

CITTÀ DI CASALE MONFERRATO

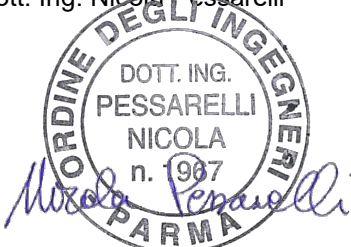

SETTORE TUTELA AMBIENTE

Via Mameli 10
15033 Casale Monferrato (AL)

Realizzazione di capannone a protezione piattaforma di stoccaggio in discarica amianto

CIG: Z6A1CBDEFB

PROGETTAZIONE ESECUTIVA STRUTTURALE

00	11/2017	Prima emissione	GT	NP	NP
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE					
IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Nicola Pessarelli 			HANNO COLLABORATO: Dott. Ing. Graziano Trombi Dott. Ing. Achille Iasoni (geotecnica)		
			SCALA:		
			DISEGNO: CAP 3.01		
 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI Via Inama, 7 - 20133 Milano - tel. +39.02.70120918 fax +39.02.70120923 Via Cavallotti, 16 - 43121 Parma - tel. +39.0521.508419 fax +39.0521.221022			OTTOBRE 2017		

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

1.	ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE.	5
2.	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	6
2.1.	PREMESSA.	6
	• CARATTERISTICHE DELLA COSTRUZIONE	6
	• CARATTERISTICHE DELLE INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE	10
	• CARATTERISTICHE E RILIEVO TOPOGRAFICO DEL SITO	10
2.2.	ES ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.	10
2.3.	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA.	10
	• DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	10
	• CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	10
	• CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI "SECONDARI".	12
	• CRITERI GENERALI DELLA COSTRUZIONE	12
	• CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA	12
2.4.	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.	13
2.4.1.	Norme di riferimento adottato.....	13
2.4.2.	Altre norme e documenti tecnici integrativi	13
2.5.	ES LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....	13
2.6.	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	14
	• CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI	14
	• CARICHI VARIABILI	14
2.7.	MODELLO NUMERICO.	16
2.7.1.	Metodologia di modellazione ed analisi.	16
2.7.2.	Informazioni sul codice di calcolo.	18
	• CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI	18
	• ATTESTATO DELL'AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO E DELLE PROCEDURE IMPLEMENTATE NEI PRODOTTI SOFTWARE "AMV"	20
	• LICENZA D'USO	21
	• SOLUTORE LIFE 1.2. ELEMENTI DI TEORIA.....	22
2.7.3.	Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche.	23
	• INFORMAZIONI E CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	23
	• SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE	25
	• LISTA MATERIALI UTILIZZATI	25
	• GRUPPI DELLA STRUTTURA.....	25
	• PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E SUE PROPRIETÀ.....	26
❖	Simbologie adottate da Mastersap per il modello strutturale e sue proprietà	28
2.7.4.	Modellazione dei vincoli interni ed esterni	31
	• VINCOLO.....	31
	• VINCOLI ADOTTATI NEL MODELLO STRUTTURALE.....	32
2.7.5.	Modellazione delle azioni	33
	• CARICHI PER ELEMENTI TRAVE.....	33

• MASSE NODALI (PANNELLI – STRUTTURA IN C.A. PREFABBRICATO)	36
2.7.6. Combinazioni e/o percorsi di carico.	37
2.8. PRINCIPALI RISULTATI	38
2.8.1. Risultati dell'analisi modale	38
• ANALISI DEL SECONDO ORDINE	38
• MASSE ECCITATE.....	39
• PRINCIPALI MODI DI VIBRARE	42
2.8.2. Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico.....	43
2.8.3. Involuppo delle sollecitazioni maggiormente significative.....	46
• PILASTRI IN C.A.	46
• TRAVI IN C.A.....	48
2.8.4. Reazioni vincolari.....	48
❖ Simbologie adottate da Mastersap per la presentazione dei risultati.....	51
2.9. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	54
2.10. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	55
• PILASTRI.....	55
• TRAVE CAV.....	57
• TEGOLO TT32	60
• PLINTI PREFABBRICATI.....	63
• SOTTOPLINTI IN OPERA.....	64
• SISTEMA "ARMA-TUBO" PILASTRO P9	66
❖ Simbologie adottate da MasterSap per le Verifiche seguenti	68
3. RELAZIONE SUI MATERIALI	72
3.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA.....	72
3.2. VALORI DI CALCOLO.....	72
3.3. ES RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	72
4. ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI ..	72
4.1. ELABORATI GRAFICI GENERALI	72
4.2. PARTICOLARI COSTRUTTIVI	72
5. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	72
6. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE	72
6.1. RELAZIONE GEOLOGICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	72
6.2. RELAZIONE GEOTECNICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO.....	72

6.3. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE ALLA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" 73

1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE.

1.1. SINTESI DEL PERCORSO PROGETTUALE.

Progetto: Realizzazione di capannone a protezione piattaforma di stoccaggio in discarica amianto – CIG Z6A1CBDEFB

Committenti: Città di Casale Monferrato – Settore tutela ambiente

Progettazione strutture in opera: Ing. Nicola Pessarelli – collab. Ing. Graziano Trombi

Progettazione strutture prefabbricate: Ing. Nicola Pessarelli – collab. Ing. Graziano Trombi

1.2. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO.

- | | |
|--|---|
| – Vita nominale (V_N): 50 | – Amplificazione topografica (S_T): 1 |
| – Classe d'uso della costruzione: II | – Zona sismica del sito: IV |
| – Periodo di riferimento (V_R): 50 | – Latitudine: 45.123719° |
| – Categoria del sottosuolo: C | – Longitudine: 8.476226° |
| – Categoria topografica (T_i): T1 | – 110 m.s.l.m. |

2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

2.1. PREMESSA.

- **Caratteristiche della costruzione**

L'edificio in oggetto si trova in Via Ezio Tarantelli, Comune di Casale Monferrato (AL).

L'edificio è destinato a capannone a protezione piattaforma di stoccaggio in discarica amianto.

Le coordinate geografiche sono:

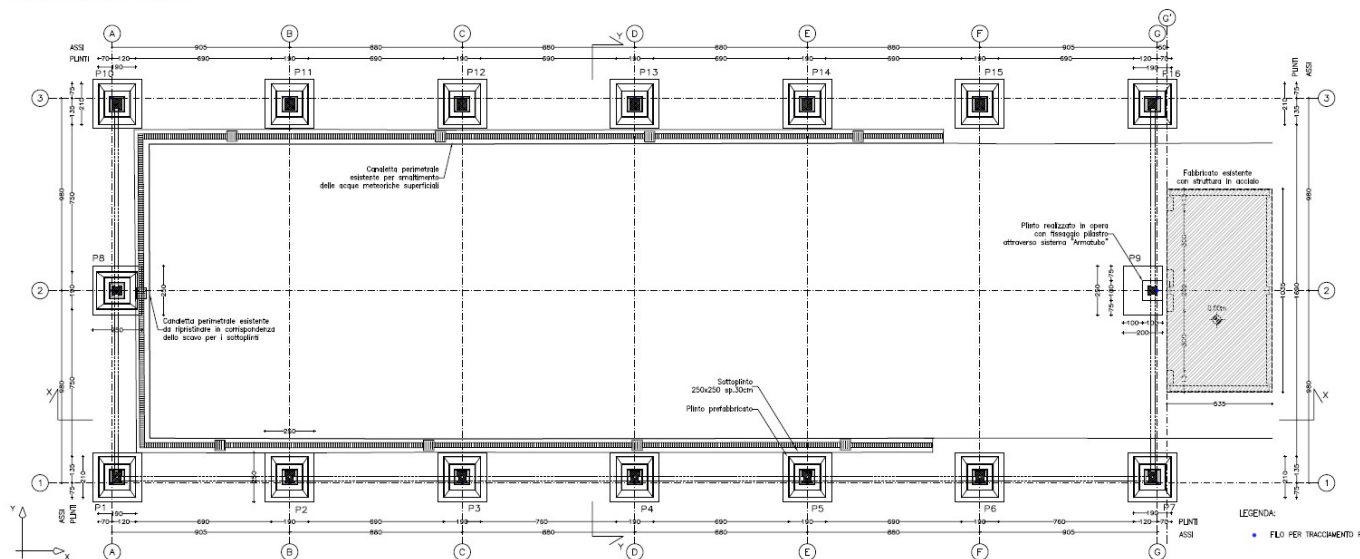
- Latitudine: 45,123719°
- Longitudine: 8,476226°



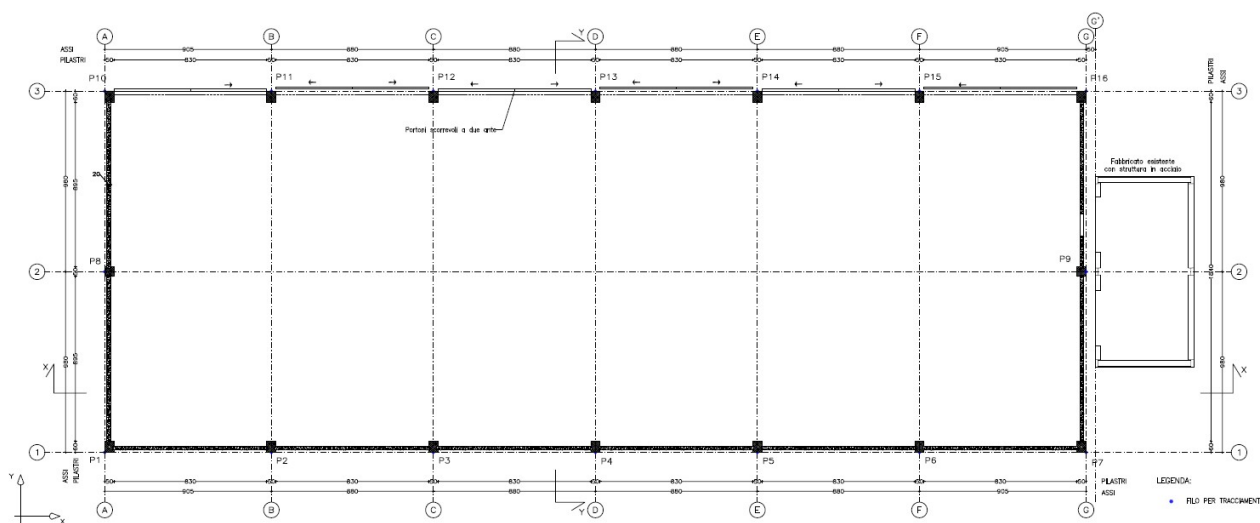


Schema grafico architettonico-structurale delle dimensioni principali dell'edificio:

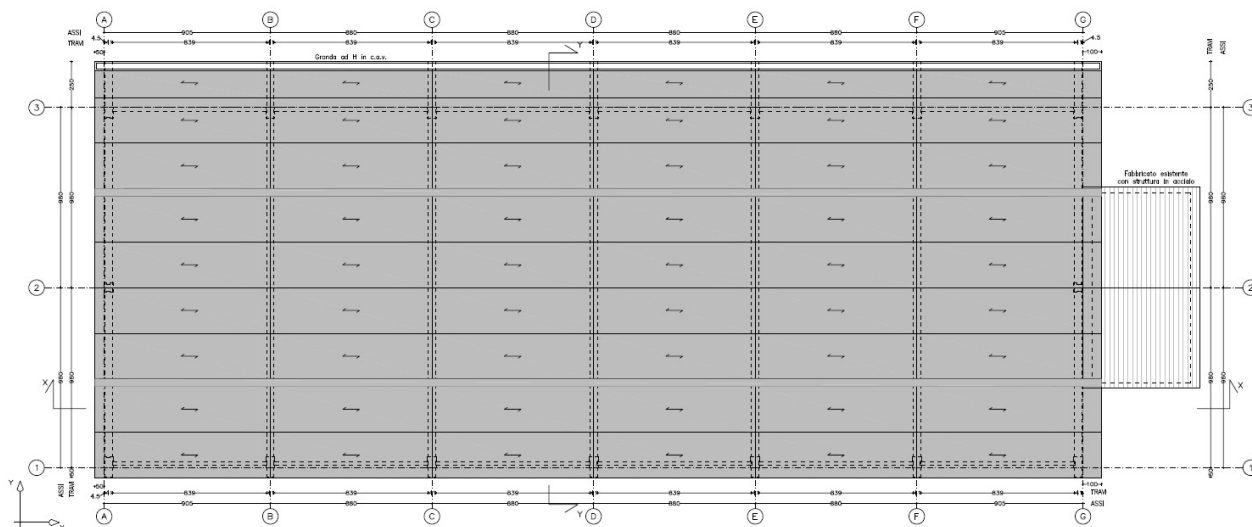
PIANTA FONDAZIONI/PILASTRI - scala 1:100



planimetria fondazioni

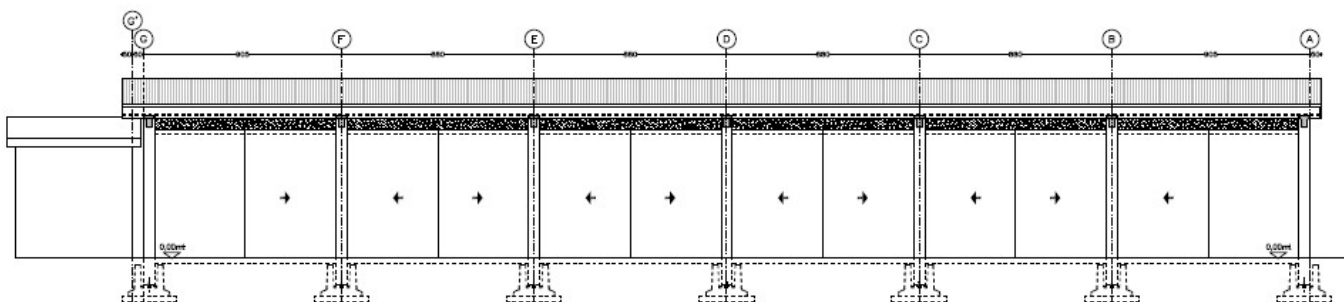


pianta fabbricato

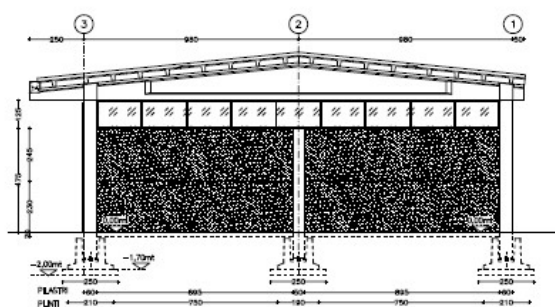




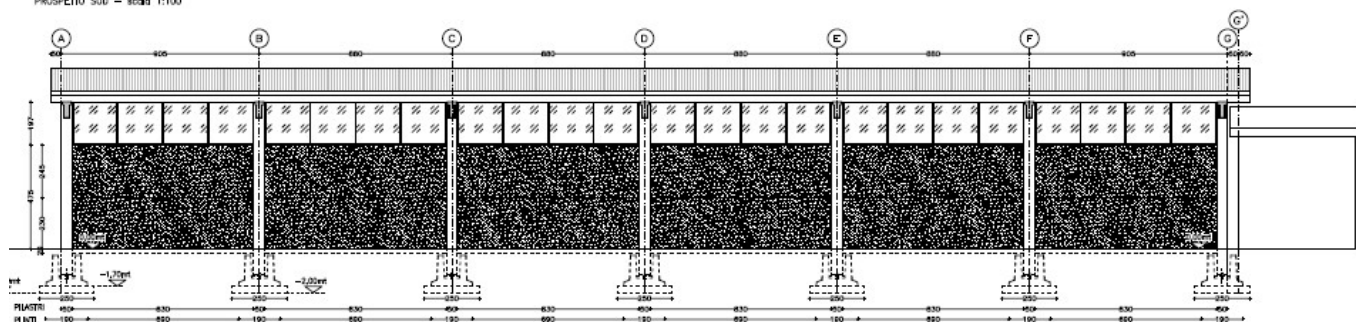
PROSPETTO NORD - scala 1:100



PROSPETTO OVEST - scala 1:100



PROSPETTO SUD - scala 1:100



prospetti

- **Caratteristiche delle interferenze con il territorio circostante**

L'area in studio è ubicata nel Comune di Casale Monferrato (AL). Si trova presso l'area industriale a Sud del centro abitato di Casale Monferrato, la zona oggetto di edificazione interessa l'entrata della discarica esistente ed essa è delimitata a Nord dal Canale Mellana, a Sud dalla ferrovia Casale Valenza.

