2500  |
| Modulo di Young E                             | kg/cmq | 3E05  |
| Modulo di Poisson $\nu$                       |        | 0.13  |
| Coefficiente di dilatazione termica $\lambda$ | 1/°C   | 1e-05 |
| <b>C25/30</b>                                 |        |       |
| Peso specifico                                | kg/mc  | 2500  |
| Modulo di Young E                             | kg/cmq | 3E05  |
| Modulo di Poisson $\nu$                       |        | 0.13  |
| Coefficiente di dilatazione termica $\lambda$ | 1/°C   | 1e-05 |

| <b>Caratteristiche dei materiali delle parti in calcestruzzo armato</b> |        |                     |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|
| Classe calcestruzzo                                                     |        | Classe C20/25       |
| Resistenza cubica $R_{ck}$                                              | kg/cmq | 250                 |
| Resistenza di calcolo $f_{cd}$                                          | kg/cmq | 118                 |
| Resistenza a trazione di calcolo $f_{ctd}$                              | kg/cmq | 11                  |
| Resistenza cilindrica $f_{ck}$                                          | kg/cmq | 208                 |
| Resistenza a trazione media $f_{ctm}$                                   | kg/cmq | 23                  |
| Classe acciaio barre longitudinali                                      |        | Acciaio barre B450C |
| Resistenza allo snervamento $f_{yk}$                                    | kg/cmq | $\geq 4500$         |
| Resistenza alla rottura barre $f_{tk}$                                  | kg/cmq | $\geq 5400$         |

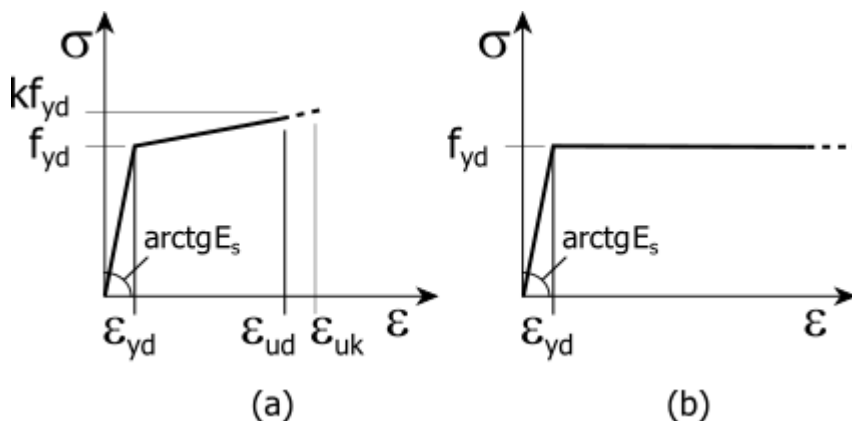
|                                        |                    |                     |
|----------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Classe acciaio staffe                  |                    | Acciaio barre B450C |
| Resistenza allo snervamento $f_{yk}$   | kg/cm <sup>2</sup> | $\geq 4500$         |
| Resistenza alla rottura barre $f_{tk}$ | kg/cm <sup>2</sup> | $\geq 5400$         |

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

ed il modello di acciaio riportato in a) o b) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk} / \gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza è  $\gamma_f$ .

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa. Riguardo ai coefficienti di sicurezza parziali, alle deformazioni del calcestruzzo e dell'acciaio (modello incrudente) si faccia riferimento ai criteri di verifica nella sezione "Verifica Elementi Strutturali"

## Terreno di fondazione

Le fondazioni del fabbricato in oggetto sono costituite da un insieme di: platea in conglomerato cementizio armato. La struttura di fondazione è posta ad una profondità media di m. 1.5 dal piano campagna e di dimensioni planimetriche massime pari a m.10/15 x 2.7. I valori delle tensioni sul piano di posa e le sollecitazioni negli elementi di fondazione, sono riportati nell'allegato 'Calcoli Strutturali'. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Dr. Geol. Mariano Bellezza risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo B con la seguente stratigrafia:

| N° | s   | G     | GSat. | Ø  | A  | OCR | c                  | cu                 | Eed                | nu  | Note     |
|----|-----|-------|-------|----|----|-----|--------------------|--------------------|--------------------|-----|----------|
|    | cm  | kg/mc | kg/mc | °  |    |     | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> |     |          |
| 1  | 100 | 1800  | 1900  | 28 | Si | --  | 0.00               | 0.00               | 2E02               | 0.3 | Strato 1 |

|   |     |      |      |    |    |    |      |      |      |     |          |
|---|-----|------|------|----|----|----|------|------|------|-----|----------|
|   |     |      |      |    |    |    |      |      |      | 2   |          |
| 2 | 800 | 2000 | 2100 | 30 | Si | -- | 0.00 | 0.00 | 3E02 | 0.3 | Strato 2 |

N° = Numero strato, s = spessore, G = peso specifico, GSat. = peso specifico saturo, OCR = grado di sovraconsolidazione, A = Addensato, c = coesione, cu = coesione non drenata, Eed = modulo edometrico, nu = coefficiente di Poisson

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione, pertanto, si sono assunti i parametri fisico-meccanici precedentemente indicati. Per maggiori dettagli riguardo i parametri che caratterizzano il terreno si rimanda alla relazione geologica e a quella geotecnica.

## Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**

I carichi adottati sono i seguenti: VEDI ANALISI DEI CARICHI

I carichi relativi ai pesi propri sono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi e del loro peso specifico. Maggiori dettagli a essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo, alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi e shell.

## Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 delle NT. La valutazione degli spettri di risposta per un dato Stato Limite avviene attraverso le seguenti fasi:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, in base alle quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione, attraverso latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando i dati relativi ai 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio, secondo quanto disposto dall'allegato alle NTC "Pericolosità Sismica", dove:
  - $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
  - $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
  - $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati, per ogni direzione dell'azione sismica.

Oltre alla determinazione dei parametri sismici del sito si è considerata la tipologia di terreno, la posizione topografica e la tipologia strutturale (classe di duttilità, regolarità, ecc..) che ha condotto alla determinazione dei seguenti spettri di risposta:

## Spettri di risposta

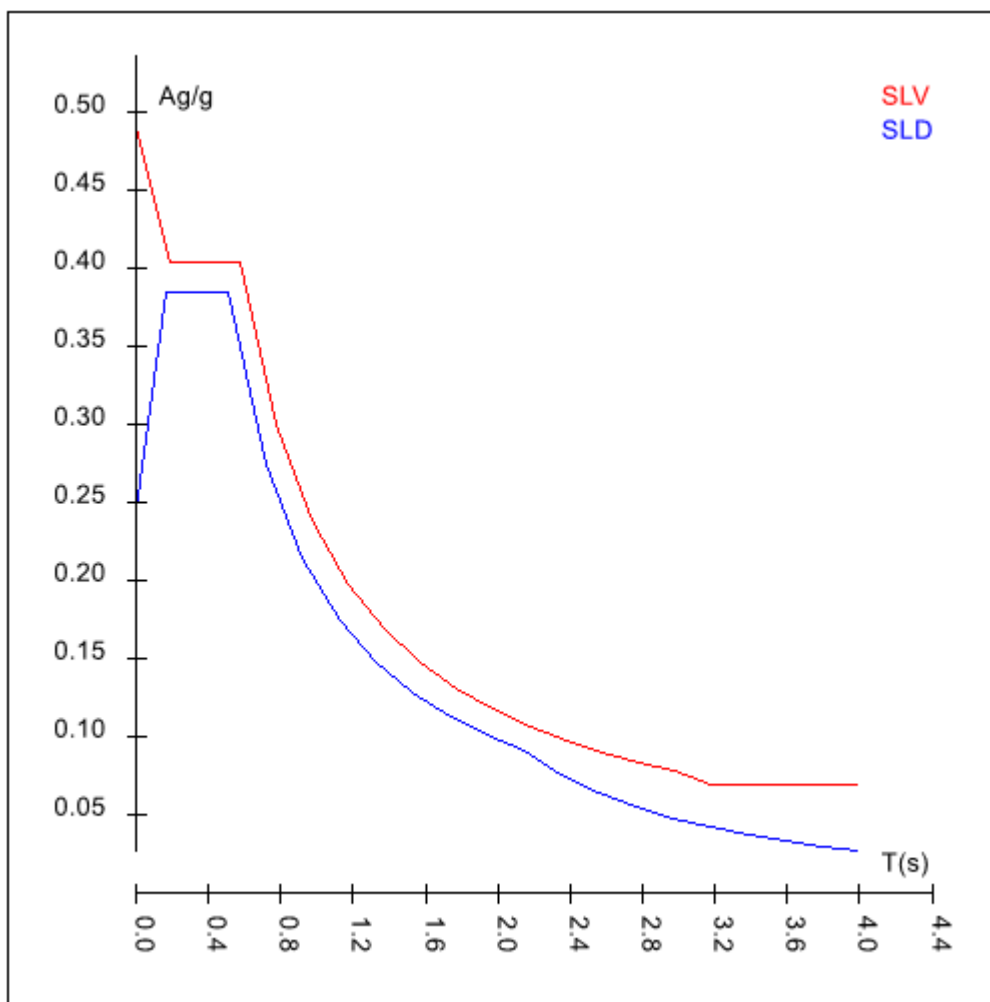
Spettro: **SpettroNT\_ 2018 (q=1.5)**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

| Vita della struttura                                                |                          |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Tipo                                                                | Opere ordinarie (50-100) |
| Vita nominale VN [anni]                                             | 100.0                    |
| Classe d'uso                                                        | III                      |
| Coefficiente d'uso CU                                               | 1.500                    |
| Periodo di riferimento VR [anni]                                    | 150.000                  |
| Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD | 63.0%                    |
| Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV       | 10.0%                    |
| Periodo di ritorno TR SLD [anni]                                    | 150.9                    |
| Periodo di ritorno TR SLV [anni]                                    | 1423.7                   |
| Parametri del sito                                                  |                          |

|                                                                                              |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Comune                                                                                       | Cardinale (CZ)          |
| Longitudine                                                                                  | 16.3861                 |
| Latitudine                                                                                   | 38.6424                 |
| Id reticolo del sito                                                                         | 42780-42781-43002-43003 |
| <b>Valori di riferimento del sito</b>                                                        |                         |
| Accelerazione orizzontale massima del sito $A_g/g$ - SLD (TR=150.9)                          | 0.1361                  |
| Fattore di amplificazione dello spettro $F_o$ - SLD (TR=150.9)                               | 2.3549                  |
| Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante $T^*C$ [s] - SLD (TR=150.9)  | 0.342                   |
| Accelerazione orizzontale massima del sito $A_g/g$ - SLV (TR=1423.7)                         | 0.3438                  |
| Fattore di amplificazione dello spettro $F_o$ - SLV (TR=1423.7)                              | 2.4700                  |
| Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante $T^*C$ [s] - SLV (TR=1423.7) | 0.408                   |
| Coefficiente Amplificazione Topografica $S_t$                                                | 1.200                   |
| Categoria terreno                                                                            | C                       |
| <b>Stato limite SLV</b>                                                                      |                         |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$                                           | 1.19                    |
| Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro $T_B$ [s]               | 0.19                    |
| Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C$ [s]                     | 0.58                    |
| Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro $T_D$ [s]                  | 2.98                    |
| <b>Stato limite SLD</b>                                                                      |                         |
| Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$                                           | 1.50                    |
| Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro $T_B$ [s]               | 0.17                    |
| Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C$ [s]                     | 0.51                    |
| Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro $T_D$ [s]                  | 2.14                    |
| <b>Fattore di comportamento (SLV)</b>                                                        |                         |
| Classe duttilità                                                                             | B                       |
| Tipo progettazione                                                                           | Dissipativa             |
| Tipo struttura                                                                               | Cemento armato          |
| Fattore di riduzione per regolarità in altezza $K_r$ - Struttura regolare                    | 1.000000                |
| Fattore di riduzione per rottura pareti $K_w$                                                | 1.000                   |
| Regolare in pianta                                                                           | SI                      |
| Coefficiente moltiplicativo $C_e$ - struttura a pareti non accoppiate                        | 3.000                   |
| Fattore di comportamento $q = K_w * K_r * C_e$                                               | 3.000                   |
| <b>Fattore di comportamento (SLD)</b>                                                        |                         |
| $q$                                                                                          | 1.500                   |