- **Caratteristiche e rilievo topografico del sito**

Si rimanda alla relazione geologica a firma del Dr. Geol. Andrea Cavalli, integrativa della presente; viste le caratteristiche indicate, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è classificato in **categoria C**.

L'area in esame si presenta con pendenza media $i < 15^\circ$, si fa ricorso al coefficiente di amplificazione topografico S_T di cui alla tab. 3.2.VI della DM 14/01/2008, ascrivendo il sito in esame alla categoria T_1 con valore **$S_T = 1.0$** .

2.2. **ES** ANALISI STORICO-CRITICA ED ESITO DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.

2.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA.

- **Descrizione generale dell'opera**

Il corpo di fabbrica in progetto risulta composto da una nuova struttura prefabbricata in c.a. e sarà realizzata nel seguente modo:

- Fondazione realizzata con plinti prefabbricati ed un plinto in opera con sistema "Armatubo" adiacente al fabbricato esistente;
- Struttura in elevazione con pilastri prefabbricati;
- Copertura con travi prefabbricate tipo Capav e solaio in tegoli TT H32cm in c.a.p.
- Pannelli perimetrali in c.a. prefabbricati alleggeriti.

- **Criteri generali di progettazione**

Con riferimento al paragrafo 7.2.1. (DM 14/01/2008), la costruzione è dotata di sistemi strutturali che garantiscano rigidezza e resistenza nei confronti delle due componenti ortogonali orizzontali delle azioni sismiche. La costruzione soggetta all'azione sismica è stata progettata in accordo con i seguenti comportamenti strutturali:

- a) comportamento strutturale non-dissipativo \rightarrow SLE \Rightarrow Gli effetti sono calcolati senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche)
- b) comportamento strutturale dissipativo \rightarrow SLU \Rightarrow Gli effetti sono calcolati, in funzione della tipologia strutturale adottata, tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti e comunque sempre quando precisato).

Gli elementi strutturali delle fondazioni:

- a) sono dimensionati sulla base delle sollecitazioni ad essi trasmesse dalla struttura sovrastante.
- b) devono avere comportamento non dissipativo, indipendentemente dal comportamento strutturale attribuito alla struttura su di esse gravante.

Quando la struttura ha comportamento dissipativo, si distinguono due livelli di Capacità Dissipativi o Classe di Duttilità (CD):

Classe di duttilità alta (CD "A")

Classe di duttilità bassa (CD "B")

La differenza è nella entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione.

Per assicurare tale comportamento (dissipativo e duttile) evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili impreveduti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze che consente di progettare strutture duttili capaci di abbattere l'azione sismica (fattore di struttura q).

Per la gerarchia delle resistenze le dissipazioni di energia per isteresi si localizzano:

- a) in zone "dissipative" o "critiche", dimensionando gli elementi non dissipativi secondo il criterio di gerarchia delle resistenze
- b) i dettagli costruttivi delle zone critiche devono ricevere una particolare attenzione ed essere esaurientemente specificati negli elaborati di progetto.
- c) ciò si realizza se i meccanismi fragili possiedono, nei confronti delle zone dissipative, una sovrarresistenza sufficiente a consentire lo sviluppo in esse della plasticizzazione ciclica.
- d) la sovrarresistenza è valutata moltiplicando la resistenza nominale di calcolo delle zone dissipative per un opportuno coefficiente γ_{Rd} :

- 1,3 per CD "A"

- 1,1 per CD "B".

La struttura prefabbricata è di Classe di duttilità CD "B" e con Coefficiente di sovrarresistenza $\gamma_{Rd} = 1.1$.

- **Criteri di progettazione di elementi strutturali "secondari".**

Secondo i parametri del Paragrafo 7.2.6. e 7.2.3. (DM 14/01/2008); Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita una eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva del calcolo. Per i soli edifici ed in assenza di più accurate determinazioni, l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0,05.

Qualora la distribuzione di tali elementi (referito al tamponamento), sia fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità debbono essere valutati e tenuti in conto.

In questo caso si ritiene incrementare di un fattore 2 la eccentricità accidentale di cui al paragrafo § 7.2.6. (DM 14/01/2008).

- **Criteri generali della costruzione**

Secondo i parametri del Paragrafo 7.2.2. (DM 14/01/2008), la struttura è regolare in pianta ed è regolare in altezza. Viene rispettata la distanza tra le costruzioni contigue, l'altezza massima dei nuovi edifici e la limitazione dell'altezza in funzione della larghezza stradale.

- **Criteri generali di analisi e verifica**

- Metodo di calcolo agli stati limite

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

- Verifiche struttura in fondazione

La struttura prefabbricata in esame è stata calcolata come "struttura a telaio" con collegamenti a cerniera tra travi e pilastri (C7.4.5.1); si applicheranno in questo caso collegamenti tipo *a* di cui al 7.4.5.2.1 delle NTC mentre il vincolo di base dei pilastri deve realizzare un incastro totale con la fondazione dimensionato con le regole relative ai collegamenti tipo *b* di cui al 7.4.5.2.1 delle NTC.

Il plinto verrà pertanto calcolato, nel caso sismico, determinando il taglio con le regole della gerarchia delle resistenze amplificando per il fattore $\gamma_{Rd}=1.2$ per strutture CD "B"; per il caso statico si verificherà la combinazione peggiore tra quelle statiche. Le fondazioni verranno verificate

sia nel caso statico che nel caso sismico confrontando le pressioni massime sul terreno con la q_{lim} (vedere relazione geotecnica).

Non verranno realizzate le travi di collegamento in fondazione in quanto il sito si trova in zona 4.

– Verifica struttura in elevazione

Verranno eseguite invece le verifiche di resistenza e di deformabilità sia dei pilastri in c.a. sia nel caso statico che sismico secondo la gerarchia delle resistenze (in questo il nodo critico è quello dell'incastro pilastro/plinto); per il calcolo delle travi, comunque considerate nella modellazione come elementi incernierati pertanto non formanti un nodo duttile, e dei tegoli si faranno verifiche locali. Le verifiche di deformabilità sono eseguite allo SLD.

– Fattore di struttura

- ✓ La tipologia strutturale (si considera la struttura sismo resistente in c.a.) è quella di "struttura a telaio" ad un piano, pertanto con un fattore di struttura dato da $q=q_0 \cdot K_R$:
 - Essendo regolare in altezza si utilizzerà un fattore riduttivo $K_R=1,0$
 - Essendo regolare in pianta si utilizzerà $\alpha_u/\alpha_1=1.1$ ottenendo $q_0 = 3,0 \cdot \alpha_u/\alpha_1 = 3,0 \cdot 1,1 = 3,3$

Perciò il fattore di struttura finale sarà $q=3,3 \cdot 1,0=3,3$

2.4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.

2.4.1. Norme di riferimento adottato

- OPCM 20 marzo 2003 n° 3274 "Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (...)".
- D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

2.4.2. Altre norme e documenti tecnici integrativi

2.5. ES LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.

2.6. AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.

Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

• CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI

1. Solaio copertura (Tegoli TT32/14): 2,30 KN/mq

5. Permanente non strutturale – c.a. prefabbricato: 0,30 KN/mq

• CARICHI VARIABILI

Analisi secondo D.M. 14.01.2008.

– 2. Neve

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia: Alessandria

Zona : Im

Altitudine : 110 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 6^\circ$, $\alpha_2 = 6^\circ$)

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Per il caso di carico da neve senza vento si deve considerare la condizione denominata *Caso I* nella figura a lato.

Per il caso di carico da neve con vento si deve considerare la peggiore tra le condizioni denominate *Caso II* e *Caso III*

Carico da neve:

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

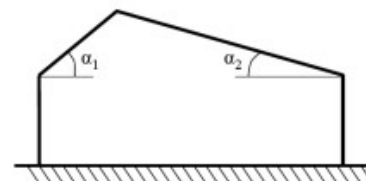
$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 1.2 \text{ kN/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

– 3. 4. 6. e 7. Vento

Normativa: D.M. 14/01/2008 (Norme tecniche per le costruzioni)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:



$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Provincia: Alessandria

Zona: 1

Altitudine: 110 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

Velocità di riferimento $v_b(T_r)$: 25 m/s

Pressione cinetica di riferimento q_b : 390.62 N/m²

Altezza della costruzione z : 6.3 m (z_{\min} : 5m)

Distanza dalla costa: Terra, oltre i 40 km dalla costa,
sotto i 500 m

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: III

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

$c_e(z_{\min} = 5\text{m})$: 1.71

$c_e(z = 6.3\text{m})$: 1.85



Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve

Costruzioni completamente stagne

Elementi sopravento ($\alpha \geq 60^\circ$): $c_p = 0.8$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.8$

$p(z_{\min} = 5\text{ m}) = 533.6\text{ N/m}^2$

$p(z = 6.3\text{ m}) = 577.09\text{ N/m}^2$

2.7. MODELLO NUMERICO.

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata adeguatamente valutata, interpretata e trasferita nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

2.7.1. Metodologia di modellazione ed analisi.

Per la risoluzione completa della struttura si è utilizzata la versione 2017 del programma agli elementi finiti Mastersap (prodotto dalla AMV srl di Ronchi dei Legionari – GO).

Si è realizzato un modello tridimensionale completo dell'edificio; il modello viene generalmente utilizzato per la verifica delle membrature monodimensionali in elevazione (pilastri in c.a.) e per la verifica sismica, utilizzando l'analisi dinamica modale, sia per le deformazioni che per le sollecitazioni.

In generale le geometrie utilizzate (interassi delle membrature e sezioni) coincidono con quelle reali dei corrispondenti elementi, i carichi applicati (come lineari uniformemente distribuiti lungo gli elementi monodimensionali) sono quelli dedotti dalla tabella di analisi dei carichi, mentre i pesi

propri vengono sempre messi in conto automaticamente dal programma; in particolare si sono considerati i solai TT ancorati alle travi (come indicato nelle tavole di progetto) e per i motivi indicati sopra come piani infinitamente rigidi (anche nel modello di calcolo).

La presenza della massa dei pannelli è stata considerata nel modello ai fini del calcolo delle azioni sismiche aggiungendo cautelativamente delle masse nodali alle estremità dei pilastri.

Per completezza si riportano in apposito allegato i tabulati di input (comprendenti geometrie, materiali, carichi e condizioni di carico), di output (spostamenti nodali, sollecitazioni, deformazioni relative ed armature minime) nonché lo schema del modello, della numerazione degli elementi e la visualizzazione sintetica delle sollecitazioni principali.

– **Elaboratore utilizzato**

COMPUTER

Intel ® Core i7-2600 CPU

3.40 GHz, 8.00 Gb di RAM

SISTEMA

Microsoft Windows 7

Versione 2009

Service Pack 1

Registrato a nome di: Studio Ar.Tec srl

Licenza n°: 00391-OEM-9045102-20000

L'azione statica e l'azione sismica sono state applicate alla struttura in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008).

L'azione statica è stata calcolata attraverso un'analisi statica lineare mentre l'azione sismica è calcolata mediante analisi lineare modale.

Le verifiche verranno eseguite con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

2.7.2. Informazioni sul codice di calcolo.

- **Codice di calcolo adottato, solutore e affidabilità dei risultati**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

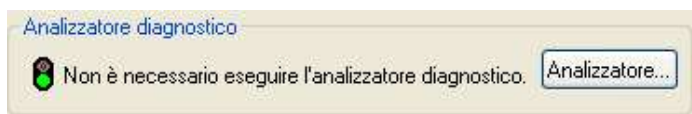
Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine. Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo. Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica. Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato. Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

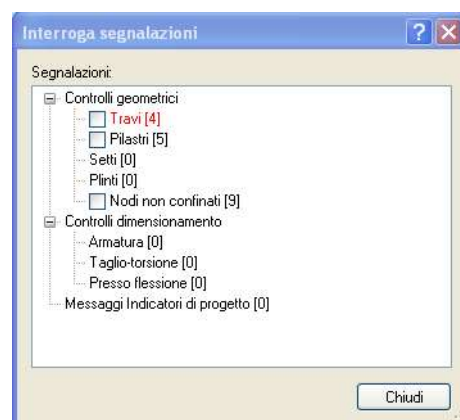
In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione.



Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione. Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.



Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema. Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

• **Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti Software "AMV"**

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV
In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

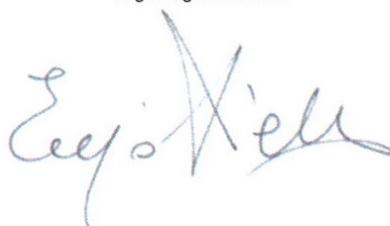
Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

AMV s.r.l.
Il legale rappresentante
Ing. Eugenio Aiello



• **Licenza d'uso**

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



LICENZA D'USO SOFTWARE

Ragione Sociale: **AR.TEC STUDIO INGEGNERIA ARCHITETTURA SRL**

Indirizzo: **VIALE DEI MILLE, 140**

CAP: **43100**

Città: **PARMA**

Prov.: **PR**

Telefono: **0521.292918**

Fax: **0521.290195**

Email: **studio@studioartecsrl.it**

Partita IVA: **02518060344**

Codice Fiscale:

DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

DESCRIZIONE PROGRAMMI

TITOLO PROGRAMMA	AUTORE / DISTRIBUT.	VERS.	N° LICENZA D'USO	DECORRENZA LICENZA D'USO	SCADENZA ASSIST./ MANUT.
MASTERSAP TOP	AMV	29,00	27416	30/06/1992	29/06/2018
ANALISI NON LINEARE TOP	AMV	29,00	27416	07/10/2015	29/06/2018
BIM TOP	AMV	29,00	27416	25/05/2017	29/06/2018
SOLUTORE PUSHOVER TOP	AMV	29,00	27416	16/07/2012	29/06/2018
MASTERARM TOP	AMV	29,00	27416/8	30/06/1992	29/06/2018
MASTERESIST TOP	AMV	29,00	27416	08/06/2011	29/06/2018
MASTERMURI TOP	AMV	29,00	27416	29/09/2005	29/06/2018
MASTERLEGNO TOP	AMV	29,00	27416/8	27/06/2013	29/06/2018
MASTERSTEEL TOP	AMV	29,00	27416/8	27/06/2013	29/06/2018
MASTERNODO TOP	AMV	29,00	27416	20/11/2013	29/06/2018
CAD C.A. TRAVI/PILASTRI E VIEW	AMV	29,00	27417	30/06/1992	29/06/2018
IMPAGINATORE DXF TOP	AMV	29,00	27417	11/03/2013	29/06/2018
VERIFICHE RINFORZI	AMV	29,00	36719	16/07/2012	29/06/2018
VERIFICHE C.A. T.A./SL./S.L.U	AMV	29,00	35061	13/10/2008	29/06/2018
RESISTENZA AL FUOCO VERS. TOP	AMV	29,00	30894	14/07/1999	29/06/2018



• Solutore LIFE 1.2. Elementi di teoria.

Il programma usa il Solutore Life 1.2, impostato secondo i canoni dei codici di calcolo originari della famiglia Sap. Il solutore è stato sottoposto ad una serie intensiva di test di validazione prendendo in esame, come di prassi, casi significativi tratti dalla letteratura scientifica, soluzioni esatte proposte dalla teoria classica, nonché realizzando confronti con solutori di provata affidabilità. Tutti i test significativi sono raccolti in un documento specifico di validazione del solutore (sotto si mostra il indice). Oltre che per l'affidabilità e attendibilità dei risultati, **LIFE** si qualifica per le straordinarie prestazioni in termini di velocità, di assoluta preminenza in campo internazionale.

Il solutore Life 1.2
Elementi di teoria



AMV s.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari (GO)
E-mail: info@amv.it

12 gennaio 2006

Indice

0.1 Premessa	5
1 Caratteristiche generali	7
1.1 Nodi, gradi di libertà e sistemi di riferimento nodali	7
1.2 Masse nodali	10
1.3 Gradi di libertà e vincoli	10
1.3.1 Interventi sui gradi di libertà	11
1.3.2 Relazioni cinematiche complesse tra gradi di libertà	11
1.3.3 Piano rigido	13
1.4 Carichi	19
1.4.1 Condizioni di carico	19
1.4.2 Carichi nodali	19
1.4.3 Carichi elementari	19
1.4.4 Combinazioni di carico	20
2 La libreria di elementi finiti	23
2.1 Generalità	23
2.2 Elemento <i>truss</i> (asta reticolare)	24
2.2.1 Caratteristiche generali	24
2.2.2 Matrice di rigidezza	25
2.2.3 Matrice di massa	25
2.2.4 Carichi	25
2.2.5 Sforzi	27
2.3 Elemento <i>frame</i> (travi e pilastri)	28
2.3.1 Caratteristiche generali	28
2.3.2 Il riferimento locale	28
2.3.3 Matrice di rigidezza e vettore dei carichi	29
2.3.4 Offsets	31
2.3.5 Connessioni elastiche	34
2.3.6 Sconnessioni	35
2.3.7 Effetto delle connessioni elastiche e delle sconnessioni sulla matrice di massa	36
2.3.8 Prescrizione contemporanea di offsets e sconnessioni o connessioni elastiche	36
2.4 Elemento <i>shell</i> (guscio - piastra)	37
2.4.1 Caratteristiche generali	37
2.4.2 Materiali e caratteristiche geometriche	38
2.4.3 Carichi	40
2.4.4 Sforzi	41

3

2.5 Elemento <i>plane4</i> (stato piano di tensione)	42
2.5.1 Caratteristiche generali	42
2.5.2 Stati piani di tensione	42
2.5.3 Stati piani di deformazione	44
2.5.4 Problemi assialsimmetrici	44
2.5.5 Carichi	45
2.5.6 Sforzi	45
2.6 Elemento <i>boundary</i> (vincolo)	46
3. Analisi	49
3.1 Analisi strutturale ad elementi finiti	49
3.2 Analisi statica lineare	50
3.2.1 Il solutore lineare	51
3.3 Analisi Modale associata allo spettro di risposta	52
3.3.1 Analisi dinamica	52
3.3.2 Richiami di teoria	53
3.3.1 Analisi modale associata allo spettro di risposta con LIFE 1.2	59
3.3.1 Analisi dinamica	51
3.4 Analisi statica e modale con i contributi geometrici del secondo ordine	52
4. Appendice	65
4.1 Notazioni e convenzioni	65
4.2 Formato dei files	66
4.3 Carichi applicati ad una trave con concetti rigidi	67
4.4 Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e degli spostamenti nelle travi inflesse	68
4.4.1 Flessione sul piano 1-2	70
4.4.2 Flessione sul piano 1-3	72
4.4.3 Azione normale e momento torcente	74
4.5 Calcolo delle NURBS per la rappresentazione della deformata	74
4.6 TMESH: generatore di mesh piane	77
4.6.1 Introduzione	77
4.6.2 Rappresentazione della superficie	77
4.6.3 Generazione della mesh	79
4.6.4 Rappresentazione della geometria in TMESH	80
4.6.5 Aspetti teorici	82

2.7.3. Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche.

• Informazioni e caratteristiche di progetto

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro **Monferrato_Rev2**

Intestazione del lavoro

Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unità' di misura delle forze	daN
Unità' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2008

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Spettro di risposta	Stato limite ultimo slv
Probabilità' di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	475 anni
Località'	Casale Monferrato
ag/g	0.04
F0	2.667
Tc	0.286
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1

STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricità' accidentale	10%
Numero di frequenze	7
Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor = 3.3 [q0X = 3.3 q0Y = 3.3 kw = 1 Kr = 1]
Duttilità'	Bassa Duttilità'

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	II
Vita di riferimento	50 anni
Spettro di risposta	Stato limite di danno
Probabilità' di superamento periodo di riferimento	63
Tempo di ritorno del sisma	50 anni
Località'	Casale Monferrato
ag/g	0.02
F0	2.512
Tc	0.176
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1

STATO LIMITE DI DANNO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricità' accidentale	10%
Numero di frequenze	7

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8

λ	0.3
μ	0.3

- Sezioni utilizzate nel modello strutturale**

SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	60.000	50.000
8	50.000	50.000

SEZIONI A T

Codice	B	H	h	b
2	41.000	80.000	12.000	20.000
3	41.000	170.000	12.000	20.000
4	41.000	50.000	12.000	20.000
5	41.000	110.000	12.000	20.000
6	41.000	125.000	12.000	20.000
7	41.000	140.000	12.000	20.000

- Lista Materiali Utilizzati**

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo C32/40 (Rck 400)	+3.40e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

- Gruppi della struttura**

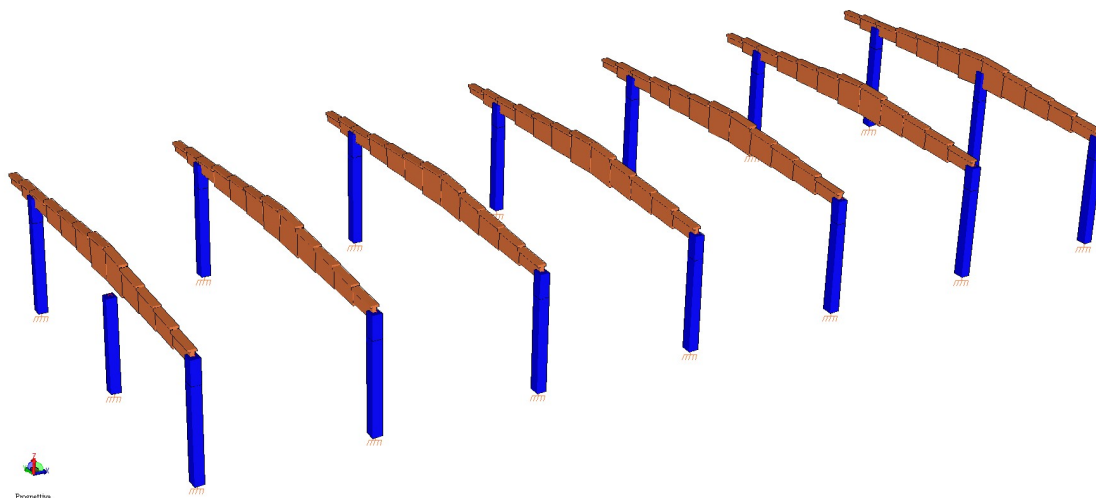
ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Pilastrì	
2	travi	

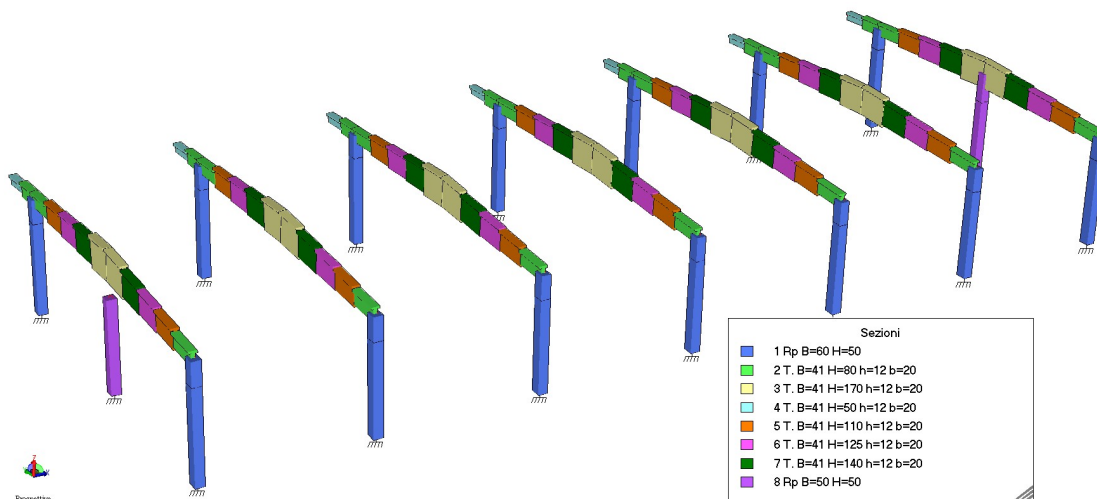
ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	inc	

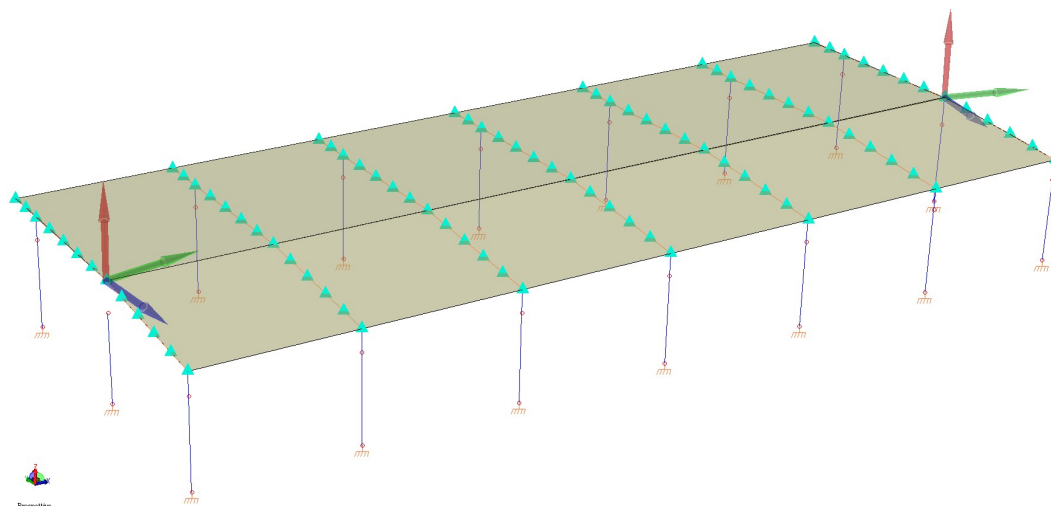
• **Presentazione del modello strutturale e sue proprietà**



Modello di calcolo – Vista 1



Sezioni



Piani rigidi inclinati

❖ **Simbologie adottate da Mastersap per il modello strutturale e sue proprietà**

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap per nodi, materiali, sezioni, carichi ed elementi finiti.

– I Nodi

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà). Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi.

I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo. Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse. Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master. La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano. Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

– I Materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

– Le Sezioni

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);

- L (L.);
- C (C.);
- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

– I Carichi

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_x, f_y, f_z, f_v) e locali (f_x, f_y, f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_x, F_y, F_z, F_v) o locali (F_x, F_y, F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x, M_y, M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x, t_y, t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

– Gli Elementi finiti

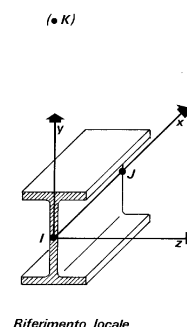
La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

▪ Elemento Truss (Asta Reticolare)

L'elemento truss (asta reticolare) rappresenta il modello meccanico della biella elastica. Possiede 2 nodi I e J e di conseguenza 12 gradi di libertà.

Gli elementi truss sono caratterizzati da 4 parametri fisici e geometrici ovvero:

- A Area della sezione.
- E. Modulo elastico.
- ρ . Densità di peso (peso per unità di volume).
- α . Coefficiente termico di dilatazione cubica.

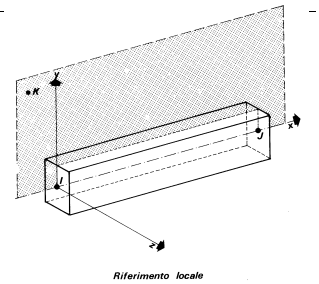


I dati di input e i risultati del calcolo relativi all'elemento stesso sono riferiti alla terna locale di riferimento indicata in figura.



▪ Elemento Frame (Trave e Pilastro, Trave di fondazione)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.



L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z, come mostrato in figura. L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui:

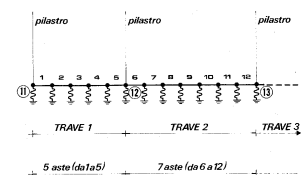
- deformabilità da taglio (travi tozze);
- sconnessioni totali o parziali alle estremità;
- connessioni elastiche alle estremità;
- offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
- suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

- carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
- sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
- forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
- carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, la situazione di carico nelle otto possibili condizioni A, B, C, D, E, F, G, H: se è presente un numero, esso individua il coefficiente moltiplicativo del carico corrispondente.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe; le condizioni di carico sono limitate a due (A e B); È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita



automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale tZ convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidezza viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata

dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito f_z , f_v , f_y . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$; $d_i = d_f = 0$, ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave.

▪ Elemento Boundary (Vincolo)

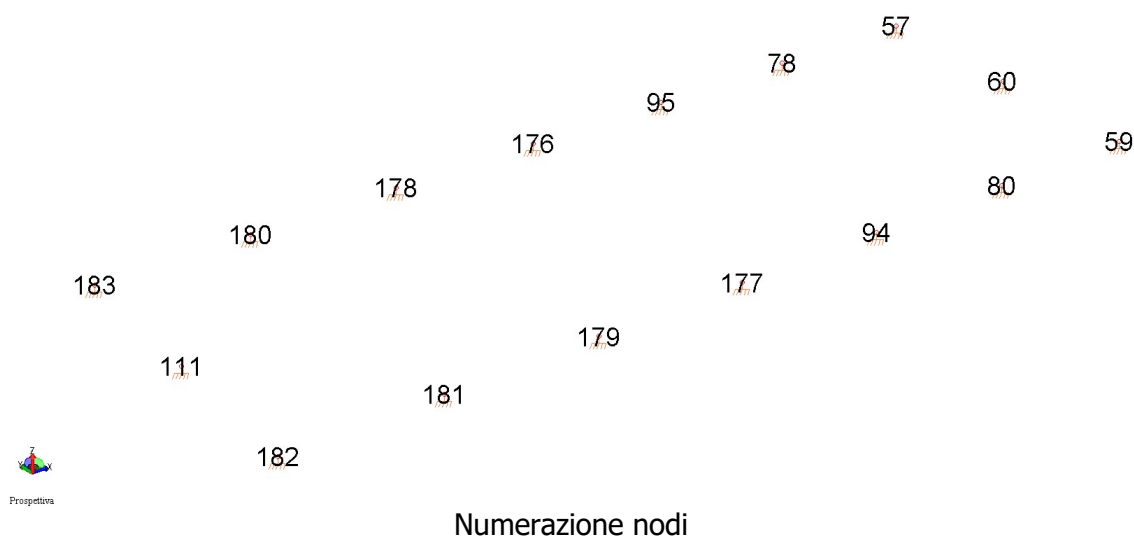
L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidità assiale in una direzione specificata e rigidità torsionale attorno alla stessa direzione. E' utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

- il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);
- la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);
- la rigidità (per le traslazioni in F/L, per le rotazioni in F*L/rad).