| T SLV [s] | Sd SLV[a/g] | T SLD [s] | Sd SLD[a/g] |
|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.00000   | 0.49117     | 0.00000   | 0.24505     |
| 0.19184   | 0.40440     | 0.17057   | 0.38470     |
| 0.57551   | 0.40440     | 0.51171   | 0.38470     |
| 0.77549   | 0.30011     | 0.71581   | 0.27501     |
| 0.97548   | 0.23859     | 0.91992   | 0.21399     |
| 1.17546   | 0.19800     | 1.12402   | 0.17514     |
| 1.37545   | 0.16921     | 1.32813   | 0.14822     |
| 1.57543   | 0.14773     | 1.53223   | 0.12848     |
| 1.77542   | 0.13109     | 1.73634   | 0.11337     |
| 1.97540   | 0.11782     | 1.94045   | 0.10145     |
| 2.17538   | 0.10699     | 2.14455   | 0.09179     |
| 2.37537   | 0.09798     | 2.35071   | 0.07640     |
| 2.57535   | 0.09037     | 2.55687   | 0.06458     |
| 2.77534   | 0.08386     | 2.76303   | 0.05530     |
| 2.97532   | 0.07822     | 2.96919   | 0.04789     |
| 3.18026   | 0.06877     | 3.17536   | 0.04187     |
| 3.38519   | 0.06877     | 3.38152   | 0.03692     |
| 3.59013   | 0.06877     | 3.58768   | 0.03280     |
| 3.79506   | 0.06877     | 3.79384   | 0.02933     |
| 4.00000   | 0.06877     | 4.00000   | 0.02723     |



## Elementi di fondazione

Il calcolo della struttura di fondazione è condotto considerando le azioni che la struttura sovrastante le trasmette amplificate per un  $\gamma_{Rd}$  pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di comportamento per struttura non dissipativa ( $1 < q < 1.5$ ) e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendono anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con fattore di comportamento  $q$  relativo a struttura non dissipativa.

## Metodo di analisi e criteri di verifica

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello. Tali masse sono ottenute considerando le reazioni vincolari di incastro perfetto che si ottengono per effetto dei carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi. La risposta massima di una generica caratteristica  $E$ , conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;  
 $\xi$  è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;  
 $\beta_{ij}$  è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate considerando varie posizioni del baricentro delle masse e composte secondo diverse combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito; il risultato di tali combinazioni, successivamente, è stato composto con quello derivante dai carichi non sismici, secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Per tener conto dell'aleatorietà della posizione del baricentro delle masse, per ogni impalcato si è considerato uno spostamento del centro di massa dalla sua posizione originaria di una quantità pari a una percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinate al fine di ottenere le azioni più sfavorevoli; di seguito vengono riportate sia le posizioni che le combinazioni delle masse. Le due tabelle vanno lette nel seguente modo:

- la prima indica la percentuale della dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato; lo spostamento è assegnato nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma e per ognuna di tali posizioni è eseguito un calcolo modale della struttura;
- la seconda tabella è usata in fase di verifica per la valutazione dell'azione sismica: l'effetto del sisma in una direzione è combinato con quello ortogonale di un'altra posizione con i fattori specificati nelle due colonne.

## Percentuali Spostamento masse impalcati

| Posizione | % Spostamento direzione X | % Spostamento direzione Y |
|-----------|---------------------------|---------------------------|
| 1         | 0                         | -5                        |
| 2         | 5                         | 0                         |
| 3         | 0                         | 5                         |
| 4         | -5                        | 0                         |

## Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

| Comb. | Pos. SismaX | Pos. SismaY | Fx  | Fy  | Fz |
|-------|-------------|-------------|-----|-----|----|
| 1     | 1           | 2           | 1   | 0.3 | 0  |
| 2     | 1           | 2           | 0.3 | 1   | 0  |
| 3     | 1           | 4           | 1   | 0.3 | 0  |
| 4     | 1           | 4           | 0.3 | 1   | 0  |
| 5     | 3           | 2           | 1   | 0.3 | 0  |
| 6     | 3           | 2           | 0.3 | 1   | 0  |
| 7     | 3           | 4           | 1   | 0.3 | 0  |
| 8     | 3           | 4           | 0.3 | 1   | 0  |

- Comb. Numero di combinazione dei sismi  
 Pos. SismaX Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X  
 Pos. SismaY Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y  
 Fx Fattore con cui il sisma X partecipa  
 Fy Fattore con cui il sisma Y partecipa  
 Fz Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz.

Si è considerato un numero di modi di vibrazione sufficiente ad eccitare almeno l'85% della massa sismica in ogni posizione delle masse, di seguito si riportano i risultati salienti dell'analisi modale sia per il calcolo allo Stato Limite Ultimo che per quello di Esercizio.

## Periodi di vibrazione e Masse modali

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO**

**Posizione masse 1**

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=19

| N                                | T<br>s | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali<br>kgm*g |         | Percentuali |         |
|----------------------------------|--------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-------------|---------|
|                                  |        | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°      | Dir=90° |
| 1(1)                             | 0.1684 | -65.701               | -0.000  | 42332                 | 0       | 61.26       | 0.00    |
| 2(2)                             | 0.1247 | -0.000                | 67.090  | 0                     | 44140   | 0.00        | 63.88   |
| 3(3)                             | 0.0735 | 7.362                 | -0.000  | 532                   | 0       | 0.77        | 0.00    |
| 4(4)                             | 0.0734 | 0.000                 | 13.212  | 0                     | 1712    | 0.00        | 2.48    |
| 5(5)                             | 0.0480 | 42.227                | 0.000   | 17486                 | 0       | 25.30       | 0.00    |
| 6(6)                             | 0.0381 | -0.000                | 40.402  | 0                     | 16008   | 0.00        | 23.16   |
| 7(7)                             | 0.0304 | 10.183                | 0.000   | 1017                  | 0       | 1.47        | 0.00    |
| 8(8)                             | 0.0300 | 0.000                 | -4.097  | 0                     | 165     | 0.00        | 0.24    |
| 9(12)                            | 0.0182 | 4.821                 | 0.000   | 228                   | 0       | 0.33        | 0.00    |
| 10(13)                           | 0.0175 | -7.905                | 0.000   | 613                   | 0       | 0.89        | 0.00    |
| 11(14)                           | 0.0163 | 0.000                 | 5.045   | 0                     | 250     | 0.00        | 0.36    |
| 12(15)                           | 0.0161 | 0.000                 | 15.722  | 0                     | 2424    | 0.00        | 3.51    |
| 13(16)                           | 0.0143 | 15.094                | -0.000  | 2234                  | 0       | 3.23        | 0.00    |
| 14(17)                           | 0.0133 | -10.913               | 0.000   | 1168                  | 0       | 1.69        | 0.00    |
| 15(19)                           | 0.0120 | 5.840                 | 0.000   | 334                   | 0       | 0.48        | 0.00    |
| 16(22)                           | 0.0091 | 0.000                 | -6.507  | 0                     | 415     | 0.00        | 0.60    |
| 17(24)                           | 0.0086 | -5.188                | 0.000   | 264                   | 0       | 0.38        | 0.00    |
| 18(25)                           | 0.0079 | -4.516                | -0.000  | 200                   | 0       | 0.29        | 0.00    |
| 19(27)                           | 0.0076 | 9.187                 | 0.000   | 828                   | 0       | 1.20        | 0.00    |
| Somma delle Masse Modali [kgm*g] |        |                       |         | 67235                 | 65113   |             |         |
| Masse strutturali libere [kgm*g] |        |                       |         | 69103                 | 69103   |             |         |
| Percentuale                      |        |                       |         | 97.30                 | 94.23   | 97.30       | 94.23   |

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

| N      | T(s)   | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali<br>kgm*g |         | Percentuali |         |
|--------|--------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-------------|---------|
|        |        | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°      | Dir=90° |
| 1(1)   | 0.1684 | -21.082               |         | 4358                  |         | 0.77        |         |
| 2(2)   | 0.1247 | 0.000                 |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 3(3)   | 0.0735 | -211.243              |         | 437608                |         | 77.78       |         |
| 4(4)   | 0.0734 | -0.000                |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 5(5)   | 0.0480 | 75.880                |         | 56465                 |         | 10.04       |         |
| 6(6)   | 0.0381 | 0.000                 |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 7(7)   | 0.0304 | 6.983                 |         | 478                   |         | 0.09        |         |
| 8(8)   | 0.0300 | 0.000                 |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 9(12)  | 0.0182 | 16.527                |         | 2679                  |         | 0.48        |         |
| 10(13) | 0.0175 | -6.980                |         | 478                   |         | 0.08        |         |
| 11(14) | 0.0163 | -0.000                |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 12(15) | 0.0161 | 0.000                 |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 13(16) | 0.0143 | 38.857                |         | 14807                 |         | 2.63        |         |
| 14(17) | 0.0133 | -75.728               |         | 56239                 |         | 10.00       |         |
| 15(19) | 0.0120 | 25.245                |         | 6250                  |         | 1.11        |         |
| 16(22) | 0.0091 | 0.000                 |         | 0                     |         | 0.00        |         |
| 17(24) | 0.0086 | -25.625               |         | 6439                  |         | 1.14        |         |
| 18(25) | 0.0079 | -21.894               |         | 4701                  |         | 0.84        |         |
| 19(27) | 0.0076 | 17.781                |         | 3100                  |         | 0.55        |         |

**Posizione masse 2**

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=22

| N    | T<br>s | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali<br>kgm*g |         | Percentuali |         |
|------|--------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-------------|---------|
|      |        | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°      | Dir=90° |
| 1(1) | 0.1770 | -65.849               | -4.725  | 42523                 | 219     | 61.53       | 0.32    |
| 2(2) | 0.1322 | 6.203                 | -66.375 | 377                   | 43205   | 0.55        | 62.52   |
| 3(3) | 0.0767 | 12.825                | 3.018   | 1613                  | 89      | 2.33        | 0.13    |
| 4(4) | 0.0724 | -1.142                | -22.126 | 13                    | 4801    | 0.02        | 6.95    |

| N                                | T      | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali |       | Percentuali |       |
|----------------------------------|--------|-----------------------|---------|--------------|-------|-------------|-------|
| 5(5)                             | 0.0501 | -40.498               | -4.572  | 16084        | 205   | 23.28       | 0.30  |
| 6(6)                             | 0.0393 | 4.173                 | -38.011 | 171          | 14169 | 0.25        | 20.50 |
| 7(7)                             | 0.0322 | 3.573                 | 4.590   | 125          | 207   | 0.18        | 0.30  |
| 8(8)                             | 0.0299 | -11.053               | -0.842  | 1198         | 7     | 1.73        | 0.01  |
| 9(9)                             | 0.0258 | 2.982                 | -1.785  | 87           | 31    | 0.13        | 0.05  |
| 10(12)                           | 0.0195 | 3.735                 | -1.160  | 137          | 13    | 0.20        | 0.02  |
| 11(13)                           | 0.0173 | -1.452                | -4.555  | 21           | 203   | 0.03        | 0.29  |
| 12(14)                           | 0.0168 | -9.635                | 0.262   | 910          | 1     | 1.32        | 0.00  |
| 13(15)                           | 0.0163 | 0.355                 | -16.160 | 1            | 2561  | 0.00        | 3.71  |
| 14(16)                           | 0.0148 | -8.617                | -1.236  | 728          | 15    | 1.05        | 0.02  |
| 15(17)                           | 0.0138 | 15.067                | -0.140  | 2226         | 0     | 3.22        | 0.00  |
| 16(18)                           | 0.0125 | 3.653                 | -0.141  | 131          | 0     | 0.19        | 0.00  |
| 17(19)                           | 0.0108 | -4.663                | 0.243   | 213          | 1     | 0.31        | 0.00  |
| 18(22)                           | 0.0090 | 2.062                 | -4.967  | 42           | 242   | 0.06        | 0.35  |
| 19(24)                           | 0.0080 | -2.866                | 0.482   | 81           | 2     | 0.12        | 0.00  |
| 20(27)                           | 0.0073 | 4.959                 | -1.074  | 241          | 11    | 0.35        | 0.02  |
| 21(29)                           | 0.0065 | -4.014                | 0.205   | 158          | 0     | 0.23        | 0.00  |
| 22(30)                           | 0.0064 | -4.508                | -2.753  | 199          | 74    | 0.29        | 0.11  |
| Somma delle Masse Modali [kgm*g] |        |                       |         | 67279        | 66058 |             |       |
| Masse strutturali libere [kgm*g] |        |                       |         | 69103        | 69103 |             |       |
| Percentuale                      |        |                       |         | 97.36        | 95.59 | 97.36       | 95.59 |