2.7.4. Modellazione dei vincoli interni ed esterni

• Vincolo



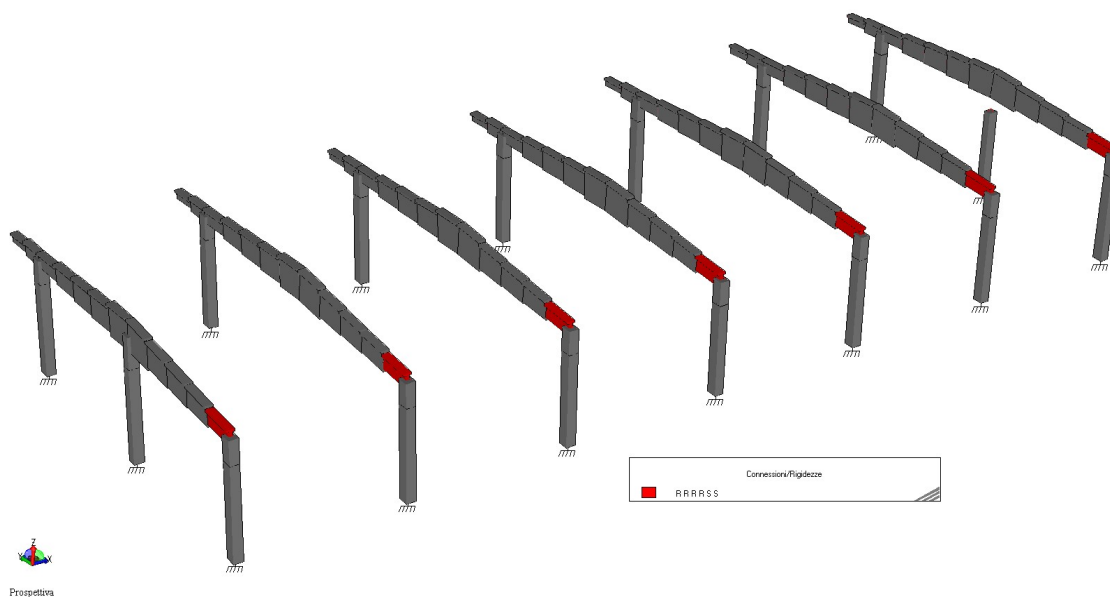
GRUPPO NUMERO: 1 - DESCRIZIONE: INC

VINCOLI STANDARD

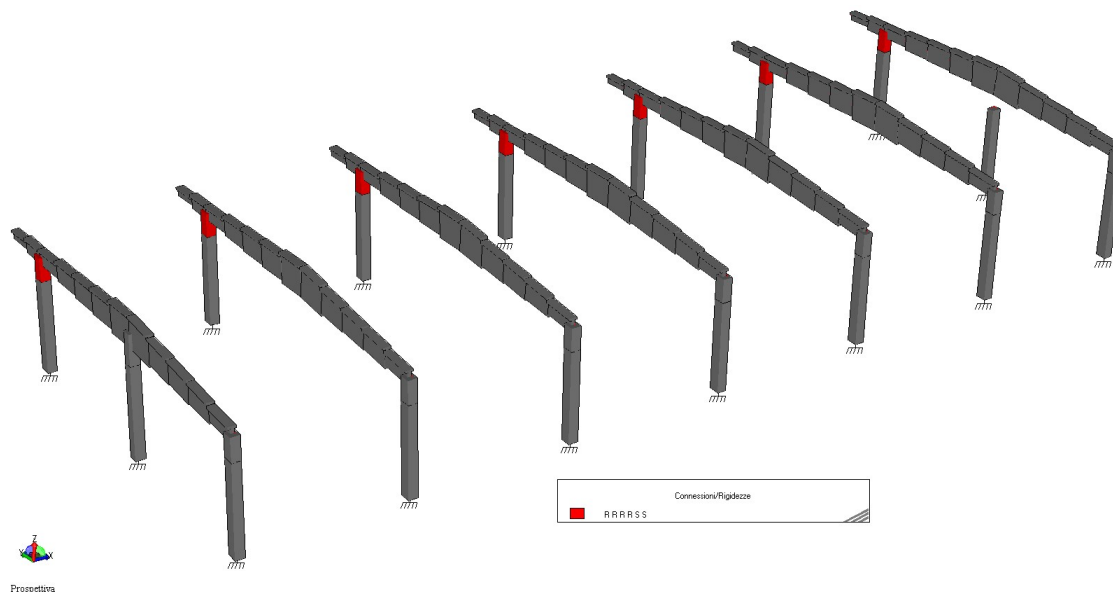
Nodo	Rigid. Trasl. X	Rigid. Rotaz. X	Rigid. Trasl. Y	Rigid. Rotaz. Y	Rigid. Trasl. Z	Rigid. Rotaz. Z
57	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009
59	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
60	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
78	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009
80	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
94	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009

Nodo	Rigid. Trasl. X	Rigid. Rotaz. X	Rigid. Trasl. Y	Rigid. Rotaz. Y	Rigid. Trasl. Z	Rigid. Rotaz. Z
95	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009
111	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009
176	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009
177	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
178	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009
179	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
180	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009
181	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009	+8.00e+009
182	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009	+6.00e+009
183	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009	+4.00e+009

- Vincoli adottati nel modello strutturale**



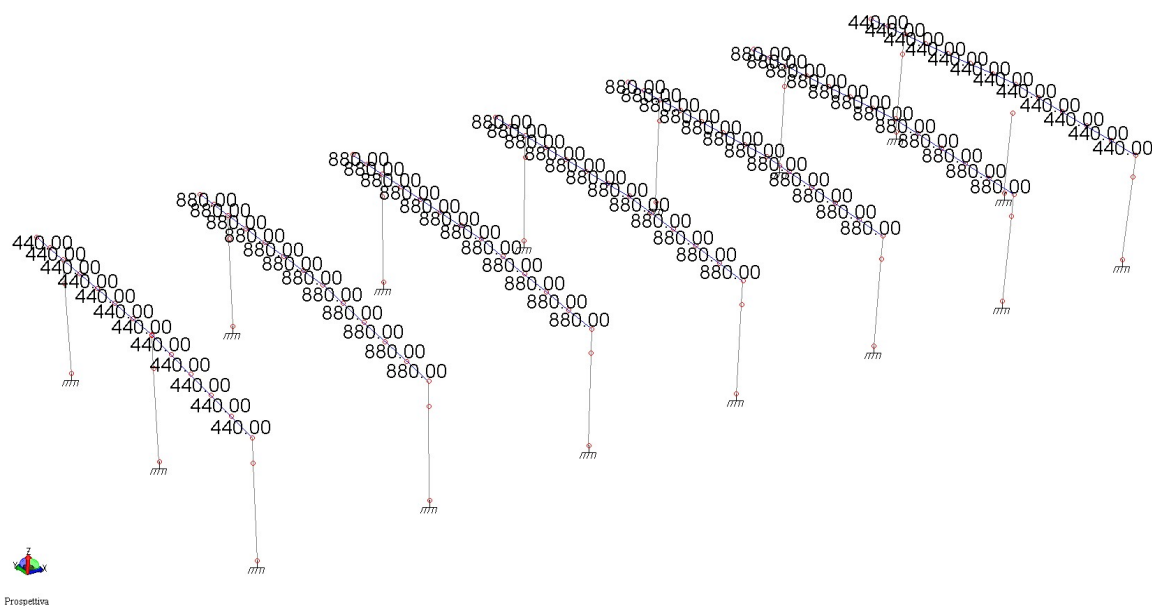
Svincoli principali appoggio trave Capav sui pilastri (cerniere – nodo i) – elementi in c.a.



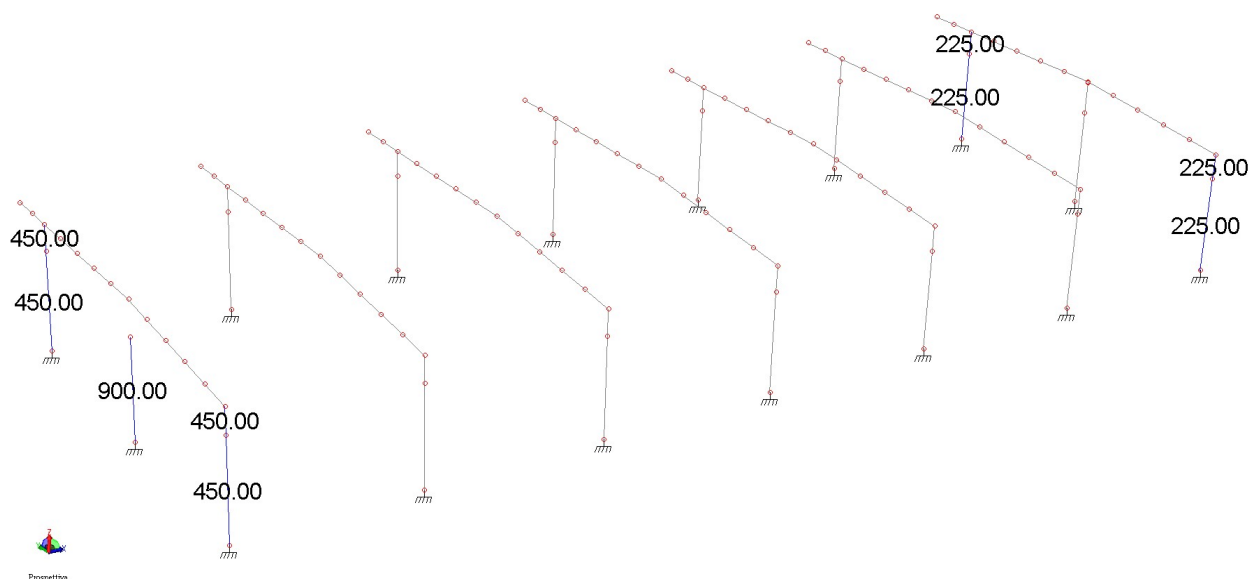
Svincoli principali appoggio trave Capav sui pilastri (cerniere – nodo j) – elementi in c.a.

2.7.5. Modellazione delle azioni

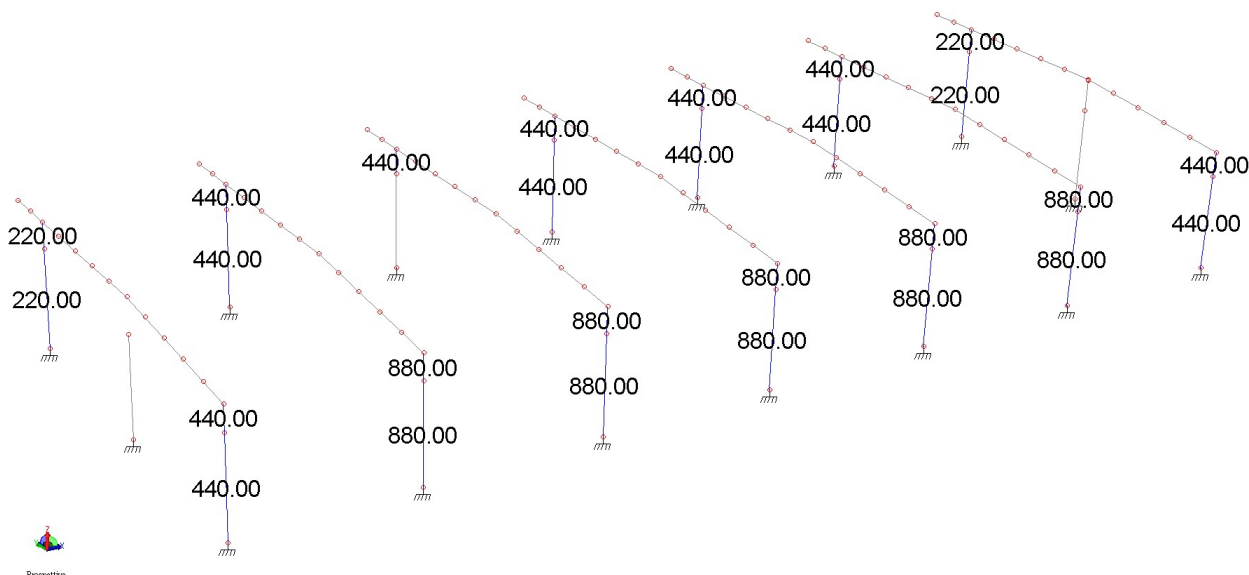
• Carichi per elementi Trave



Carichi copertura pref. (1. Solaio, 2. Neve I- Mediterranea e 5. Permanente Non strutturale)



3. Vento +X (q<5m) e 6. Vento +X (q>5m)



4. Vento +Y (q<5m) e 7. Vento +Y (q>5m)

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento +X, q 5m	3	Condizione 3	Variabile: Vento	0.005340	0.000	0.005340	0.000	0.0000	0.0000
Vento +X, q 5m	6	Condizione 3	Variabile: Vento	0.005780	0.000	0.005780	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
-------------	------	--------------	--------------------------	------------	-----------------------	----------------	---------------------	-------------	--------------------

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento +Y, q 5m	4	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.005340	0.000	-0.005340	0.000	0.0000	0.0000
Vento +Y, q 5m	7	Condizione 4	Variabile: Vento	-0.005780	0.000	-0.005780	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona I Mediterranea	2	Condizione 2	Variabile: Neve	-0.012000	0.000	-0.012000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

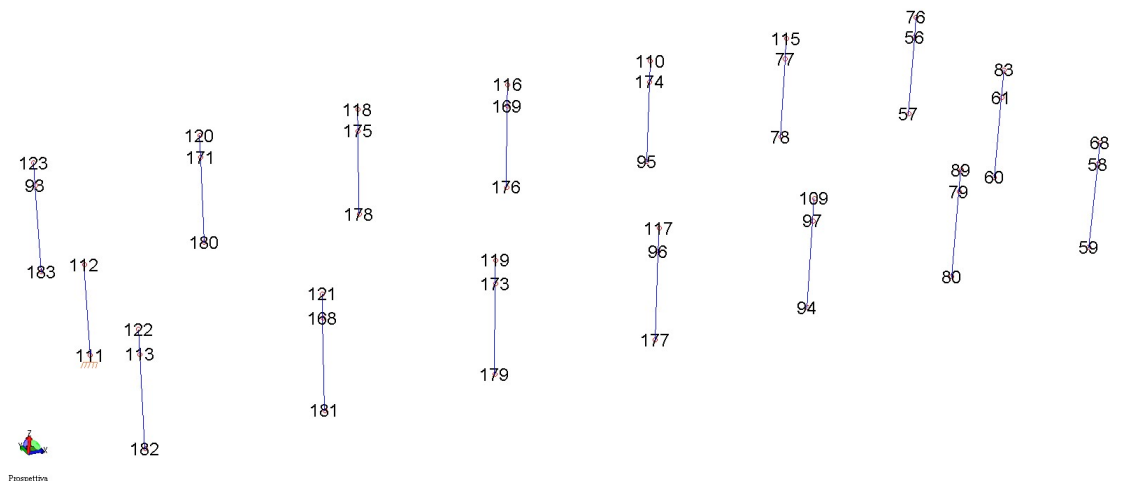
Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Solaio	1	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.023000	0.000	-0.023000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente non strutturale	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.003000	0.000	-0.003000	0.000	1.0000	1.0000



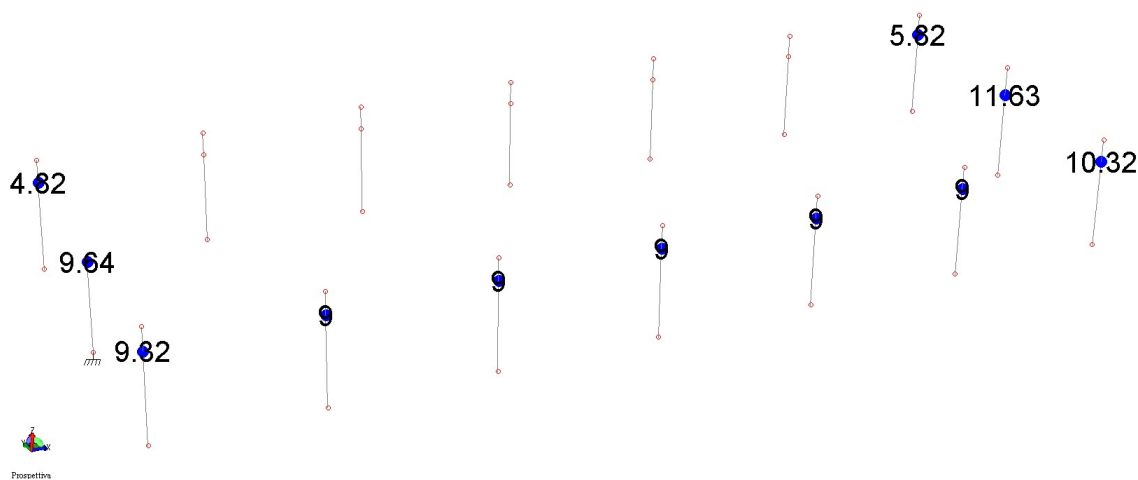
• Masse nodali (pannelli – struttura in c.a. prefabbricato)

MASSE DINAMICHE AI NODI

Nodo	MaX	MaY	MaZ	MiX	MiY	MiZ
56	+5.82e+000	+5.82e+000				
58	+1.03e+001	+1.03e+001				
61	+1.16e+001	+1.16e+001				
79	+9.00e+000	+9.00e+000				
93	+4.82e+000	+4.82e+000				
96	+9.00e+000	+9.00e+000				
97	+9.00e+000	+9.00e+000				
112	+9.64e+000	+9.64e+000				
113	+9.32e+000	+9.32e+000				
168	+9.00e+000	+9.00e+000				
173	+9.00e+000	+9.00e+000				



Numerazione nodi



Masse dinamiche nodali (Max e May)

2.7.6. Combinazioni e/o percorsi di carico.

Le combinazioni di carico SLU statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante la combinazione dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura ($\gamma_{g1}=\gamma_{g2}=1.3$, $\gamma_{qi}=1.5$).