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

| N      | T(s)   | Coeff. Partecipazione |  | Masse Modali |  | Percentuali |  |
|--------|--------|-----------------------|--|--------------|--|-------------|--|
|        |        |                       |  | kgm*g        |  |             |  |
| 1(1)   | 0.1770 | 18.065                |  | 3200         |  | 0.62        |  |
| 2(2)   | 0.1322 | -16.471               |  | 2660         |  | 0.51        |  |
| 3(3)   | 0.0767 | -188.806              |  | 349583       |  | 67.34       |  |
| 4(4)   | 0.0724 | -25.369               |  | 6311         |  | 1.22        |  |
| 5(5)   | 0.0501 | -87.535               |  | 75142        |  | 14.47       |  |
| 6(6)   | 0.0393 | 15.111                |  | 2239         |  | 0.43        |  |
| 7(7)   | 0.0322 | 15.764                |  | 2437         |  | 0.47        |  |
| 8(8)   | 0.0299 | -22.347               |  | 4897         |  | 0.94        |  |
| 9(9)   | 0.0258 | 20.605                |  | 4164         |  | 0.80        |  |
| 10(12) | 0.0195 | 57.592                |  | 32527        |  | 6.27        |  |
| 11(13) | 0.0173 | 21.239                |  | 4424         |  | 0.85        |  |
| 12(14) | 0.0168 | -7.987                |  | 626          |  | 0.12        |  |
| 13(15) | 0.0163 | -11.118               |  | 1212         |  | 0.23        |  |
| 14(16) | 0.0148 | -6.488                |  | 413          |  | 0.08        |  |
| 15(17) | 0.0138 | 64.227                |  | 40453        |  | 7.79        |  |
| 16(18) | 0.0125 | 12.691                |  | 1580         |  | 0.30        |  |
| 17(19) | 0.0108 | -14.847               |  | 2162         |  | 0.42        |  |
| 18(22) | 0.0090 | 9.389                 |  | 865          |  | 0.17        |  |
| 19(24) | 0.0080 | -22.507               |  | 4968         |  | 0.96        |  |
| 20(27) | 0.0073 | 10.871                |  | 1159         |  | 0.22        |  |
| 21(29) | 0.0065 | -9.723                |  | 927          |  | 0.18        |  |
| 22(30) | 0.0064 | -17.520               |  | 3010         |  | 0.58        |  |

### Posizione masse 3

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=15

| N    | T      | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali |         | Percentuali |         |
|------|--------|-----------------------|---------|--------------|---------|-------------|---------|
|      | s      |                       |         | kgm*g        |         |             |         |
|      |        | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°       | Dir=90° | Dir=0°      | Dir=90° |
| 1(1) | 0.1853 | -66.718               | -0.000  | 43652        | 0       | 63.17       | 0.00    |
| 2(2) | 0.1396 | 0.000                 | -66.175 | 0            | 42945   | 0.00        | 62.15   |
| 3(3) | 0.0798 | 19.076                | 0.000   | 3569         | 0       | 5.16        | 0.00    |
| 4(4) | 0.0715 | -0.000                | -30.519 | 0            | 9134    | 0.00        | 13.22   |
| 5(5) | 0.0510 | 38.054                | 0.000   | 14201        | 0       | 20.55       | 0.00    |
| 6(6) | 0.0400 | -0.000                | 34.375  | 0            | 11588   | 0.00        | 16.77   |
| 7(7) | 0.0350 | 0.000                 | -6.357  | 0            | 396     | 0.00        | 0.57    |

| N                                | T      | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali |       | Percentuali |       |
|----------------------------------|--------|-----------------------|---------|--------------|-------|-------------|-------|
| 8(8)                             | 0.0284 | -12.611               | -0.000  | 1560         | 0     | 2.26        | 0.00  |
| 9(13)                            | 0.0174 | 4.255                 | -0.000  | 178          | 0     | 0.26        | 0.00  |
| 10(14)                           | 0.0162 | -11.234               | 0.000   | 1238         | 0     | 1.79        | 0.00  |
| 11(15)                           | 0.0161 | -0.000                | -16.378 | 0            | 2631  | 0.00        | 3.81  |
| 12(17)                           | 0.0140 | -16.013               | -0.000  | 2514         | 0     | 3.64        | 0.00  |
| 13(19)                           | 0.0106 | 4.776                 | -0.000  | 224          | 0     | 0.32        | 0.00  |
| 14(22)                           | 0.0087 | -0.000                | 3.181   | 0            | 99    | 0.00        | 0.14  |
| 15(29)                           | 0.0066 | 0.000                 | -3.347  | 0            | 110   | 0.00        | 0.16  |
| Somma delle Masse Modali [kgm*g] |        |                       |         | 67135        | 66902 |             |       |
| Masse strutturali libere [kgm*g] |        |                       |         | 69103        | 69103 |             |       |
| Percentuale                      |        |                       |         | 97.15        | 96.82 | 97.15       | 96.82 |

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

| N      | T(s)   | Coeff. Partecipazione |          | Masse Modali<br>kgm*g |  | Percentuali |  |
|--------|--------|-----------------------|----------|-----------------------|--|-------------|--|
| 1(1)   | 0.1853 |                       | 53.073   | 27623                 |  | 5.81        |  |
| 2(2)   | 0.1396 |                       | -0.000   | 0                     |  | 0.00        |  |
| 3(3)   | 0.0798 |                       | -165.753 | 269428                |  | 56.63       |  |
| 4(4)   | 0.0715 |                       | 0.000    | 0                     |  | 0.00        |  |
| 5(5)   | 0.0510 |                       | 92.245   | 83446                 |  | 17.54       |  |
| 6(6)   | 0.0400 |                       | -0.000   | 0                     |  | 0.00        |  |
| 7(7)   | 0.0350 |                       | 0.000    | 0                     |  | 0.00        |  |
| 8(8)   | 0.0284 |                       | -42.622  | 17816                 |  | 3.74        |  |
| 9(13)  | 0.0174 |                       | 84.870   | 70636                 |  | 14.85       |  |
| 10(14) | 0.0162 |                       | 3.339    | 109                   |  | 0.02        |  |
| 11(15) | 0.0161 |                       | 0.000    | 0                     |  | 0.00        |  |
| 12(17) | 0.0140 |                       | -51.503  | 26012                 |  | 5.47        |  |
| 13(19) | 0.0106 |                       | 4.311    | 182                   |  | 0.04        |  |
| 14(22) | 0.0087 |                       | -0.000   | 0                     |  | 0.00        |  |
| 15(29) | 0.0066 |                       | -0.000   | 0                     |  | 0.00        |  |

#### Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=22

| N                                | T      | Coeff. Partecipazione |         | Masse Modali |         | Percentuali |         |
|----------------------------------|--------|-----------------------|---------|--------------|---------|-------------|---------|
|                                  | s      |                       |         | kgm*g        |         |             |         |
|                                  |        | Dir=0°                | Dir=90° | Dir=0°       | Dir=90° | Dir=0°      | Dir=90° |
| 1(1)                             | 0.1770 | -65.849               | 4.725   | 42523        | 219     | 61.53       | 0.32    |
| 2(2)                             | 0.1322 | 6.203                 | 66.375  | 377          | 43205   | 0.55        | 62.52   |
| 3(3)                             | 0.0767 | 12.825                | -3.018  | 1613         | 89      | 2.33        | 0.13    |
| 4(4)                             | 0.0724 | 1.142                 | -22.126 | 13           | 4801    | 0.02        | 6.95    |
| 5(5)                             | 0.0501 | -40.498               | 4.572   | 16084        | 205     | 23.28       | 0.30    |
| 6(6)                             | 0.0393 | -4.173                | -38.011 | 171          | 14169   | 0.25        | 20.50   |
| 7(7)                             | 0.0322 | 3.573                 | -4.590  | 125          | 207     | 0.18        | 0.30    |
| 8(8)                             | 0.0299 | -11.053               | 0.842   | 1198         | 7       | 1.73        | 0.01    |
| 9(9)                             | 0.0258 | 2.982                 | 1.785   | 87           | 31      | 0.13        | 0.05    |
| 10(12)                           | 0.0195 | 3.735                 | 1.160   | 137          | 13      | 0.20        | 0.02    |
| 11(13)                           | 0.0173 | 1.452                 | -4.555  | 21           | 203     | 0.03        | 0.29    |
| 12(14)                           | 0.0168 | -9.635                | -0.262  | 910          | 1       | 1.32        | 0.00    |
| 13(15)                           | 0.0163 | -0.355                | -16.160 | 1            | 2561    | 0.00        | 3.71    |
| 14(16)                           | 0.0148 | 8.617                 | -1.236  | 728          | 15      | 1.05        | 0.02    |
| 15(17)                           | 0.0138 | -15.067               | -0.140  | 2226         | 0       | 3.22        | 0.00    |
| 16(18)                           | 0.0125 | 3.653                 | 0.141   | 131          | 0       | 0.19        | 0.00    |
| 17(19)                           | 0.0108 | 4.663                 | 0.243   | 213          | 1       | 0.31        | 0.00    |
| 18(22)                           | 0.0090 | -2.062                | -4.967  | 42           | 242     | 0.06        | 0.35    |
| 19(24)                           | 0.0080 | -2.866                | -0.482  | 81           | 2       | 0.12        | 0.00    |
| 20(27)                           | 0.0073 | -4.959                | -1.074  | 241          | 11      | 0.35        | 0.02    |
| 21(29)                           | 0.0065 | 4.014                 | 0.205   | 158          | 0       | 0.23        | 0.00    |
| 22(30)                           | 0.0064 | -4.508                | 2.753   | 199          | 74      | 0.29        | 0.11    |
| Somma delle Masse Modali [kgm*g] |        |                       |         | 67279        | 66058   |             |         |

| N                                | T | Coeff. Partecipazione | Masse Modali | Percentuali |
|----------------------------------|---|-----------------------|--------------|-------------|
| Masse strutturali libere [kgm*g] |   |                       | 69103        | 69103       |
| Percentuale                      |   |                       | 97.36        | 95.59       |