Le combinazioni di carico SLE statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante la combinazione dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante i coefficienti parziali di sicurezza unitari ed i coeff. di combinazione per i casi rara, frequente e quasi permanente.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. In particolare gli stati limite ultimi analizzati saranno lo "Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)" e per gli stati limite di esercizio saranno lo "Stato limite di danno (SLD)".

Verranno allegati gli spettri utilizzati sia per gli stati limite d'esercizio che per gli stati limiti ultimi.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u.; vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

Le combinazioni di carico per le fondazioni allo SLE statico sono analoghe a quelle dalla struttura in elevazione; lo stesso vale per lo SLU statico seguendo l'approccio 2 indicato nelle NTC.

Allo SLD le combinazioni di carico sono analoghe a quelle della struttura in elevazione.

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
7	Statico vento +X	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.750
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.500

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
8	Statico vento +Y	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.750
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara (neve)	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente (Neve)	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
9	Frequente (Vento +Y)	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.200
10	Frequente (Vento +X)	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.200
11	Rara (vento +Y)	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.500
			Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
12	Rara (vento +X)	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.500
			Variabile: Vento	Condizione 3	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

2.8. PRINCIPALI RISULTATI
2.8.1. Risultati dell'analisi modale
• Analisi del secondo ordine

*** Gruppo di copertura: travi

C.C	Δ_X [cm]	Δ_Y [cm]
1 Statica+(EX+ λ *EY)	1.48	0.53
1 Statica+(λ *EX+EY)	0.48	1.32
2	-0.00	0.06
3	-0.00	0.04
4	-0.00	0.04
5	-0.00	0.03
7	0.09	0.05
8	-0.00	-0.33
9	-0.00	-0.02



10	0.01	0.03
11	-0.00	-0.22
12	0.06	0.04

*** analisi alla quota: 0.000

Gruppo di copertura: travi altezza interpiano: 644.92									
C.C	Δ_X [cm]	Δ_Y [cm]	d_{FX} [cm]	d_{FY} [cm]	FX	FY	FZ	θ_X	θ_Y
1 Statica+(EX+ λ *EY)	0.00	0.00	-1.48	-0.53	15697.27	7373.13	475396.00	0.07	0.00
1 Statica+(λ *EX+EY)	0.00	0.00	-0.48	-1.32	5308.17	18502.39	475396.00	0.00	0.05
2	0.00	0.00	0.00	-0.06	1.95	0.00	834101.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	-0.04	1.43	0.10	614806.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	-0.04	1.14	0.00	503296.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	-0.03	1.06	0.00	475396.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	-0.09	-0.05	11841.39	0.09	729551.00	0.00	0.00
8	0.00	-0.00	0.00	0.33	1.69	38746.20	729561.00	0.00	0.00
9	0.00	-0.00	0.00	0.02	1.07	5166.16	475426.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	-0.01	-0.03	1579.78	0.20	475406.00	0.00	0.00
11	0.00	-0.00	0.00	0.22	1.26	25831.90	545086.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	-0.06	-0.04	7894.50	0.11	545116.00	0.00	0.00

$\theta > 0.1$, ci sono effetti di *non linearità geometrica* da tenere in conto; paragrafo § 7.3.1. (DM 14/01/2008). (Vedere pto. 2.7.3. Informazioni e caratteristiche di progetto, amplificazione sismica)

CONTROLLO REGOLARITÀ DELLA VARIAZIONE DELLA RIGIDEZZA LATERALE IN ALTEZZA

	Quota [cm]	Rigidezza laterale X [kg/cm]	Variazione [%]	Rigidezza laterale Y [kg/cm]	Variazione [%]
Livello 0	0	83481.35	---	109505.16	---

RIPARTIZIONE DELLE AZIONI TAGLIANTI AI PIANI

*** Piano rigido alla quota: 0.000

C.C	FX(Tot)	FX(Pil.) (%)	FX(Setti) (%)	FX(Pareti) (%)	FY(Tot)	FY(Pil.) (%)	FY(Setti) (%)	FY(Pareti) (%)
1 Statica+(EX+ λ *EY)	15697	15697 100	0 0	0 0	7373	7373 100	0 0	0 0
1 Statica+(λ *EX+EY)	5308	5308 100	0 0	0 0	18502	18502 100	0 0	0 0

• Masse eccitate

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EX
FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	8.073e+000	1.285e+000	7.782e-001	4.441e-016
2	9.344e+000	1.487e+000	6.724e-001	4.441e-016
3	1.032e+001	1.643e+000	6.087e-001	4.441e-016
4	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
5	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
6	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016
7	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-2.262e+001	-1.836e-001
2	4.294e-001	-2.265e+001
3	-2.482e+000	-2.251e+000
4	2.392e-001	-3.485e+000
5	3.485e+000	2.392e-001
6	-6.925e-001	3.570e+000
7	-3.570e+000	-6.925e-001

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Progressiva	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Modo: 2	+1.84e-001	0	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+7.10e+007	2
Progressiva	+5.12e+002	93	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+1.04e+008	2
Modo: 3	+6.16e+000	1	+5.07e+000	1	+4.10e-006	0	+9.85e+008	24

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.18e+002	94	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 4	+5.72e-002	0	+1.21e+001	2	+3.16e-036	0	+9.88e-051	0
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 5	+1.21e+001	2	+5.72e-002	0	+2.09e-037	0	+1.23e-049	0
Progressiva	+5.30e+002	96	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 6	+4.80e-001	0	+1.27e+001	2	+1.86e-035	0	+1.09e-026	0
Progressiva	+5.31e+002	96	+5.43e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 7	+1.27e+001	2	+4.80e-001	0	+8.46e-034	0	+3.02e-029	0
Progressiva	+5.43e+002	99	+5.44e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z	Rotazione Z
+5.51e+002	+5.51e+002	+4.55e+002	+4.17e+009

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EX FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	8.073e+000	1.285e+000	7.782e-001	4.441e-016
2	9.344e+000	1.487e+000	6.724e-001	4.441e-016
3	1.032e+001	1.643e+000	6.087e-001	4.441e-016
4	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
5	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
6	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016
7	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-2.262e+001	-1.836e-001
2	4.294e-001	-2.265e+001
3	-2.482e+000	-2.251e+000
4	2.392e-001	-3.485e+000
5	3.485e+000	2.392e-001
6	-6.925e-001	3.570e+000
7	-3.570e+000	-6.925e-001

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Progressiva	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Modo: 2	+1.84e-001	0	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+7.10e+007	2
Progressiva	+5.12e+002	93	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+1.04e+008	2
Modo: 3	+6.16e+000	1	+5.07e+000	1	+4.10e-006	0	+9.85e+008	24
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.18e+002	94	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 4	+5.72e-002	0	+1.21e+001	2	+3.16e-036	0	+9.88e-051	0
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 5	+1.21e+001	2	+5.72e-002	0	+2.09e-037	0	+1.23e-049	0
Progressiva	+5.30e+002	96	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 6	+4.80e-001	0	+1.27e+001	2	+1.86e-035	0	+1.09e-026	0
Progressiva	+5.31e+002	96	+5.43e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 7	+1.27e+001	2	+4.80e-001	0	+8.46e-034	0	+3.02e-029	0
Progressiva	+5.43e+002	99	+5.44e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z	Rotazione Z
+5.51e+002	+5.51e+002	+4.55e+002	+4.17e+009

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: +EY FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	8.073e+000	1.285e+000	7.782e-001	4.441e-016
2	9.344e+000	1.487e+000	6.724e-001	4.441e-016



Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
3	1.032e+001	1.643e+000	6.087e-001	4.441e-016
4	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
5	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
6	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016
7	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-2.262e+001	-1.836e-001
2	4.294e-001	-2.265e+001
3	-2.482e+000	-2.251e+000
4	2.392e-001	-3.485e+000
5	3.485e+000	2.392e-001
6	-6.925e-001	3.570e+000
7	-3.570e+000	-6.925e-001

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Progressiva	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Modo: 2	+1.84e-001	0	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+7.10e+007	2
Progressiva	+5.12e+002	93	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+1.04e+008	2
Modo: 3	+6.16e+000	1	+5.07e+000	1	+4.10e-006	0	+9.85e+008	24
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.18e+002	94	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 4	+5.72e-002	0	+1.21e+001	2	+3.16e-036	0	+9.88e-051	0
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 5	+1.21e+001	2	+5.72e-002	0	+2.09e-037	0	+1.23e-049	0
Progressiva	+5.30e+002	96	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 6	+4.80e-001	0	+1.27e+001	2	+1.86e-035	0	+1.09e-026	0
Progressiva	+5.31e+002	96	+5.43e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 7	+1.27e+001	2	+4.80e-001	0	+8.46e-034	0	+3.02e-029	0
Progressiva	+5.43e+002	99	+5.44e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z	Rotazione Z
+5.51e+002	+5.51e+002	+4.55e+002	+4.17e+009

TRASLAZIONE CENTRO DELLE MASSE: -EY FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	8.073e+000	1.285e+000	7.782e-001	4.441e-016
2	9.344e+000	1.487e+000	6.724e-001	4.441e-016
3	1.032e+001	1.643e+000	6.087e-001	4.441e-016
4	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
5	1.605e+001	2.555e+000	3.914e-001	4.441e-016
6	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016
7	1.679e+001	2.673e+000	3.741e-001	4.441e-016

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	-2.262e+001	-1.836e-001
2	4.294e-001	-2.265e+001
3	-2.482e+000	-2.251e+000
4	2.392e-001	-3.485e+000
5	3.485e+000	2.392e-001
6	-6.925e-001	3.570e+000
7	-3.570e+000	-6.925e-001

MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
------	---------	---	---------	---	---------	---	---------	---



Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%	Rotaz.Z	%
Modo: 1	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Progressiva	+5.12e+002	93	+3.37e-002	0	+6.31e-008	0	+3.28e+007	1
Modo: 2	+1.84e-001	0	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+7.10e+007	2
Progressiva	+5.12e+002	93	+5.13e+002	93	+1.75e-003	0	+1.04e+008	2
Modo: 3	+6.16e+000	1	+5.07e+000	1	+4.10e-006	0	+9.85e+008	24
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.18e+002	94	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 4	+5.72e-002	0	+1.21e+001	2	+3.16e-036	0	+9.88e-051	0
Progressiva	+5.18e+002	94	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 5	+1.21e+001	2	+5.72e-002	0	+2.09e-037	0	+1.23e-049	0
Progressiva	+5.30e+002	96	+5.30e+002	96	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 6	+4.80e-001	0	+1.27e+001	2	+1.86e-035	0	+1.09e-026	0
Progressiva	+5.31e+002	96	+5.43e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26
Modo: 7	+1.27e+001	2	+4.80e-001	0	+8.46e-034	0	+3.02e-029	0
Progressiva	+5.43e+002	99	+5.44e+002	99	+1.76e-003	0	+1.09e+009	26

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X
+5.51e+002

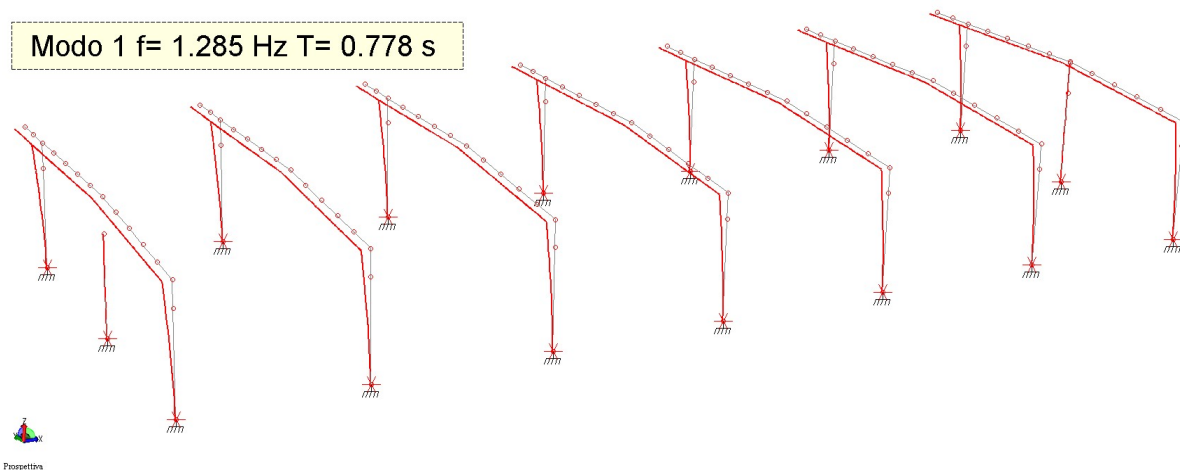
Direzione Y
+5.51e+002

Direzione Z
+4.55e+002

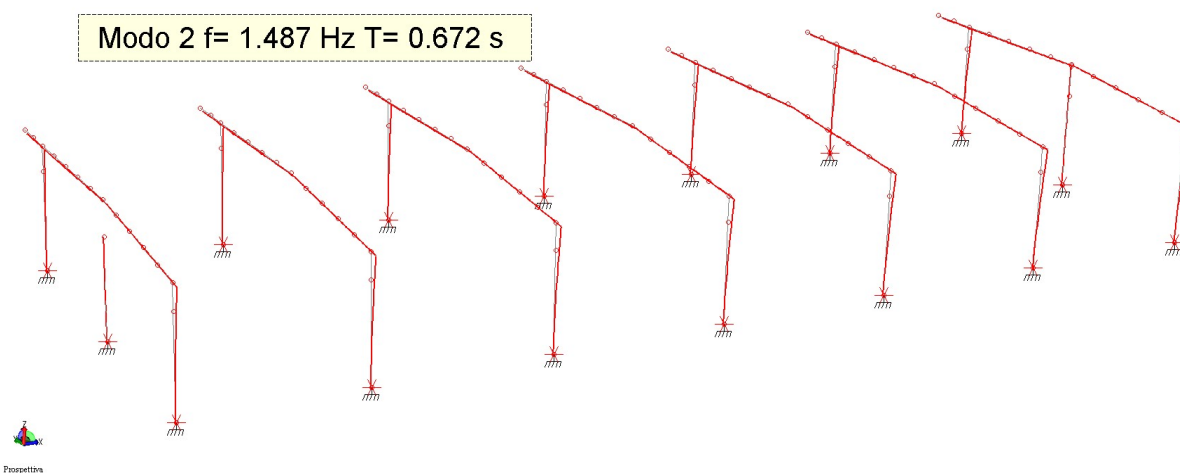
Rotazione Z
+4.17e+009

• Principali modi di vibrare

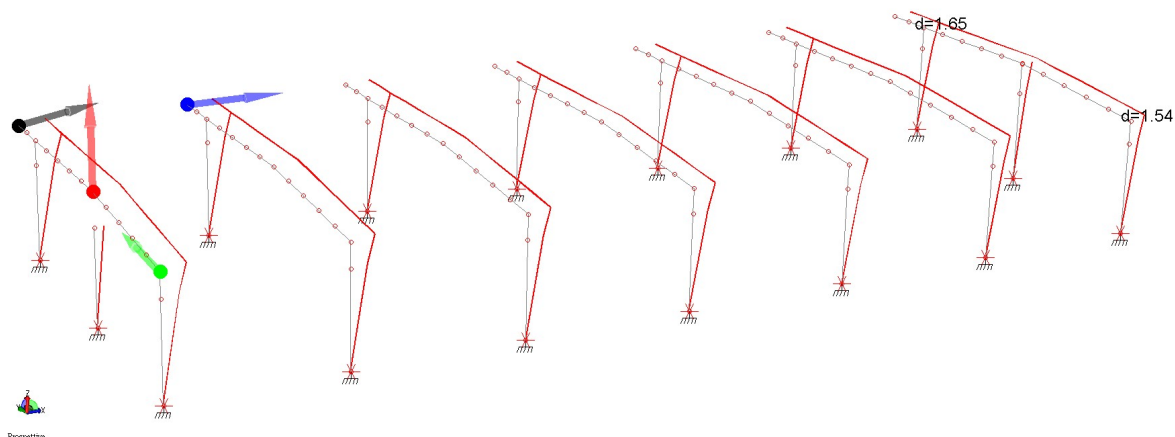
Modo 1 $f = 1.285 \text{ Hz}$ $T = 0.778 \text{ s}$



Modo 2 $f = 1.487 \text{ Hz}$ $T = 0.672 \text{ s}$

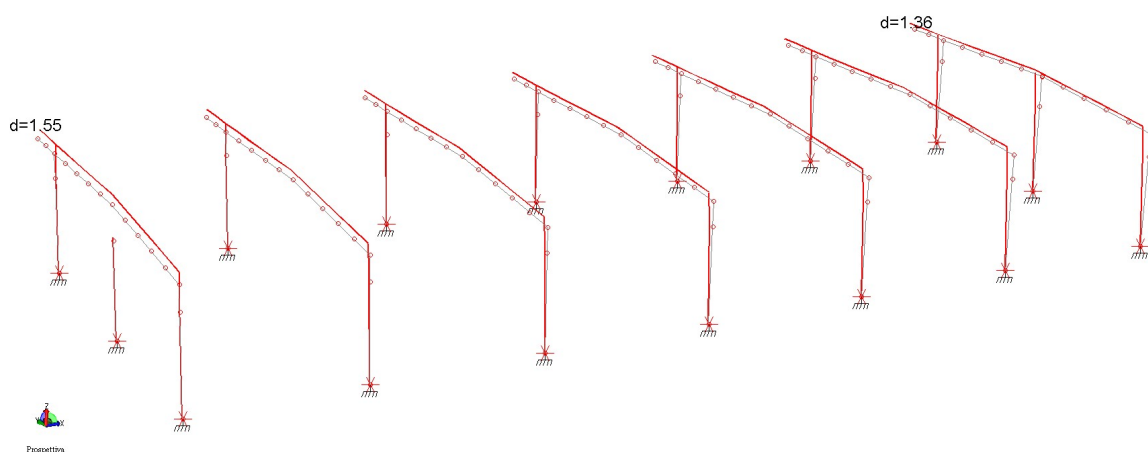


2.8.2. Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico



nodo 76 dX=1.54 dY=0.61 dZ=0.000049 d=1.65
 nodo 68 dX=1.42 dY=0.61 dZ=0.000067 d=1.54

Inviluppo dinamico SLV -Ex + lambda Ey



nodo 75 dX=0.53 dY=1.26 dZ=0.0033 d=1.36
 nodo 166 dX=0.53 dY=1.45 dZ=0.0048 d=1.55

Inviluppo dinamico SLV - lambda Ex + Ey

Si verifica ora lo spostamento massimo presunto dell'esistente da confrontare con il giunto minimo tra le due strutture pari a 10cm.

GIUNTO DIREZIONE X:

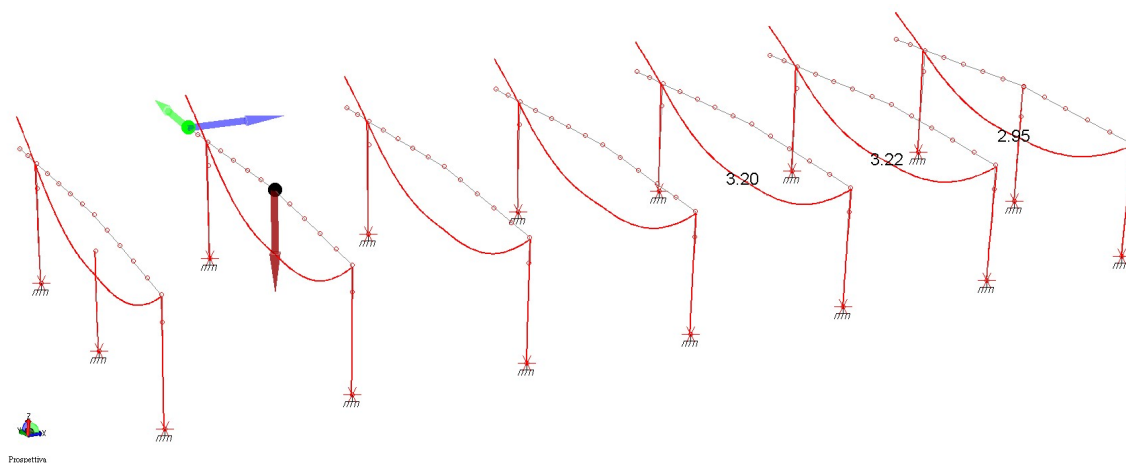
- Spostamento Edificio esistente $dir.X = 0,52 \text{ cm}$

$$Spost. \text{ Esist. }_{dir.X} = \frac{1}{100} \cdot H \cdot \frac{a_g}{g} \cdot \frac{S}{0,5} = \frac{1}{100} \cdot 650 \cdot 0,04 \cdot \frac{1}{0,5} = 0,52 \text{ cm}$$

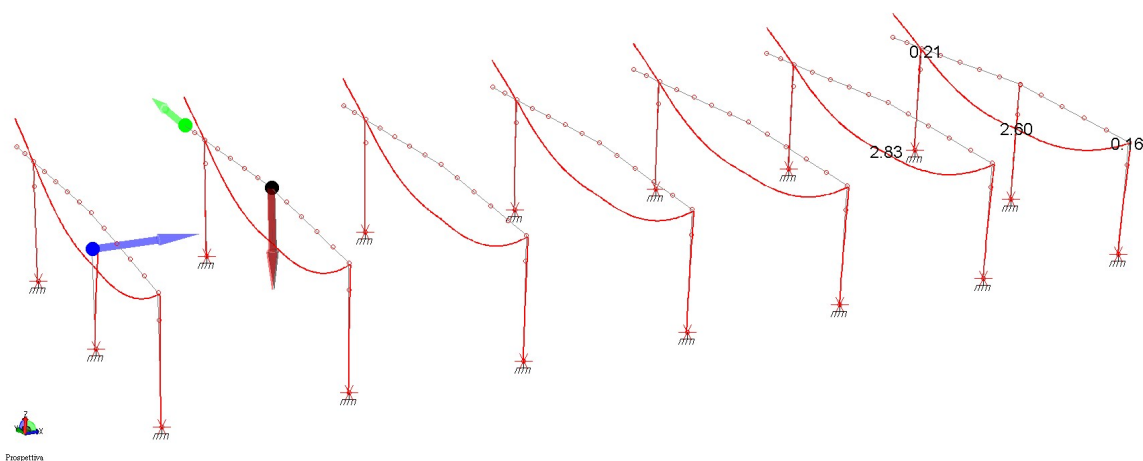
- Spostamento Corpo $Ex + \lambda Ey = 1,54 \text{ cm}$



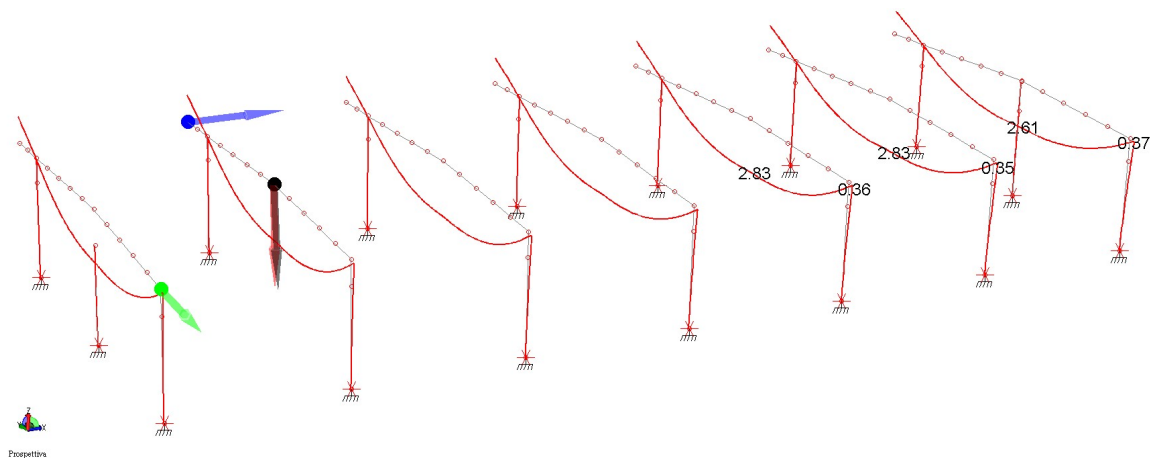
⇒ Giunto 10 cm > $0,52+1,54=2,06$ cm



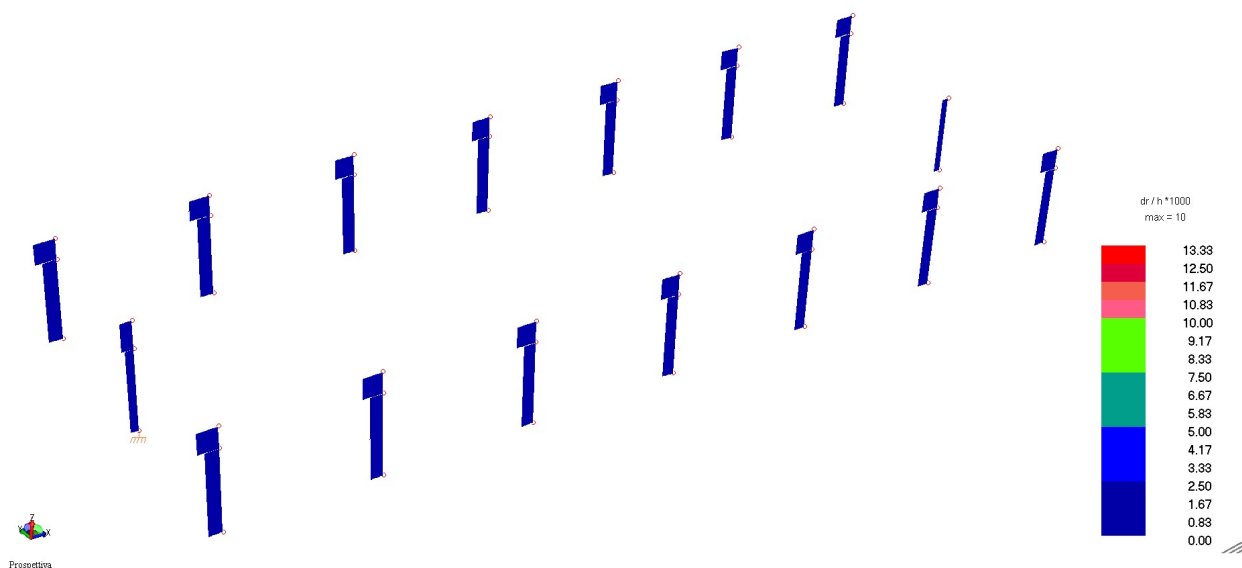
Deformata - SLE comb. Rara (neve)



Deformata - SLE comb. Rara (vento +X)



Deformata - SLE comb. Rara (vento +Y)



Verifica deformabilità SLD ($dr < 0.010h$) – elementi in c.a.

MASSIMI SPOSTAMENTI RELATIVI DI PIANO (SPOSTAMENTI DI INTERPIANO)

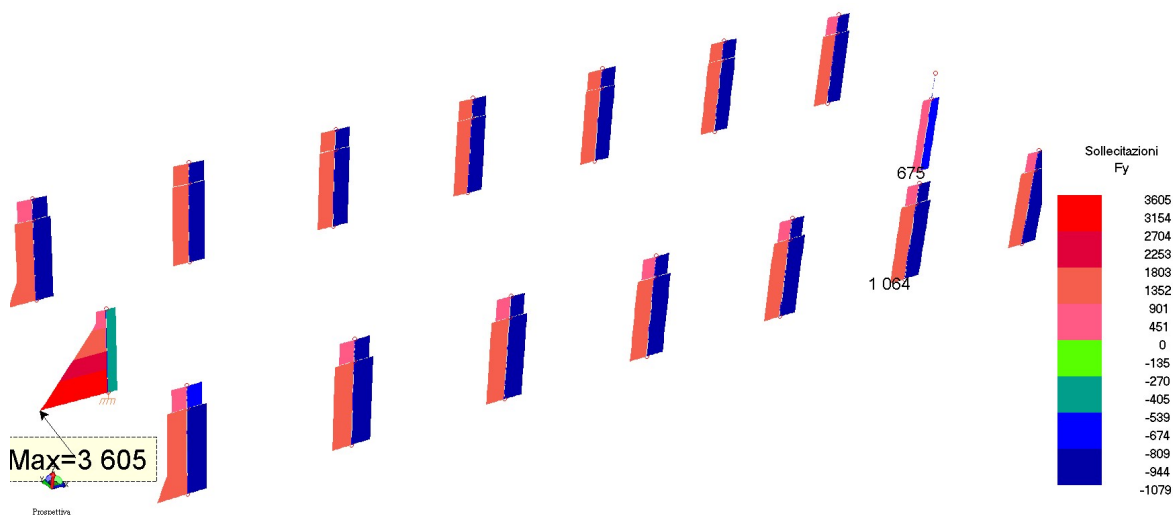
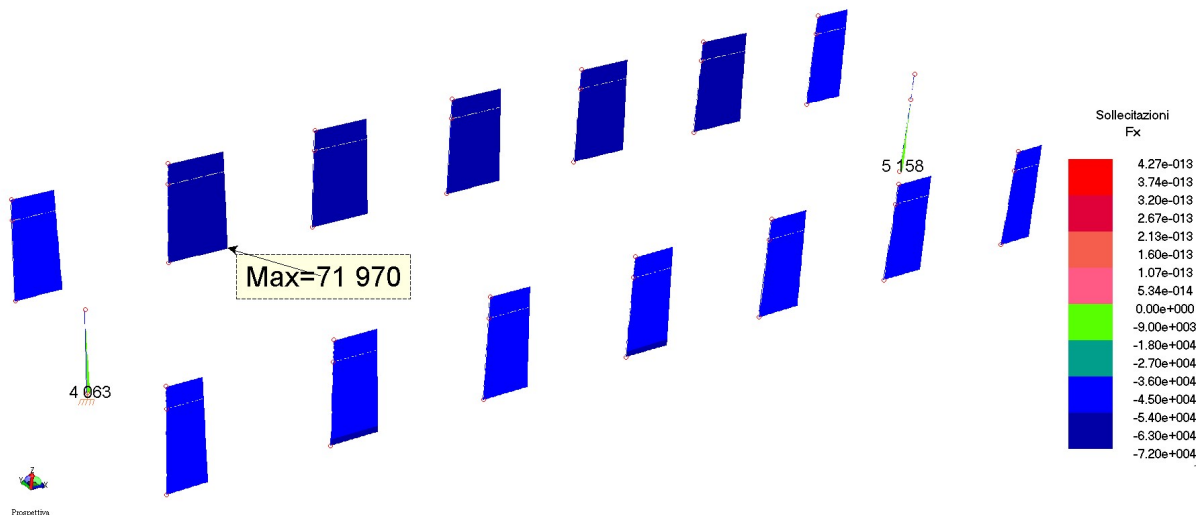
Spostamento interpiano $\leq 0.01 h$