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

| N      | T(s)   | Coeff. Partecipazione | Masse Modali | Percentuali |
|--------|--------|-----------------------|--------------|-------------|
|        |        |                       | kgm*g        |             |
| 1(1)   | 0.1770 | 18.065                | 3200         | 0.62        |
| 2(2)   | 0.1322 | -16.471               | 2660         | 0.51        |
| 3(3)   | 0.0767 | -188.806              | 349583       | 67.34       |
| 4(4)   | 0.0724 | 25.369                | 6311         | 1.22        |
| 5(5)   | 0.0501 | -87.535               | 75142        | 14.47       |
| 6(6)   | 0.0393 | -15.111               | 2239         | 0.43        |
| 7(7)   | 0.0322 | 15.764                | 2437         | 0.47        |
| 8(8)   | 0.0299 | -22.347               | 4897         | 0.94        |
| 9(9)   | 0.0258 | 20.605                | 4164         | 0.80        |
| 10(12) | 0.0195 | 57.592                | 32527        | 6.27        |
| 11(13) | 0.0173 | -21.239               | 4424         | 0.85        |
| 12(14) | 0.0168 | -7.987                | 626          | 0.12        |
| 13(15) | 0.0163 | 11.118                | 1212         | 0.23        |
| 14(16) | 0.0148 | 6.488                 | 413          | 0.08        |
| 15(17) | 0.0138 | -64.227               | 40453        | 7.79        |
| 16(18) | 0.0125 | 12.691                | 1580         | 0.30        |
| 17(19) | 0.0108 | 14.847                | 2162         | 0.42        |
| 18(22) | 0.0090 | -9.389                | 865          | 0.17        |
| 19(24) | 0.0080 | -22.507               | 4968         | 0.96        |
| 20(27) | 0.0073 | -10.871               | 1159         | 0.22        |
| 21(29) | 0.0065 | 9.723                 | 927          | 0.18        |
| 22(30) | 0.0064 | -17.520               | 3010         | 0.58        |

## Azioni sulla struttura

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del **D.M. 17.01.2018**. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, sono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste. In presenza di platee il tamponamento è inserito considerando delle aste a sezione nulla la cui funzione è quella di ripartire il carico sui nodi degli elementi della platea ad essa collegati. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite. Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

I solai, oltre a generare le condizioni di carico per carichi fissi e variabili, generano anche altre condizioni di carico che derivano dal carico accidentale moltiplicato per i coefficienti di contemporaneità  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  e  $\psi_2$  da utilizzare per le varie combinazioni di carico e per la determinazione delle masse sismiche.

Le azioni sono state assegnate su aste e piastre, definendo le seguenti condizioni di carico:

| Descrizione                 | Tipo       |
|-----------------------------|------------|
| Peso Proprio                | Automatica |
| Spinta terreno              | Utente     |
| Schema di Carico 1          | Utente     |
| Q permanente no strutturale | Utente     |
| Idrostatico                 | Utente     |

In fase di combinazione delle condizioni di carico si è agito su coefficienti moltiplicatori delle condizioni per

definirne l'esatto contributo, sia in termini di carico che di massa; sono stati infine definiti gli scenari di calcolo come gruppi omogenei di combinazioni di carico. Di seguito vengono riportate le combinazioni di carico usate per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite di Esercizio. Le verifiche sono riportate nel fascicolo dei calcoli. Le tabelle riportano nell'ordine:

- Il nome della combinazione di carico.
- Il tipo di analisi svolta:
  - STR=Strutturale,
  - Statica STR=Sismica statica Strutturale,
  - Modale STR=Sismica modale strutturale,
  - SLE Rara=Stato Limite Esercizio combinazione rara,
  - SLE Freq=Stato Limite Esercizio combinazione frequente,
  - SLE Q.Perm=Stato Limite Esercizio combinazione quasi Permanente,
  - GEO=Geotecnica,
  - Statica GEO=Sismica Statica Geotecnica,
  - Modale GEO=Sismica modale Geotecnica,
  - STR+GEO=Strutturale+Geotecnica,
  - Statica STR+GEO=Sismica Statica Strutturale+Geotecnica,
  - Modale STR+GEO=Sismica modale Strutturale+Geotecnica,
  - Modale SLE= Combinazione sismica modale con spettro di progetto SLD,
  - Statica SLE=Combinazione sismica statica con spettro di progetto SLD.

I termini "**Strutturale**", "**Geotecnica**" e "**Strutturale+Geotecnica**" indicano rispettivamente che la combinazione è usata dal programma per la determinazione delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali, delle sole verifiche geotecniche, sia per le verifiche strutturali che geotecniche.
- Lo spettro usato, se sismica.
- Il fattore amplificativo del sisma.
- L'angolo di ingresso del sisma, se trattasi di analisi sismica.
- Il nome della condizione di carico.
- Il fattore di combinazione per i carichi verticali.
- Se la condizione (con il suo coefficiente di peso) è inclusa nella combinazione (colonna Attiva).
- Se la condizione partecipa alla determinazione della massa (colonna Massa).
- Il fattore con cui partecipa alla determinazione della massa (se non è esclusa dalla determinazione della massa).

## Scenario di calcolo

Scenario : Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO

### Combinazione n° 1: Solo Permanenti

Tipo: STR  
 Spettro: n.a.  
 Fattore sisma: n.a.  
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.  
 Kmod: 0.60

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1.3                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Spinta terreno              | 1.3                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Schema di Carico 1          | 1                       | No     | n.a.  | n.a.          |
| Q permanente no strutturale | 1.5                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Idrostatico                 | 1                       | No     | n.a.  | n.a.          |

### Combinazione n° 2: AD QVSolai

Tipo: STR+GEO  
 Spettro: n.a.  
 Fattore sisma: n.a.  
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.  
 Kmod: 0.90

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1.3                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Spinta terreno              | 1.3                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Schema di Carico 1          | 1.5                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Q permanente no strutturale | 1.5                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |

**Combinazione n° 3: SISMAX1\_SLV**

Tipo: Modale STR+GEO  
 Spettro: SpettroNT\_ 2018 (q=1.5)  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 0  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | No    | 1             |
| Schema di Carico 1          | 0.6                     | Si     | No    | 0.6           |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | No    | 1             |

**Combinazione n° 4: SISMAX1\_SLV**

Tipo: Modale STR+GEO  
 Spettro: SpettroNT\_ 2018 (q=1.5)  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 90  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | No    | 1             |
| Schema di Carico 1          | 0.6                     | Si     | No    | 0.6           |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | No    | 1             |

**Combinazione n° 5: AD QVSolai**

Tipo: SLE Rara  
 Spettro: n.a.  
 Fattore sisma: n.a.  
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Schema di Carico 1          | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |

**Combinazione n° 6: AD QVSolai**

Tipo: SLE Freq.  
 Spettro: n.a.  
 Fattore sisma: n.a.  
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.

Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Schema di Carico 1          | 0.7                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |

**Combinazione n° 7: Quasi P1**  
 Tipo: SLE Q.Perm.  
 Spettro: n.a.  
 Fattore sisma: n.a.  
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Schema di Carico 1          | 0.6                     | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | n.a.  | n.a.          |

**Combinazione n° 8: SISMAX\_SLD**  
 Tipo: Modale SLE  
 Spettro: SpettroNT\_ 2018 (q=1.5)  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 0  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | No    | 1             |
| Schema di Carico 1          | 0.6                     | Si     | No    | 0.6           |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | No    | 1             |

**Combinazione n° 9: SISMAX\_SLD**  
 Tipo: Modale SLE  
 Spettro: SpettroNT\_ 2018 (q=1.5)  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 90  
 Kmod: 1.00

| Condizione di carico        | Fattore di combinazione | Attiva | Massa | Fattore massa |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-------|---------------|
| Peso Proprio                | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Spinta terreno              | 1                       | Si     | No    | 1             |
| Schema di Carico 1          | 0.6                     | Si     | No    | 0.6           |
| Q permanente no strutturale | 1                       | Si     | Si    | 1             |
| Idrostatico                 | 1                       | Si     | No    | 1             |

## Codice di calcolo impiegato

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autori:                    | dott. ing. Dario PICA<br>prof. ing. Paolo BISEGNA<br>dott. ing. Donato Sista                                                                                                                                                                                |
| Produzione e distribuzione | <b>SOFT.LAB srl</b><br><b>via Borgo II - 82030 PONTE (BN)</b><br>tel. ++39 (824) 874392<br>fax ++39 (824) 874431<br>internet: <a href="http://www.soft.lab.it">http://www.soft.lab.it</a><br>e.mail: <a href="mailto:info@soft.lab.it">info@soft.lab.it</a> |
| Sigla:                     | <b>IperSpaceBIM 8.0.1</b>                                                                                                                                                                                                                                   |
| Licenza n.                 | <b>Concesso in licenza a STUDIO MACRI' TECNICI ASSOCIA</b><br><b>STUDIO MACRI' TECNICI ASSOCIA codice utente C00798</b>                                                                                                                                     |

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare.

Il modello di calcolo è definito dalla posizione dei nodi collegati da elementi di tipo Beam o elementi di tipo shell, a comportamento sia flessionale che membranale; l'elemento finito shell utilizzato è anche in grado di esprimere una rigidezza rotazionale in direzione ortogonale al suo piano.

L'analisi sismica utilizzata è l'analisi modale con Combinazione Quadratica Completa degli effetti del sisma. Il modello è stato analizzato sia per le combinazioni dei carichi verticali sia per le combinazioni di carico verticale e sisma. Un particolare chiarimento richiede la definizione delle masse nell'analisi sismica.

Pur avendo considerato il modello con impalcati rigidi non si rende necessario calcolare il modello con la metodologia del **MASTER-SLAVE**, in quanto gli impalcati rigidi sono stati modellati con elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza dei campi di solaio. Per ottenere tale modellazione il programma inserisce in automatico elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza del campo di solaio intercluso tra una maglia di travi; la loro rigidezza membranale è sufficientemente alta da rendere il campo di solaio rigido nel proprio piano, ma tale da non condizionare in modo errato la matrice di rigidezza della struttura.

Qualora una maglia di travi non sia collegata da solai, lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi; la rigidezza flessionale delle travi è trascurabile rispetto a quella degli elementi che contornano il campo, per cui lo shell impone un vincolo orizzontale solo nel piano dell'impalcato tra i nodi collegati; pertanto, non è necessario definire preventivamente il centro di massa e momento d'inerzia delle masse poiché le masse sono trasferite direttamente nei nodi del modello (modello Lumped Mass) dal codice di calcolo.

Il metodo per calcolare le masse nei nodi può essere quello per aree di influenza, ma questo richiederebbe l'intervento diretto dell'operatore; il codice di calcolo utilizza una metodologia leggermente più raffinata per tener conto del fatto che su un elemento il carico portato non è uniforme. Il codice di calcolo, infatti, considera i carichi presenti sull'asta, che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente  $G + \frac{1}{2}Q$ ) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali; tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità  $g$  forniscono il contributo dell'elemento alla determinazione della massa del nodo e, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo, si ottiene la massa complessiva.

Per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza: in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna  $\frac{1}{3}$  oppure  $\frac{1}{4}$  del peso dell'elemento shell e  $\frac{1}{3}$  oppure  $\frac{1}{4}$  dell'eventuale carico variabile ridotto; sommando i contributi di tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare a quest'ultimo.

## Verifica degli elementi strutturali

Le verifiche di resistenza degli elementi sono condotte considerando le sollecitazioni di calcolo ed imponendo che le resistenze siano superiori alle azioni. Gli elementi sono verificati e/o progettati applicando la gerarchia delle resistenze, in particolare la gerarchia flessione-taglio per la verifica/progetto dell'elemento e la gerarchia pilastro-trave per la determinazione delle resistenze del pilastro.

I criteri di verifica sono una raccolta di parametri usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali; ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi; è sottinteso che nella verifica di un elemento (es. trave) non sono presi in considerazione i dati relativi agli altri elementi (ad es. se si verifica una trave non sono presi in considerazione i dati relativi a pilastri e shell, così come se si esegue una verifica agli SLU non sono presi in considerazione i dati relativi agli SLE). Ogni criterio di verifica è identificato da un nome a scelta dell'operatore, per cui nei tabulati di verifica il nome del criterio ne identifica i parametri usati.