GRUPPO: 1 Pilastrini

N pil	altezza h	eta	eta/h	comb
22	+1.280e+002	+1.594e-001	+1.245e-003	D1

2.8.3. Involuppo delle sollecitazioni maggiormente significative

- **Pilastri in c.a.**



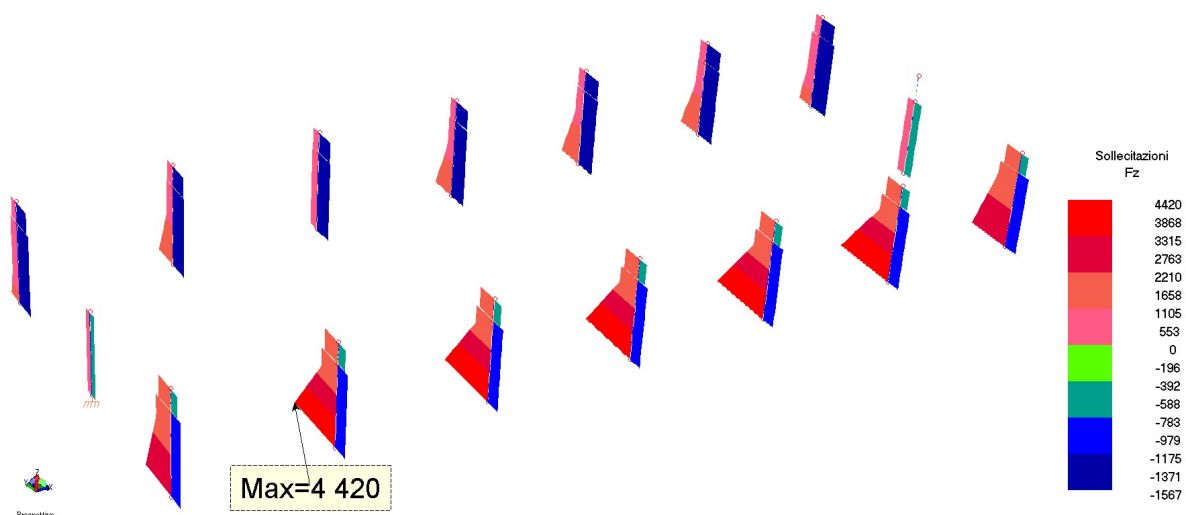


Diagramma sforzo di taglio Fz – Involuppo SLU statico – SLV sismico

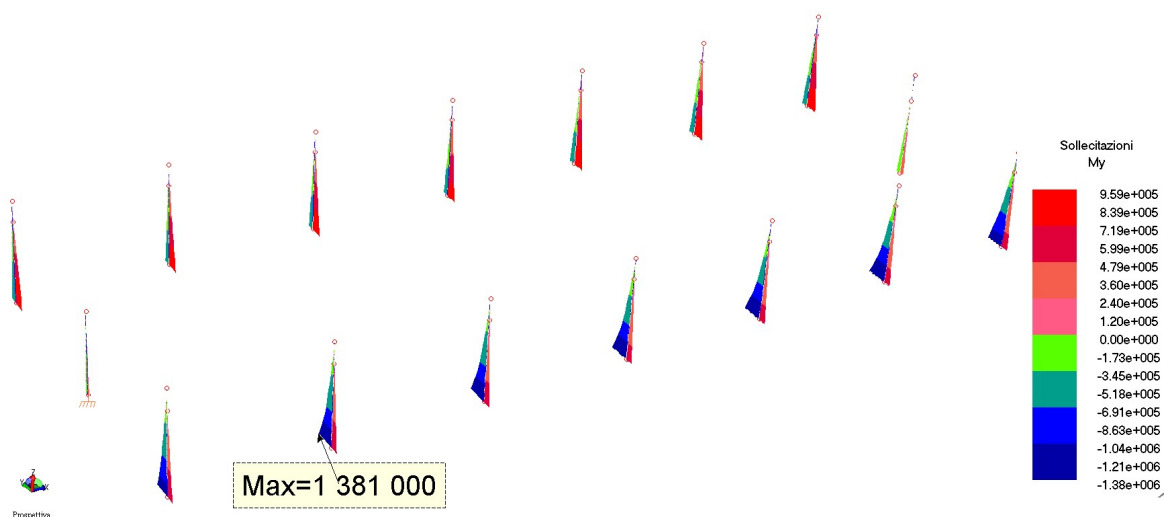


Diagramma momento flettente My – Involuppo SLU statico – SLV sismico

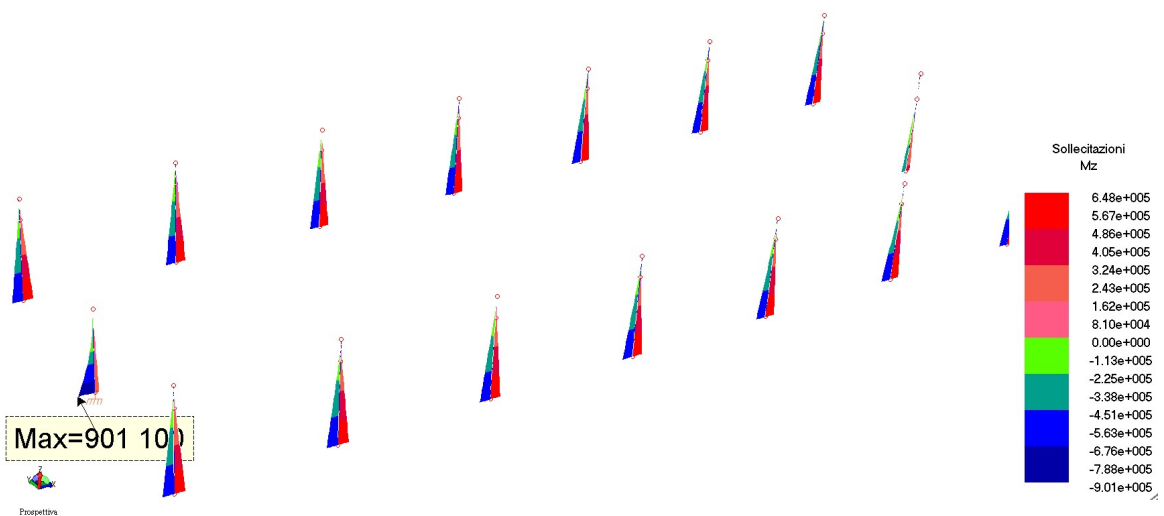


Diagramma momento flettente Mz – Involuppo SLU statico – SLV sismico



- Travi in c.a.

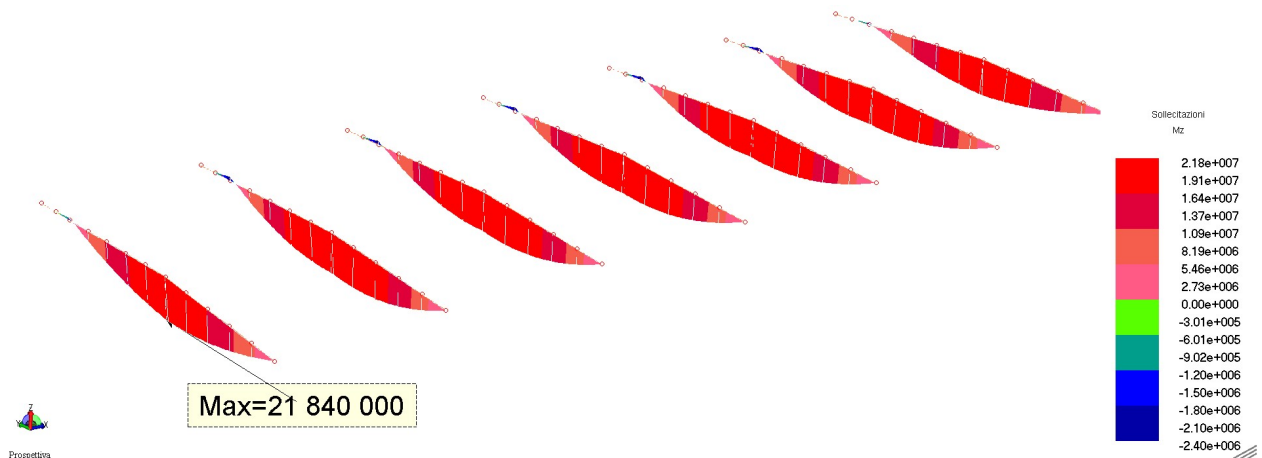


Diagramma momento flettente M_z – Involuppo SLU statico

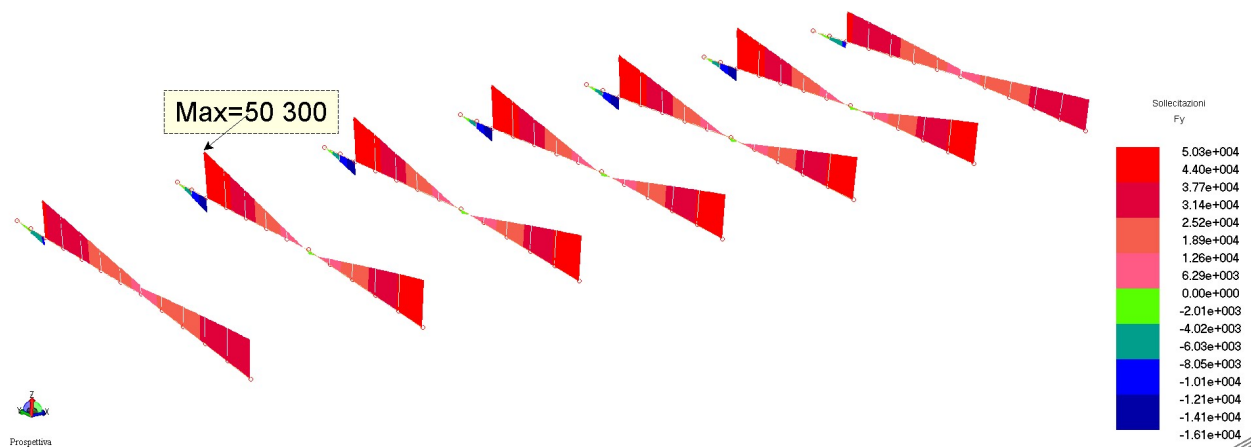
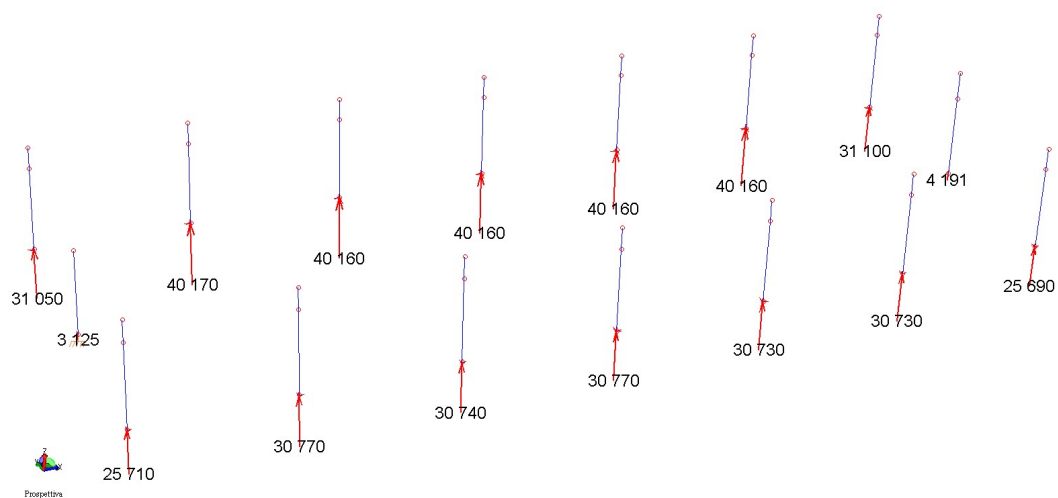
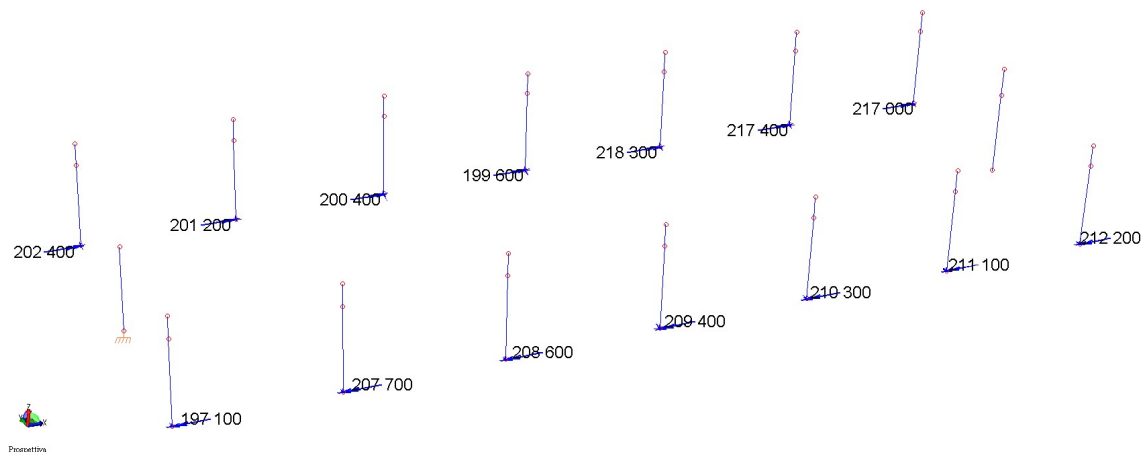


Diagramma sforzo di taglio F_y – Involuppo SLU statico

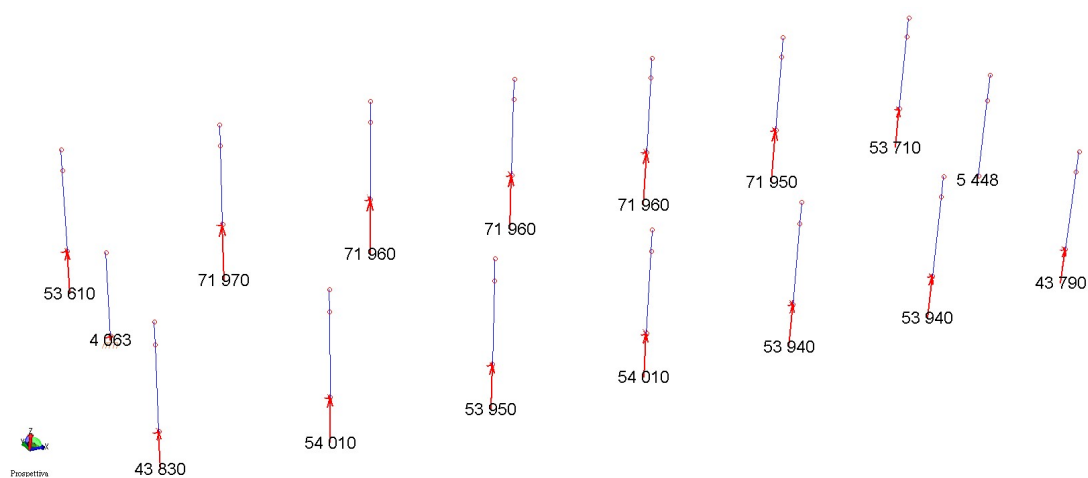
2.8.4. Reazioni vincolari



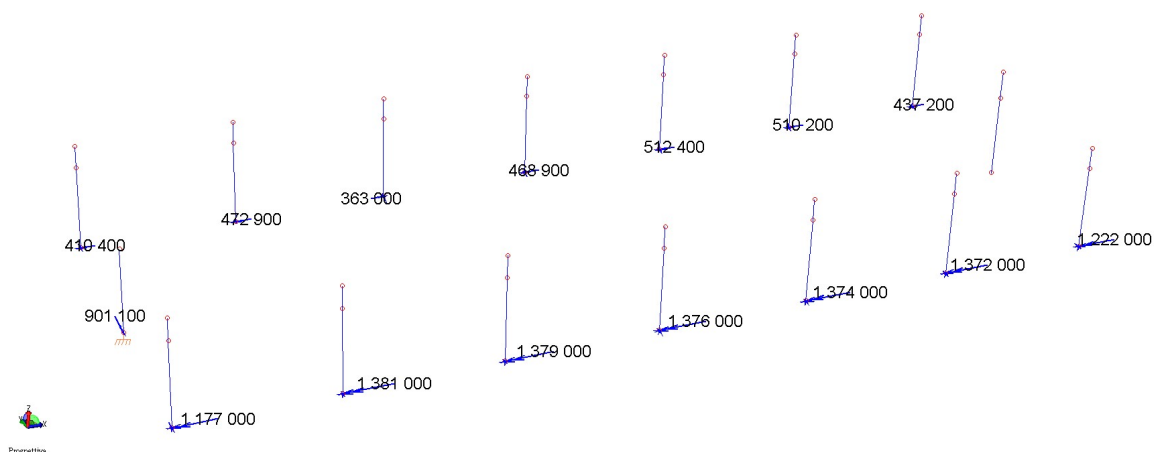
Reazioni sul terreno SLE statico – quasi permanente – forze (daN)