Riguardo alle verifiche agli SLU le resistenze sono determinate in base a quanto specificato dalla norma attraverso il modello plastico-incrudente o elastico-perfettamente plastico. La verifica consiste nel controllare che, assegnate le sollecitazioni, le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime; ciò equivale ad affermare che nello spazio tridimensionale  $N$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  il punto rappresentativo delle sollecitazioni è interno al dominio di resistenza della sezione.

Le verifiche agli SLE riguardano le verifiche di:

- deformabilità degli impalcati con  $\delta \leq 0.0050 \cdot h$ ;
- fessurazione;
- tensioni in esercizio.

## Criteri di verifica

|                                                             |        |                |
|-------------------------------------------------------------|--------|----------------|
| <b>CLS Platee</b>                                           |        |                |
| <b>Generici</b>                                             |        |                |
| Resistenza caratteristica $R_{ck}$                          | kg/cmq | 250            |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio barre $f_{yk}$  | kg/cmq | 4500           |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe $f_{yk}$ | kg/cmq | 4500           |
| Deformazione unitaria $\varepsilon_{c0}$                    |        | 0.002          |
| Deformazione ultima $\varepsilon_{cu}$                      |        | 0.0035         |
| $\varepsilon_{fu}$ (solo incrudimento)                      |        | 0.0019         |
| Modulo elastico $E$ acciaio                                 | kg/cmq | 2E06           |
| Copriferro di calcolo                                       | cm     | 6.0            |
| Copriferro di disegno                                       | cm     | 5.0            |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$                     |        | 1.5            |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$                    |        | 1.15           |
| Riduzione $f_{cd}$ calcestruzzo                             |        | 0.85           |
| Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma          |        | Si             |
| Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma         |        | Si             |
| <b>Generici N.T.</b>                                        |        |                |
| Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$               |        | 1.00           |
| Modello acciaio                                             |        | Incrudente     |
| Incrudimento $E_y/E_0$                                      |        | 0.000          |
| Campo Elastico per RES-SLV                                  |        | No             |
| Campo Elastico per RES-SLD                                  |        | No             |
| Elemento esistente                                          |        | No             |
| <b>Generici D.M. 96 T.A.</b>                                |        |                |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$                             | kg/cmq | 85.0           |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ in trazione                 | kg/cmq | 27.2           |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ acciaio                     | kg/cmq | 2600.0         |
| Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$                | kg/cmq | 5.3            |
| Tensione tangenziale massima $\tau_{c1}$                    | kg/cmq | 16.9           |
| Coefficiente di omogeneizzazione $n$                        |        | 15             |
| Coefficiente di omogeneizzazione $n$ in trazione            |        | 0.5            |
| Sezione interamente reagente                                |        | No             |
| <b>Fessurazioni</b>                                         |        |                |
| Verifica a decompressione                                   |        | No             |
| Verifica formazione fessure                                 |        | No             |
| Verifica aperture fessure                                   |        | Si             |
| Classe di esposizione                                       |        | XC3            |
| Tipo armatura                                               |        | Poco sensibile |
| Combinazione Rara                                           |        | No             |
| Combinazione QP                                             |        | Si             |
| W ammissibile Combinazione QP                               | mm     | 0.300          |
| Combinazione Freq.                                          |        | Si             |
| W ammissibile Combinazione Freq.                            | mm     | 0.400          |
| Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$          |        | 1              |
| Resistenza media a trazione $f_{ctm}$                       | kg/cmq | 22.65          |
| Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$                  |        | 0.40           |
| Coefficiente di aderenza $k_1$                              |        | 0.80           |
| <b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>                    |        |                |
| Verifica Combinazione Rara                                  |        | Si             |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$                          | kg/cmq | 124            |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$                     | kg/cmq | 3600           |
| Verifica Combinazione QP                                    |        | Si             |

|                                                             |        |      |
|-------------------------------------------------------------|--------|------|
| Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$                          | kg/cmq | 93   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$                     | kg/cmq | 3600 |
| Verifica Combinazione Freq.                                 |        | No   |
| <b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>                     |        |      |
| Acciaio - Cls compresso                                     |        | 15   |
| Cls teso - Cls compresso                                    |        | 0.5  |
| <b>Armatura muri</b>                                        |        |      |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X  | %      | 0.1  |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y  | %      | 0.1  |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X | %      | 2    |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y | %      | 2    |
| <b>Verifica muri</b>                                        |        |      |
| Step incremento armatura                                    | cmq    | 0.01 |
| Verifica muri come pareti                                   |        | No   |

|                                                        |        |                 |
|--------------------------------------------------------|--------|-----------------|
| <b>CLS_Muri</b>                                        |        |                 |
| <b>Generici</b>                                        |        |                 |
| Resistenza caratteristica Rck                          | kg/cmq | 250             |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk  | kg/cmq | 4500            |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk | kg/cmq | 4500            |
| Deformazione unitaria $\varepsilon_{c0}$               |        | 0.002           |
| Deformazione ultima $\varepsilon_{cu}$                 |        | 0.0035          |
| $\varepsilon_{fu}$ (solo incrudimento)                 |        | 0.01            |
| Modulo elastico E acciaio                              | kg/cmq | 2E06            |
| Copriferro di calcolo                                  | cm     | 6.0             |
| Copriferro di disegno                                  | cm     | 5.0             |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$                |        | 1.5             |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$               |        | 1.15            |
| Riduzione fcd calcestruzzo                             |        | 0.85            |
| Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma     |        | Si              |
| Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma    |        | Si              |
| <b>Generici N.T.</b>                                   |        |                 |
| Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$          |        | 1.00            |
| Modello acciaio                                        |        | Elasto-plastico |
| Campo Elastico per RES-SLV                             |        | No              |
| Campo Elastico per RES-SLD                             |        | No              |
| Elemento esistente                                     |        | No              |
| <b>Generici D.M. 96 T.A.</b>                           |        |                 |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$                        | kg/cmq | 85.0            |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ in trazione            | kg/cmq | 27.2            |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ acciaio                | kg/cmq | 2600.0          |
| Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$           | kg/cmq | 5.3             |
| Tensione tangenziale massima $\tau_{c1}$               | kg/cmq | 16.9            |
| Coefficiente di omogeneizzazione n                     |        | 15              |
| Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione         |        | 0.5             |
| Sezione interamente reagente                           |        | No              |
| <b>Fessurazioni</b>                                    |        |                 |
| Verifica a decompressione                              |        | No              |
| Verifica formazione fessure                            |        | No              |
| Verifica aperture fessure                              |        | Si              |
| Classe di esposizione                                  |        | XC3             |
| Tipo armatura                                          |        | Poco sensibile  |
| Combinazione Rara                                      |        | No              |
| Combinazione QP                                        |        | Si              |
| W ammissibile Combinazione QP                          | mm     | 0.300           |
| Combinazione Freq.                                     |        | Si              |
| W ammissibile Combinazione Freq.                       | mm     | 0.400           |
| Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$     |        | 1               |
| Resistenza media a trazione $f_{ctm}$                  | kg/cmq | 22.65           |
| Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$             |        | 0.40            |
| Coefficiente di aderenza $k_1$                         |        | 0.80            |
| <b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>               |        |                 |
| Verifica Combinazione Rara                             |        | Si              |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$                     | kg/cmq | 124             |

|                                                             |        |      |
|-------------------------------------------------------------|--------|------|
| Tensione ammissibile $\sigma_{\text{Acciaio}}$              | kg/cmq | 3600 |
| Verifica Combinazione QP                                    |        | Si   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{\text{Cls}}$                  | kg/cmq | 93   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{\text{Acciaio}}$              | kg/cmq | 3600 |
| Verifica Combinazione Freq.                                 |        | No   |
| <b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>                     |        |      |
| Acciaio - Cls compresso                                     |        | 15   |
| Cls teso - Cls compresso                                    |        | 0.5  |
| <b>Armatura muri</b>                                        |        |      |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X  | %      | 0.1  |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y  | %      | 0.1  |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X | %      | 2    |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y | %      | 2    |
| <b>Verifica muri</b>                                        |        |      |
| Step incremento armatura                                    | cmq    | 0.01 |
| Verifica muri come pareti                                   |        | No   |

|                                                             |        |                |
|-------------------------------------------------------------|--------|----------------|
| <b>CLS_Solettone</b>                                        |        |                |
| <b>Generici</b>                                             |        |                |
| Resistenza caratteristica $R_{ck}$                          | kg/cmq | 250            |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio barre $f_{yk}$  | kg/cmq | 4500           |
| Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe $f_{yk}$ | kg/cmq | 4500           |
| Deformazione unitaria $\varepsilon_{c0}$                    |        | 0.002          |
| Deformazione ultima $\varepsilon_{cu}$                      |        | 0.0035         |
| $\varepsilon_{fu}$ (solo incrudimento)                      |        | 0.0019         |
| Modulo elastico E acciaio                                   | kg/cmq | 2E06           |
| Copriferro di calcolo                                       | cm     | 6.0            |
| Copriferro di disegno                                       | cm     | 5.0            |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{\text{Cls}}$             |        | 1.5            |
| Coefficiente di sicurezza $\gamma_{\text{Acc}}$             |        | 1.15           |
| Riduzione $f_{cd}$ calcestruzzo                             |        | 0.85           |
| Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma          |        | Si             |
| Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma         |        | Si             |
| <b>Generici N.T.</b>                                        |        |                |
| Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$               |        | 1.00           |
| Modello acciaio                                             |        | Incrudente     |
| Incrudimento $E_y/E_0$                                      |        | 0.000          |
| Campo Elastico per RES-SLV                                  |        | No             |
| Campo Elastico per RES-SLD                                  |        | No             |
| Elemento esistente                                          |        | No             |
| <b>Generici D.M. 96 T.A.</b>                                |        |                |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$                             | kg/cmq | 85.0           |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ in trazione                 | kg/cmq | 27.2           |
| Tensione ammissibile $\sigma_c$ acciaio                     | kg/cmq | 2600.0         |
| Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$                | kg/cmq | 5.3            |
| Tensione tangenziale massima $\tau_{c1}$                    | kg/cmq | 16.9           |
| Coefficiente di omogeneizzazione $n$                        |        | 15             |
| Coefficiente di omogeneizzazione $n$ in trazione            |        | 0.5            |
| Sezione interamente reagente                                |        | No             |
| <b>Fessurazioni</b>                                         |        |                |
| Verifica a decompressione                                   |        | No             |
| Verifica formazione fessure                                 |        | No             |
| Verifica aperture fessure                                   |        | Si             |
| Classe di esposizione                                       |        | XC3            |
| Tipo armatura                                               |        | Poco sensibile |
| Combinazione Rara                                           |        | No             |
| Combinazione QP                                             |        | Si             |
| W ammissibile Combinazione QP                               | mm     | 0.300          |
| Combinazione Freq.                                          |        | Si             |
| W ammissibile Combinazione Freq.                            | mm     | 0.400          |
| Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$          |        | 1              |
| Resistenza media a trazione $f_{ctm}$                       | kg/cmq | 22.65          |
| Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$                  |        | 0.40           |
| Coefficiente di aderenza $k_1$                              |        | 0.80           |

| Tensioni ammissibili di esercizio                           |        |      |
|-------------------------------------------------------------|--------|------|
| Verifica Combinazione Rara                                  |        | Si   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$                          | kg/cmq | 125  |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$                     | kg/cmq | 3600 |
| Verifica Combinazione QP                                    |        | Si   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$                          | kg/cmq | 93   |
| Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$                     | kg/cmq | 3600 |
| Verifica Combinazione Freq.                                 |        | No   |
| Coefficienti di omogeneizzazione                            |        |      |
| Acciaio - Cls compresso                                     |        | 15   |
| Cls teso - Cls compresso                                    |        | 0.5  |
| Armatura muri                                               |        |      |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X  | %      | 0.1  |
| Minima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y  | %      | 0.1  |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione X | %      | 2    |
| Massima percentuale armatura rispetto al Cls in direzione Y | %      | 2    |
| Verifica muri                                               |        |      |
| Step incremento armatura                                    | cmq    | 0.01 |
| Verifica muri come pareti                                   |        | No   |

## Validazione del calcolo

Di seguito si riportano alcuni dati significativi del calcolo in base ai quali si ritiene che il codice di calcolo è affidabile ed i risultati accettati dal progettista.

## Reazioni nodali

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO**

Le reazioni nei nodi sono riferite al sistema globale XYZ, la risultante (Forza+Momento) è riferita all'origine del sistema

Riepilogo risultanti reazioni

| Comb   | Fx<br>kg | Fy<br>kg | Fz<br>kg | Mx<br>kg*m | My<br>kg*m | Mz<br>kg*m |
|--------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| 1      | -0       | 0        | 0        | 97         | -0         | 0          |
| 2      | -0       | 0        | 0        | 99         | -0         | 0          |
| 3-I-1  | -17886   | -0       | 0        | 77         | -5657      | 103239     |
| 3-II-1 | 17886    | 0        | 0        | 77         | 5657       | -103239    |
| 3-I-2  | -17522   | -3050    | 0        | -35        | -5927      | 97673      |
| 3-II-2 | 17522    | 3050     | 0        | 189        | 5927       | -97673     |
| 3-I-3  | -17639   | 0        | 0        | 77         | -6326      | 114490     |
| 3-II-3 | 17639    | -0       | 0        | 77         | 6326       | -114490    |
| 3-I-4  | -17522   | 3050     | 0        | 189        | -5927      | 105909     |
| 3-II-4 | 17522    | -3050    | 0        | -35        | 5927       | -105909    |
| 4-I-1  | -0       | -17561   | 0        | -846       | 0          | -23708     |
| 4-II-1 | 0        | 17561    | 0        | 999        | -0         | 23708      |
| 4-I-2  | 1316     | -16015   | 0        | -861       | 775        | -38475     |
| 4-II-2 | -1316    | 16015    | 0        | 1015       | -775       | 38475      |
| 4-I-3  | 0        | -17454   | 0        | -887       | 0          | -23563     |
| 4-II-3 | -0       | 17454    | 0        | 1041       | -0         | 23563      |
| 4-I-4  | -1316    | -16015   | 0        | -861       | -775       | -4765      |
| 4-II-4 | 1316     | 16015    | 0        | 1015       | 775        | 4765       |
| 5      | -0       | 0        | 0        | 77         | -0         | 0          |
| 6      | -0       | 0        | 0        | 77         | -0         | 0          |
| 7      | -0       | 0        | 0        | 77         | -0         | 0          |
| 8-I-1  | -13982   | -0       | 0        | 77         | -4689      | 81455      |
| 8-II-1 | 13982    | 0        | 0        | 77         | 4689       | -81455     |
| 8-I-2  | -13948   | -2128    | 0        | -12        | -4977      | 80607      |

| Comb   | Fx     | Fy     | Fz | Mx   | My    | Mz     |
|--------|--------|--------|----|------|-------|--------|
| 8-II-2 | 13948  | 2128   | 0  | 166  | 4977  | -80607 |
| 8-I-3  | -14214 | 0      | 0  | 77   | -5337 | 93878  |
| 8-II-3 | 14214  | -0     | 0  | 77   | 5337  | -93878 |
| 8-I-4  | -13948 | 2128   | 0  | 166  | -4977 | 86352  |
| 8-II-4 | 13948  | -2128  | 0  | -12  | 4977  | -86352 |
| 9-I-1  | -0     | -12791 | 0  | -609 | 0     | -17268 |
| 9-II-1 | 0      | 12791  | 0  | 763  | -0    | 17268  |
| 9-I-2  | 793    | -12123 | 0  | -639 | 607   | -28071 |
| 9-II-2 | -793   | 12123  | 0  | 793  | -607  | 28071  |
| 9-I-3  | 0      | -13354 | 0  | -679 | 0     | -18028 |
| 9-II-3 | -0     | 13354  | 0  | 833  | -0    | 18028  |
| 9-I-4  | -793   | -12123 | 0  | -639 | -607  | -4660  |
| 9-II-4 | 793    | 12123  | 0  | 793  | 607   | 4660   |

## Reazioni Terreno

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO**

Le reazioni sono intese proiettate sul piano xy (z=0)

| Comb   | X   | Y   | Fx | Fy | Fz     | Mx     | My      | Mz   |
|--------|-----|-----|----|----|--------|--------|---------|------|
|        | cm  | cm  | kg | kg | kg     | kg*m   | kg*m    | kg*m |
| 1      | 135 | 470 | 0  | 0  | 121812 | 572112 | -164446 | 0    |
| 2      | 135 | 470 | 0  | 0  | 166974 | 785547 | -225414 | 0    |
| 3-I-1  | 148 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -205980 | 0    |
| 3-II-1 | 122 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -168951 | 0    |
| 3-I-2  | 149 | 476 | 0  | 0  | 139920 | 665806 | -208028 | 0    |
| 3-II-2 | 121 | 465 | 0  | 0  | 137806 | 641237 | -166903 | 0    |
| 3-I-3  | 149 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -207271 | 0    |
| 3-II-3 | 121 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -167660 | 0    |
| 3-I-4  | 149 | 465 | 0  | 0  | 137806 | 641237 | -205174 | 0    |
| 3-II-4 | 121 | 476 | 0  | 0  | 139920 | 665806 | -169757 | 0    |
| 4-I-1  | 135 | 532 | 0  | 0  | 142613 | 758375 | -192527 | 0    |
| 4-II-1 | 135 | 406 | 0  | 0  | 135114 | 548668 | -182403 | 0    |
| 4-I-2  | 135 | 534 | 0  | 0  | 144269 | 770942 | -194330 | 0    |
| 4-II-2 | 135 | 402 | 0  | 0  | 133457 | 536101 | -180601 | 0    |
| 4-I-3  | 135 | 538 | 0  | 0  | 145579 | 782684 | -196532 | 0    |
| 4-II-3 | 135 | 397 | 0  | 0  | 132147 | 524359 | -178399 | 0    |
| 4-I-4  | 135 | 534 | 0  | 0  | 144269 | 770942 | -195197 | 0    |
| 4-II-4 | 135 | 402 | 0  | 0  | 133457 | 536101 | -179734 | 0    |
| 5      | 135 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -187465 | 0    |
| 6      | 135 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -187465 | 0    |
| 7      | 135 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -187465 | 0    |
| 8-I-1  | 146 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -203064 | 0    |
| 8-II-1 | 124 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -171866 | 0    |
| 8-I-2  | 147 | 475 | 0  | 0  | 139768 | 663884 | -204946 | 0    |
| 8-II-2 | 123 | 466 | 0  | 0  | 137958 | 643159 | -169984 | 0    |
| 8-I-3  | 147 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -204359 | 0    |
| 8-II-3 | 123 | 471 | 0  | 0  | 138863 | 653521 | -170572 | 0    |
| 8-I-4  | 147 | 466 | 0  | 0  | 137958 | 643159 | -202503 | 0    |
| 8-II-4 | 123 | 475 | 0  | 0  | 139768 | 663884 | -172428 | 0    |
| 9-I-1  | 135 | 516 | 0  | 0  | 141688 | 731467 | -191279 | 0    |
| 9-II-1 | 135 | 423 | 0  | 0  | 136038 | 575576 | -183652 | 0    |
| 9-I-2  | 135 | 519 | 0  | 0  | 143104 | 743227 | -192863 | 0    |
| 9-II-2 | 135 | 419 | 0  | 0  | 134623 | 563816 | -182068 | 0    |
| 9-I-3  | 135 | 523 | 0  | 0  | 144326 | 754734 | -194840 | 0    |
| 9-II-3 | 135 | 414 | 0  | 0  | 133401 | 552309 | -180091 | 0    |
| 9-I-4  | 135 | 519 | 0  | 0  | 143104 | 743227 | -193517 | 0    |
| 9-II-4 | 135 | 419 | 0  | 0  | 134623 | 563816 | -181414 | 0    |

## Taglianti di piano

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO**

I taglianti sono dati per combinazioni di calcolo C-S-Pm con C=Combinazione(1,2,...) S=Sisma(I,II) Pm=posizione masse(1,2,...). Le azioni, complessive, sono riferite al sistema di riferimento globale.

$\Theta = F_z \cdot dr / (F_h \cdot H)$  con:

Fz Forza verticale

dr Spostamento medio del piano rispetto al piano inferiore

Fh Tagliante

H Altezza del piano

dx spostamento medio di piano in direzione X

dy spostamento medio di piano in direzione Y

dr  $((dx_s - dx_i)^2 + (dy_s - dy_i)^2)^{0.5}$  s=impalcato superiore i=impalcato inferiore

Nel caso di combinazioni sismiche l'aliquota dovuta al sisma di dx e dy è valutata secondo le indicazioni in 7.3.3, moltiplicando lo spostamento per  $\mu_d$

#### Combinazione: 3-I-1 (SISMAX1\_SLV)

| Piano | Fx     | Fy  | Fz    | dx   | dy    | $\Theta$ |
|-------|--------|-----|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg  | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -6233  | -39 | 14857 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -16457 | -0  | 944   | 3.48 | -0.17 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -6233   | -39     | -6233  | -39   |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -16457  | -0      | -16457 | -0    |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | --            | --       | --         |

#### Combinazione: 3-I-2 (SISMAX1\_SLV)

| Piano | Fx     | Fy   | Fz    | dx   | dy    | $\Theta$ |
|-------|--------|------|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg   | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -7795  | 2819 | 15364 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -16289 | -121 | 731   | 3.42 | -0.03 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -7795   | 2819    | -7795  | 2819  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -16289  | -121    | -16289 | -121  |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

#### Combinazione: 3-I-3 (SISMAX1\_SLV)

| Piano | Fx    | Fy  | Fz    | dx   | dy   | $\Theta$ |
|-------|-------|-----|-------|------|------|----------|
|       | kg    | kg  | kg    | mm   | mm   |          |
| 0     | -9334 | -39 | 14857 | 0.00 | 0.00 | --       |

| Piano | Fx     | Fy | Fz  | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|----|-----|------|-------|----------|
| 1     | -16573 | 0  | 944 | 3.45 | -0.17 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -9334   | -39     | -9334  | -39   |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -16573  | 0       | -16573 | 0     |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | --            | --       | --         |

**Combinazione: 3-I-4 (SISMAX1\_SLV)**

| Piano | Fx     | Fy    | Fz    | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg    | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -7795  | -2896 | 14351 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -16289 | 121   | 1156  | 3.42 | -0.31 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -7795   | -2896   | -7795  | -2896 |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -16289  | 121     | -16289 | 121   |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 4-I-1 (SISMAY1\_SLV)**

| Piano | Fx | Fy     | Fz     | dx   | dy   | Θ        |
|-------|----|--------|--------|------|------|----------|
|       | kg | kg     | kg     | mm   | mm   |          |
| 0     | 0  | 18962  | 25166  | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | 0  | -17964 | -11704 | 0.00 | 1.93 | 0.000359 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | 18962   | 0     | 18962  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | -17964  | 0     | -17964 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | --            | --       | --         |
| 1     | --            | --       | --         |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 4-I-2 (SISMAY1\_SLV)**

| Piano | Fx   | Fy     | Fz     | dx    | dy   | Θ        |
|-------|------|--------|--------|-------|------|----------|
|       | kg   | kg     | kg     | mm    | mm   |          |
| 0     | 937  | 16011  | 26167  | 0.00  | 0.00 | --       |
| 1     | 2522 | -18282 | -11977 | -0.26 | 1.96 | 0.000367 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 937     | 16011   | 937   | 16011  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | 2522    | -18282  | 2522  | -18282 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 4-I-3 (SISMAY1\_SLV)**

| Piano | Fx | Fy     | Fz     | dx   | dy   | Θ        |
|-------|----|--------|--------|------|------|----------|
|       | kg | kg     | kg     | mm   | mm   |          |
| 0     | 0  | 18349  | 25705  | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | 0  | -17420 | -11465 | 0.00 | 2.02 | 0.000380 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | 18349   | 0     | 18349  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | -17420  | 0     | -17420 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | --            | --       | --         |
| 1     | --            | --       | --         |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 4-I-4 (SISMAY1\_SLV)**

| Piano | Fx    | Fy     | Fz     | dx   | dy   | Θ        |
|-------|-------|--------|--------|------|------|----------|
|       | kg    | kg     | kg     | mm   | mm   |          |
| 0     | -937  | 16011  | 26167  | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | -2522 | -18282 | -11977 | 0.26 | 1.96 | 0.000367 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -937    | 16011   | -937  | 16011  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -2522   | -18282  | -2522 | -18282 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 8-I-1 (SISMAX\_SLD)**

| Piano | Fx     | Fy  | Fz    | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|-----|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg  | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -6144  | -39 | 14857 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -13118 | -0  | 944   | 2.92 | -0.17 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -6144   | -39     | -6144  | -39   |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -13118  | -0      | -13118 | -0    |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

## Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | --            | --       | --         |

**Combinazione: 8-I-2 (SISMAX\_SLD)**

| Piano | Fx     | Fy   | Fz    | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|------|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg   | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -7442  | 1905 | 15282 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -13232 | -361 | 632   | 2.90 | -0.05 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -7442   | 1905    | -7442  | 1905  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -13232  | -361    | -13232 | -361  |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

## Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 8-I-3 (SISMAX\_SLD)**

| Piano | Fx     | Fy  | Fz    | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|-----|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg  | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -8701  | -39 | 14857 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -13604 | 0   | 944   | 2.93 | -0.17 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -8701   | -39     | -8701  | -39   |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -13604  | 0       | -13604 | 0     |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

## Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
|-------|---------------|----------|------------|

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | --            | --       | --         |

**Combinazione: 8-I-4 (SISMAX\_SLD)**

| Piano | Fx     | Fy    | Fz    | dx   | dy    | Θ        |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|----------|
|       | kg     | kg    | kg    | mm   | mm    |          |
| 0     | -7442  | -1983 | 14432 | 0.00 | 0.00  | --       |
| 1     | -13232 | 361   | 1256  | 2.90 | -0.29 | 0.000000 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot  | FyTot |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|--------|-------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg     | kg    |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -7442   | -1983   | -7442  | -1983 |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -13232  | 361     | -13232 | 361   |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

## Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 9-I-1 (SISMAY\_SLD)**

| Piano | Fx | Fy     | Fz    | dx   | dy   | Θ        |
|-------|----|--------|-------|------|------|----------|
|       | kg | kg     | kg    | mm   | mm   |          |
| 0     | 0  | 13374  | 22692 | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | -0 | -12732 | -7567 | 0.00 | 1.39 | 0.000236 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | 13374   | 0     | 13374  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -0      | -12732  | -0    | -12732 |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | --            | --       | --         |
| 1     | --            | --       | --         |

## Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 9-I-2 (SISMAY\_SLD)**

| Piano | Fx   | Fy     | Fz    | dx    | dy   | Θ        |
|-------|------|--------|-------|-------|------|----------|
|       | kg   | kg     | kg    | mm    | mm   |          |
| 0     | 943  | 12160  | 23529 | 0.00  | 0.00 | --       |
| 1     | 1781 | -13357 | -8104 | -0.22 | 1.46 | 0.000253 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 943     | 12160   | 943   | 12160  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | 1781    | -13357  | 1781  | -13357 |

## Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 9-I-3 (SISMAY\_SLD)**

| Piano | Fx | Fy     | Fz    | dx   | dy   | Θ        |
|-------|----|--------|-------|------|------|----------|
|       | kg | kg     | kg    | mm   | mm   |          |
| 0     | 0  | 13640  | 23392 | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | 0  | -13063 | -8039 | 0.00 | 1.55 | 0.000272 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | 13640   | 0     | 13640  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | 0       | -13063  | 0     | -13063 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | --            | --       | --         |
| 1     | --            | --       | --         |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

**Combinazione: 9-I-4 (SISMAY\_SLD)**

| Piano | Fx    | Fy     | Fz    | dx   | dy   | Θ        |
|-------|-------|--------|-------|------|------|----------|
|       | kg    | kg     | kg    | mm   | mm   |          |
| 0     | -943  | 12160  | 23529 | 0.00 | 0.00 | --       |
| 1     | -1781 | -13357 | -8104 | 0.22 | 1.46 | 0.000253 |

| Piano | FxPil/Isol. | FyPil/Isol. | FxPar | FyPar | FxShell | FyShell | FxTot | FyTot  |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
|       | kg          | kg          | kg    | kg    | kg      | kg      | kg    | kg     |
| 0     | 0           | 0           | 0     | 0     | -943    | 12160   | -943  | 12160  |
| 1     | 0           | 0           | 0     | 0     | -1781   | -13357  | -1781 | -13357 |

Percentuali assorbite in direzione X

| Piano | %Pil/Isol. FX | %Par. FX | %Shell. FX |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

Percentuali assorbite in direzione Y

| Piano | %Pil/Isol. FY | %Par. FY | %Shell. FY |
|-------|---------------|----------|------------|
| 0     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |
| 1     | 0.00          | 0.00     | 100.00     |

## Informazioni dell'elaborazione

Il calcolo automatico è stato eseguito su un elaboratore con le seguenti caratteristiche:

|                            |                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| Tipo:                      | GenuineIntel - Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50GHz |
| Capacità di memoria:       | 12155 MB                                                |
| Unità di memoria di massa: | Disco C 190.02 GB                                       |
| Unità periferiche:         |                                                         |

Sistema operativo e sua versione:

Windows 10 (Build :19045)

La valutazione della correttezza dei dati in ingresso e dell'accuratezza dei risultati è stata effettuata sia mediante le visualizzazioni grafiche del post processore, sia mediante il controllo dei tabulati numerici. La verifica che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico, legati all'algoritmo risolutivo e alle caratteristiche dell'elaboratore, è stata effettuata considerando che il numero di cifre significative utilizzate nei procedimenti numerici è 16, e che all'interno della matrice di rigidezza il rapporto tra il pivot massimo e minimo è:  $2.755230e+02$ . Tale valore è accettabile quando risulta minore di 10 elevato al numero di cifre significative. Nel caso dell'elaborazione in oggetto si ha:

$$\text{Max/Min} = 2.755230e+02 < 1.000000e+16$$

Si riporta la tabella relativa alle statistiche sulla matrice di rigidezza

## Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_ 2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO**

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| Minimo della diagonale  | 1.428808e+07 |
| Massimo della diagonale | 3.936696e+09 |
| Rapporto Max/Min        | 2.755230e+02 |
| Media della diagonale   | 7.802638e+08 |
| Densità                 | 2.597603e+00 |

## RELAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

La presente riguarda la realizzazione dei modesti manufatti, sostanzialmente di tipo scatolare aperti e chiusi, del canale di allontanamento acque reflue nel comune di Cardinale CZ.

### CALCOLO ELABORATO

Avendo usato l'elaboratore elettronico per la redazione del calcolo strutturale con il metodo già ampiamente esposto nella relazione tecnica, a risultati ottenuti, si è proceduto al controllo ed alla verifica della compatibilità dei risultati con quanto previsto dalle prescrizioni tecniche sulla progettazione ed esecuzione di opere in calcestruzzo cementizio armato.

L'elaboratore ha calcolato e verificato le varie strutture e dall'analisi è risultato che le medesime sono perfettamente compatibili alle sollecitazioni cui sono sottoposte.

Pertanto, che la struttura risulta verificata ai sensi della L. 05-11-71, n. 1086; Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18, e che tutte le strutture, sono idonee per la funzione cui sono destinate.

### Tipo Analisi svolta

- Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che la struttura è di limitata altezza, del tipo a pareti e fondazione a platea, si è optato per l'analisi con spettro elastico di progetto e fattore di struttura  $q = 1.5$ . Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

- Metodo di risoluzione della struttura

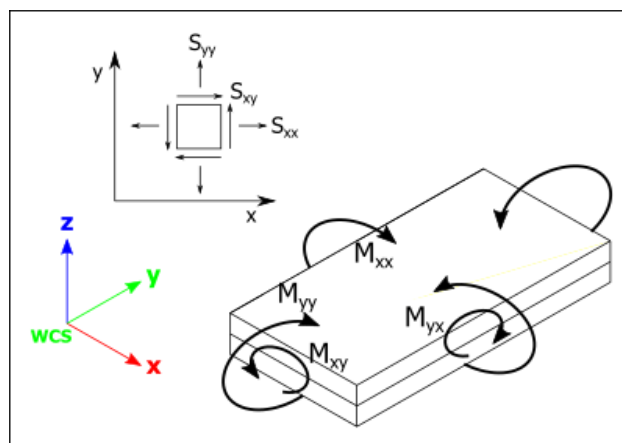
La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare, per le fondazioni l'elemento platea non è altro che l'elemento [Thin plate & shell], su suolo alla Winkler.

L'elemento plate-shell è un quadrilatero di geometria arbitraria formato internamente da quattro triangoli compatibili. Il plate-shell è molto usato per risolvere i gusci spaziali e le piastre inflesse. È un elemento molto evoluto in quanto presenta le seguenti particolarità:

1. Disassamento rispetto ai nodi.

2. Rigidezza torsionale effettiva (funzione dello spessore e del modulo G).
3. Comportamento membranale molto corretto anche con piccola discretizzazione.
4. Materiale isotropo e/o ortotropo.

e le pareti sono state schematizzate con elementi shell.



Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

#### – Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

#### – Combinazioni di carico adottate

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018.

#### – Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili carico idrostatico, dalle spinte dei terreni e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore  $q$  e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

(PER IL MANUFATTO STAZIONE DI SOLLEVAMENTO, ESSENDO MANUFATTO TOTALMENTE INTERRATO, NON SI SONO CONSIDERATE LE AZIONI SISMICHE)

Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| Produttore   | Soft.lab S.r.l. |
| Programma    | IperspaceBim8   |
| Versione     | Rel. 2025       |
| N.ro Licenza | :C00798         |

#### • Affidabilità dei codici utilizzati

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia

effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

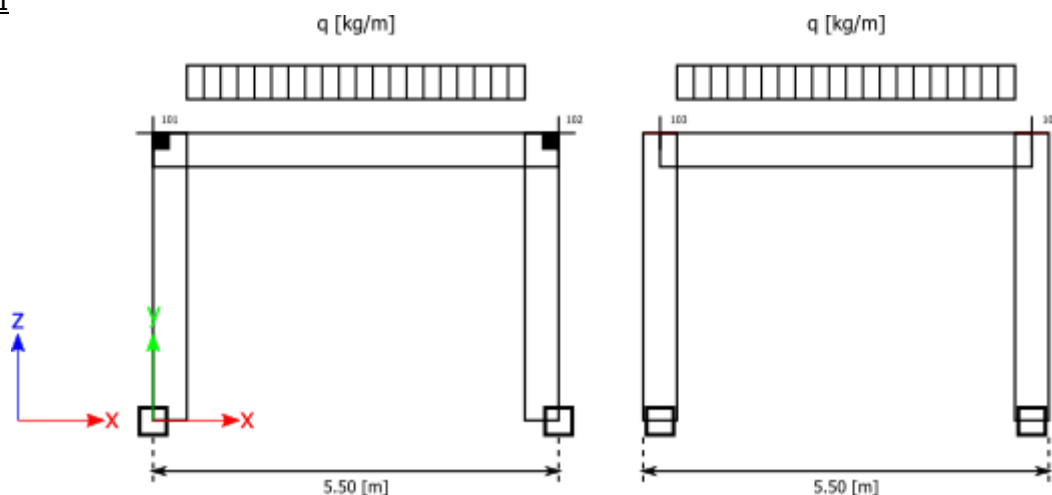
La Soft.Lab. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce i test sui casi prova:

## Casi prova

**L'affidabilità dei codici utilizzati è stata testata attraverso la risoluzione di alcuni casi prova, che il Produttore fornisce all'Utente, e vengono di seguito documentati.**

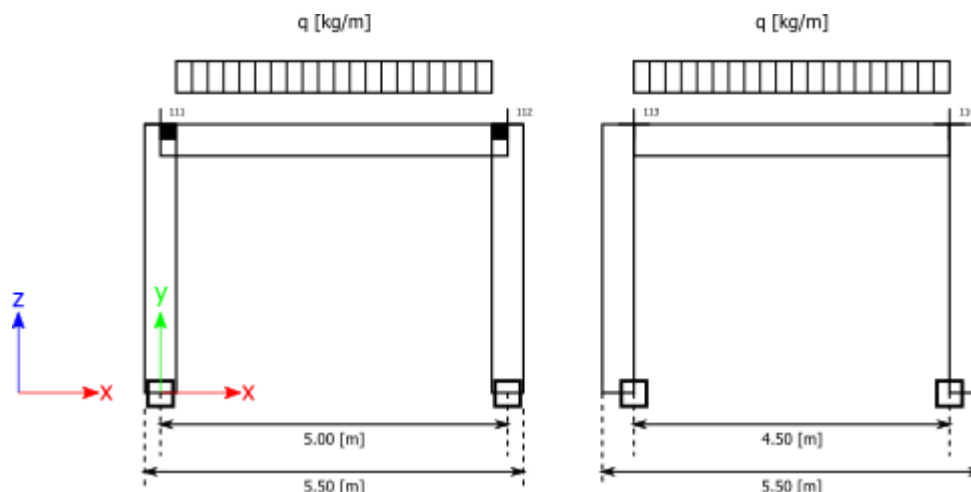
**CASO PROVA 1:** Influenza della posizione dei nodi rispetto agli assi delle aste

### Esempio I



I due portali sono due strutture identiche: il primo, però, ha la luce teorica (da nodo a nodo) del traverso di lunghezza maggiore rispetto al secondo ( $5.50 > 5.00$ ); pertanto i risultati di calcolo sono diversi; se si introducono nel traverso del primo telaio dei conci rigidi pari a 25 cm, cioè mezzo pilastro, allora la luce flessibile dei due telai coincide praticamente e i risultati sono perfettamente coincidenti.

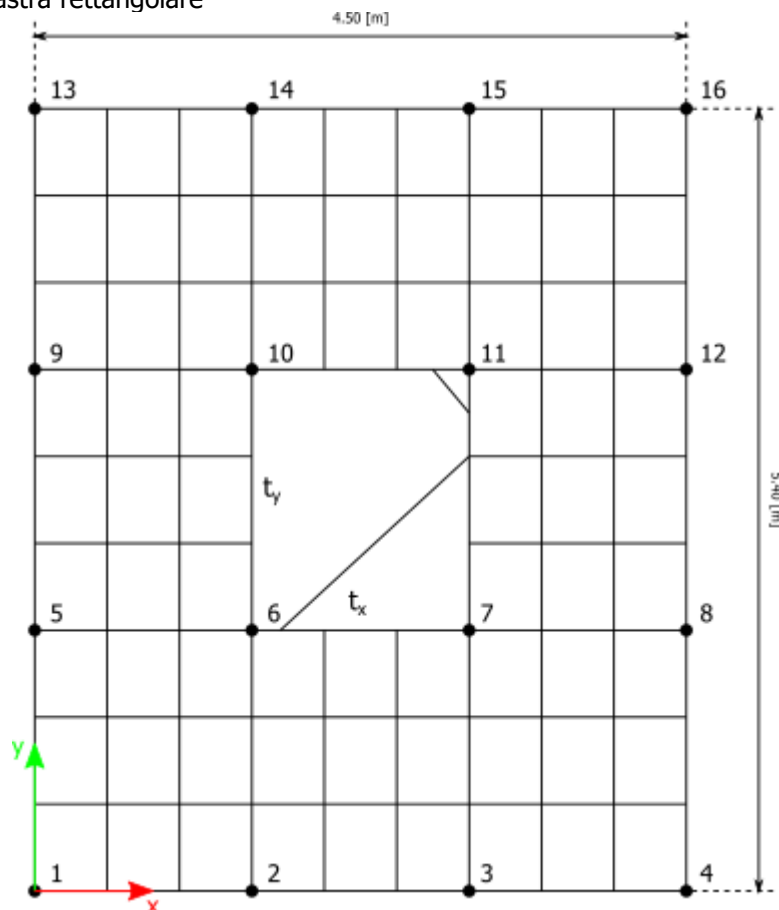
### Esempio II



Anche in questo esempio i portali sono due strutture identiche, però il traverso del primo è più lungo rispetto al secondo. I risultati saranno gli stessi se vengono introdotti sul traverso del primo portale dei conci rigidi pari a metà pilastro.

In entrambi gli esempi (anziché introdurre i conci rigidi) si potevano avere gli stessi risultati modificando il filo fisso del traverso del primo portale rispettivamente 8585 per l'esempio I e 8684 per l'esempio II. Concludendo qualunque sia la posizione dei nodi rispetto agli assi delle travi e dei pilastri, le sollecitazioni sugli assi delle aste) sono sempre le stesse, se la geometria 3D è la stessa e se si scelgono oculatamente i fili fissi o si introducono i conci rigidi.

Al riguardo si ribadisce che lo schema di calcolo è quello 3D e NON lo schema unifilare. Infine si fa notare che l'equilibrio nel nodo (ad esempio N° 101) non sussiste in quanto le sollecitazioni nel traverso vengono prese sull'asse dello stesso, mentre le sollecitazioni del pilastro vengono prese nel nodo e quindi in punti diversi. Per l'equilibrio quindi non bisogna prendere in considerazione solo i momenti, ma anche gli effetti delle altre sollecitazioni sul nodo rigido.

**CASO PROVA 2:** Piastra rettangolare

- Siano  $L_x$  ed  $L_y$  i lati della piastra ( $L_y > L_x$ ) e  $t_x$   $t_y$  i corrispondenti lati del rettangolo carico.
- Siano, inoltre:
  - $p$  il carico uniforme;
  - $P = p \cdot t_x \cdot t_y$ , il carico totale;
  - $M_{xm} = a_{xm} \cdot P$ , il momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_x$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_y$ )
  - $M_{ym} = a_{ym} \cdot P$ , il momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_y$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_x$ ).

Nel caso in esame essendo:

$L_x = 4.5$  m;  $L_y = 5.4$  m;  $t_x = 1.5$  m;  $t_y = 1.8$  m;  $p = 5000$  dN/m<sup>2</sup>;

si ha:  $P = 13500$  dN.

Per  $n = 0$  sarà:  $a_{xm} = 0.1377$  e  $a_{ym} = 0.1050$ .

Pertanto risulta:

$M_{xm} = 1860$  dNm e  $M_{ym} = 1418$  dNm.

Se la piastra è discretizzata come in figura (9 x 9) con IperSpace ottengono i seguenti valori:

$M_{xx} = 1731$  dNm e  $M_{yy} = 1314$  dNm, con un errore < 8 %.

Se la discretizzazione è di 15 x 15 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1810$  dNm e  $M_{yy} = 1382$  dNm, con un errore < 3 %.

Se la discretizzazione è di 21 x 21 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1832$  dNm e  $M_{yy} = 1400$  dNm, con un errore < 1.5 %.

Si può concludere che il test eseguito in IperSpace sia nettamente positivo. Inoltre la qualità della soluzione del modello shear-type fornisce risultati tanto più grossolani quanto più ci si allontana dall'ipotesi di traversi infinitamente rigidi.

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro.

### **Informazioni sull'elaborazione**

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

– Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

### **Giudizio motivato di accettabilità**

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre, la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati.

Si sono eseguite le verifiche con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software. Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

Il Progettista

# ANALISI DEI CARICHI

**Comune:** CARDINALE

**Titolo del progetto:** ?Interventi di sistemazione delle pendici sovrastanti il centro storico? nel Comune di Cardinale (CZ)

**Committente:** COMMISSARIO DI GOVERNO CONTRASTO DISSESTOSESTO IDROGEOLOGICO

**Opera:** MITIGAZIONE DEL RISCHIO  
IDROGEOLOGICO

**Data:**  
GENNAIO 2026

**Progettista:**  
ING. DOMENICO AMCRI'

Trattasi di canale scatolare in c.a., che si sviluppa per circa 300 ml. in pratica una serie di manufatti uguali per sezione scatolare ma che attraversa, al contorno, situazioni orografiche differenti e pertanto si sviluppa con diverse soluzioni, in primis come scatolare chiuso e aperto. I carichi applicati, oltre alle spinte del terreno ed i carichi idrostatici, sono conseguenti al suo posizionamento in funzione della quota del solettone superiore.

- Scatolare chiuso incassato e coperto di terreno: carichi in funzione della copertura di terreno e dei sovraccarichi previsti (carichi variabili da veicoli);
- Scatolare chiuso incassato, in corrispondenza di sede stradale: sovraccarico permanente sovrastruttura, oltre carichi stradali;

## CARICHI APPLICATI

| Tipo    | Ht  | $\gamma$ | $\emptyset$ | c      | $\delta$ | $\beta$ | k0 | $\beta m$ | Ag |
|---------|-----|----------|-------------|--------|----------|---------|----|-----------|----|
|         | cm  | kg/mc    | °           | kg/cmq | °        | °       |    |           |    |
| Terreno | 290 | 1800     | 28          | 0.00   | 19       | 0       | -- | --        | -- |

| She II | Cond.                       | Tipo                                      | Q     | Hw  | $\gamma$ |
|--------|-----------------------------|-------------------------------------------|-------|-----|----------|
|        |                             |                                           | kg/mq | cm  | kg/mc    |
|        | Carico idrostatico          | Uniforme_GLOBZ                            | 1500  |     |          |
|        | Carico idrostatico          | Idrostatico                               |       | 150 | 1000     |
|        | Q permanente no strutturale | Uniforme GLOBZ (copertura terreno)        | 3000  |     |          |
|        | Q permanente no strutturale | Uniforme GLOBZ (pavimentazione carrabile) | 500   |     |          |
|        | Q permanente no strutturale | Uniforme GLOBZ (pavimentazione)           | 250   |     |          |

## CARICHI DISTRIBUITI E CONCENTRATI TIPO VEICOLARE

|                    |                            |          |
|--------------------|----------------------------|----------|
| Schema di Carico 1 | Uniforme_GLOBZ (veicolare) | 900/1000 |
|--------------------|----------------------------|----------|

| Cond.                             | Fx | Fy | Fz   |
|-----------------------------------|----|----|------|
|                                   |    |    | kg   |
| Schema di Carico 1<br>CONCENTRATO | 0  | 0  | 3750 |
|                                   | 0  | 0  | 3750 |
|                                   | 0  | 0  | 3750 |
|                                   | 0  | 0  | 3750 |

|                    |                             |    |          |
|--------------------|-----------------------------|----|----------|
| Schema di Carico 1 | Uniforme_GLOB Z (veicolare) | kg | 900/1000 |
|--------------------|-----------------------------|----|----------|

|                    |                                                  |            |        |
|--------------------|--------------------------------------------------|------------|--------|
| Schema di Carico 1 | concentrato Z (veicolare)<br>applicato su 4 nodi | Nodo 1° kg | 3.750  |
|                    |                                                  | Nodo 2° kg | 3.750  |
|                    |                                                  | Nodo 3° kg | 3.750  |
|                    |                                                  | Nodo 4° kg | 3.750  |
|                    | Complessivo ad impronta asse                     | kg         | 15.000 |

Il Progettista

ING. DOMENICO AMCRI'