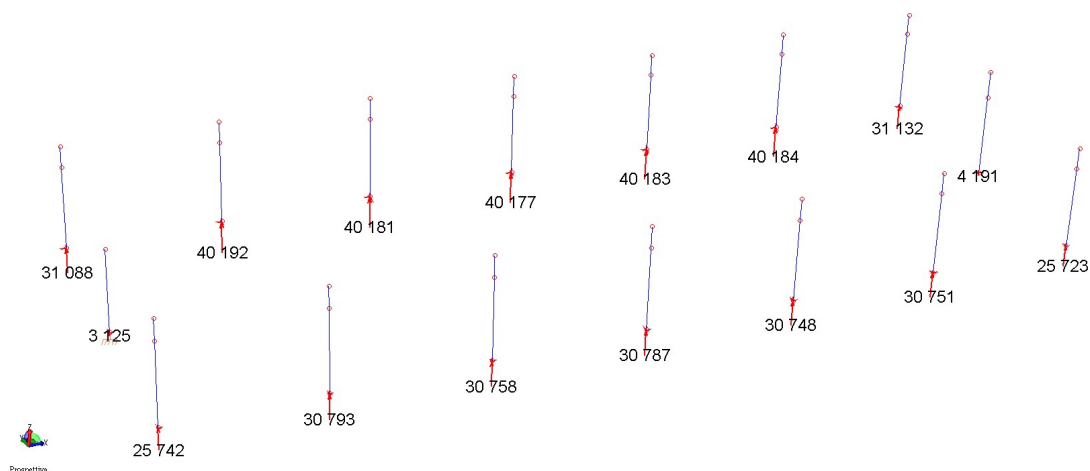
Reazioni sul terreno SLE statico – quasi permanente – momenti (daNcm)



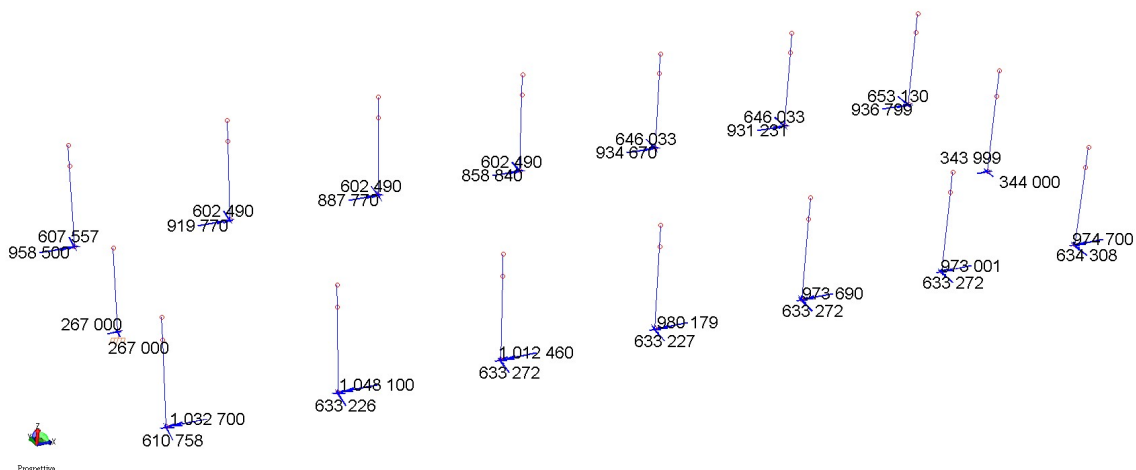
Reazioni sul terreno SLU – involucro statico – forze



Reazioni sul terreno SLU – involucro statico – momenti



Reazioni sul terreno SLV sismico – forze



Reazioni sul terreno SLV sismico – momenti

❖ **Simbologie adottate da Mastersap per la presentazione dei risultati**

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap per i Metodi di calcolo e per la presentazione dei risultati dell'analisi strutturale.

– I Metodi di Calcolo

▪ Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare è la più comune e tradizionale delle analisi strutturali possibili.

L'aggettivo statica sottintende che i carichi applicati non dipendono dal tempo o più esattamente variano molto lentamente tra l'istante iniziale di applicazione t_0 e l'istante finale di osservazione t_f (carichi quasi-statici).

Ipotizzando inoltre che la forza di reazione interna dipenda linearmente dagli spostamenti, attraverso una matrice di rigidezza costante K e che le forze esterne siano costituite da carichi indipendenti dallo spostamento, si ottiene l'equazione di equilibrio classica per i problemi quasi statici lineari

$$KU = F$$

dove K è la matrice di rigidezza, U è il vettore delle deformazioni nodali, F è il vettore dei carichi.

E' bene ricordare che la linearità della risposta strutturale deriva da almeno due grandi semplificazioni: l'ipotesi di elasticità lineare del materiale (linearità materiale) e l'ipotesi di piccolezza degli spostamenti e delle deformazioni (linearità geometrica).

Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente, le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

▪ Analisi dinamica modale

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario.

L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

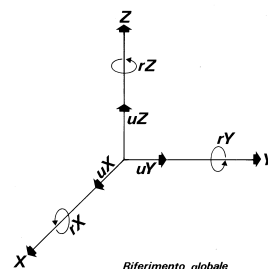
Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti dalla normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

– Presentazione Dei Risultati Dell'analisi Strutturale

▪ Deformate

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).



Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

▪ Aspetti particolari dell'analisi dinamica

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono

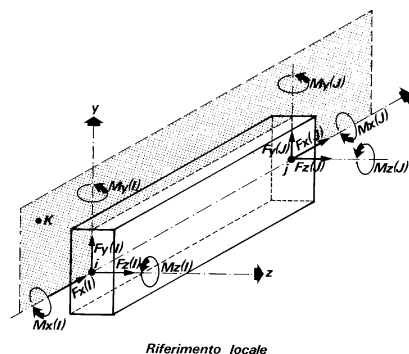
successivamente combinati e danno luogo ad uno o più involuppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura q rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

▪ Travi, Pilastri e Travi di fondazione

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- F_x = forza assiale nella direzione locale x ;
- F_y = taglio nella direzione locale y ;
- F_z = taglio nella direzione locale z ;
- M_x = momento torcente attorno all'asse locale x ;
- M_y = momento flettente attorno all'asse locale y ;
- M_z = momento flettente attorno all'asse locale z , con le seguenti convenzioni sui segni:
- forze positive se concordi con gli assi locali (F);
- momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ($F*L$).



Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

▪ Vincoli

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In

generale le forze vincolari (unità di misura F) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ($F \cdot L$) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modali. Nella stampa degli involucri viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

2.9. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

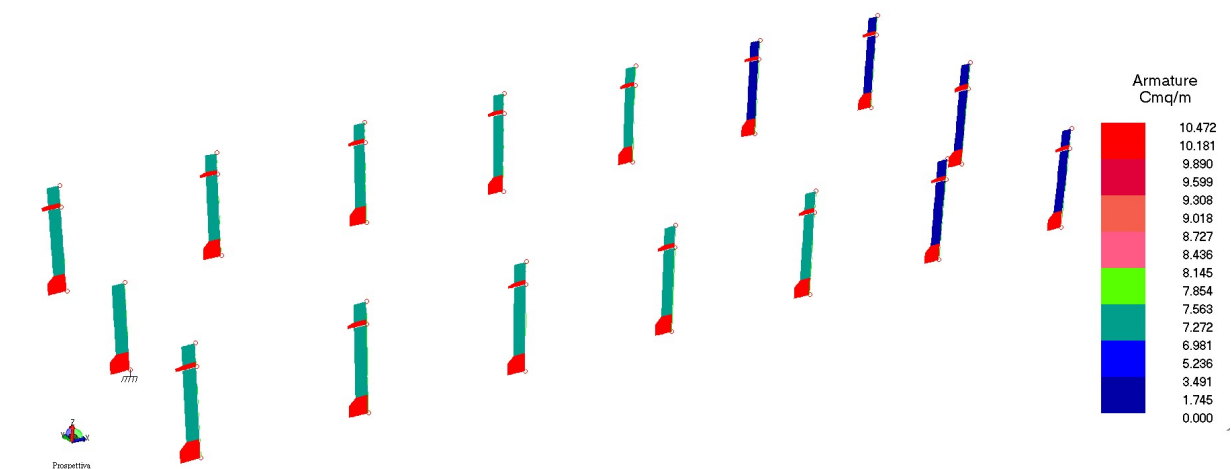
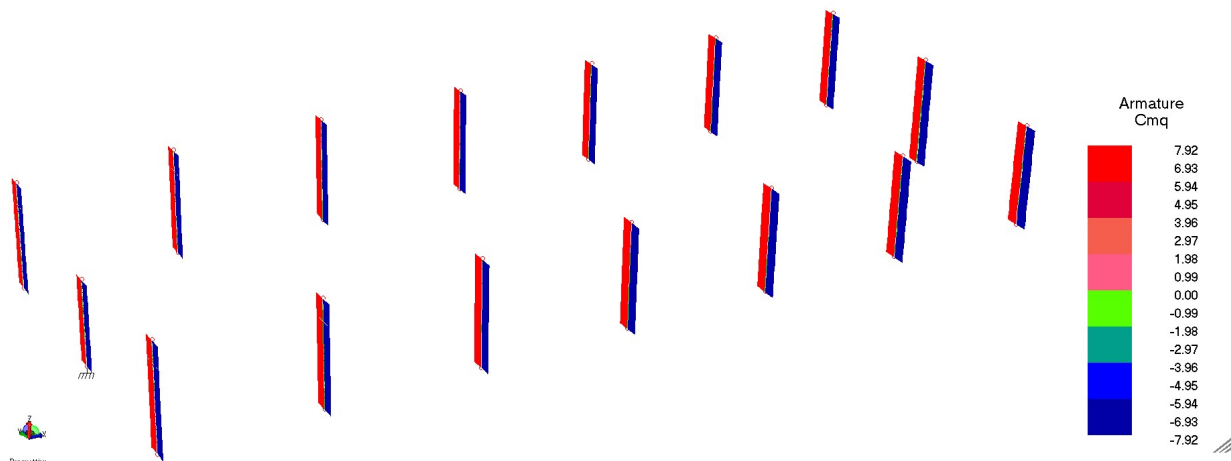
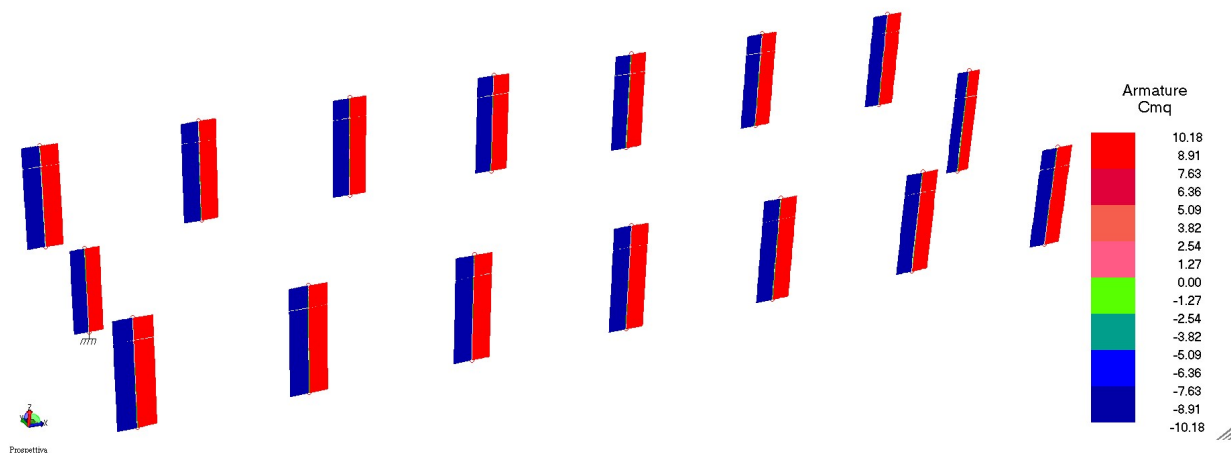
Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

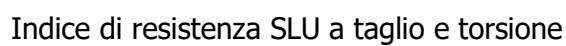
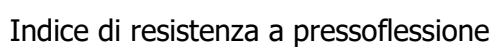
E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglienti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

2.10. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

• Pilastri





• **Trave Capav**

DATI GENERALI			
- lunghezza travi di copertura		L=	22,60 m
- interasse travi di copertura		Li=	8,80 m
- dati geometrici travi di copertura:			
sbalzo a sinistra		La=	0,80 m
sbalzo a destra		Lb=	2,80 m
interasse appoggi		Lc=L-La-Lb=	19,00 m
- p. spec. travi, pilastri, ecc.		$\gamma^1 =$	25,00 kN/m ³
- p. spec. muri, sottopinti		$\gamma^2 =$	24,00 kN/m ³
ANALISI DEI CARICHI			
- carico permanente al mq di copertura			
tegoli TT h32:			2,30 kN/m ²
manto di copertura :			0,30 kN/m ²
		q' =	2,60 kN/m ²
carico neve:			
si considera zona 1 (nord Italia)			
altezza sul mare inferiore a 200m		q _{s k} =	1,50 kN/m ²
coefficiente di forma massimo		$\mu^i =$	0,80
si ottiene q _s = q _{s k} * μ^i		q _s =	1,2 kN/m ²
		q'' = 1.3*q' + 1.5*q _s =	5,18 kN/m ²
peso proprio trave di copertura		q _{p p} =	6,30 kN/m
- carico totale agente sulla trave di copertura		q _{t o t} = 1.3*q _{p p} + q''*Li =	53,77 kN/m

Dati geometrici:									
		Lc' =	9,50	m					tratto a sinistra tra appoggio e mezzera tr
		Lc" =	9,50	m					tratto a destra tra appoggio e mezzera tr
		Ha =	0,80	m					altezza trave sull'appoggio (a)
		H2 =	1,75	m					altezza trave al colmo
		La+Aa =	2,80	m					anima piena lato appoggio (a)
		Lb+Ab =	4,80	m					anima piena lato appoggio (b)
		Aa =	2,00	m					tratto pieno all'interno dell'appoggio (a)
		Ab =	2,00	m					tratto pieno all'interno dell'appoggio (b)
		c =	0,05	m					copriferro
Andamento delle sollecitazioni e aree dei ferri necessari (flessione e taglio)									
sulla trave di luce Lc appoggiata agli estremi:									
x	h	M	T	Af prog	b	p	τ^*	Apm1	Apl1
[m]	[m]	[kNm]	[kN]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
0,00	0,75	-17,21	500,66	100	250	100	2,98	-123,52	427,97
0,95	0,85	434,16	449,58	2239	250	100	2,06	405,26	166,67
1,90	0,94	836,99	398,49	3880	250	150	1,42	295,19	138,94
2,85	1,04	1191,30	347,41	5015	120	150	1,96	-103,88	-46,51
3,80	1,13	1497,07	296,32	5773	120	150	1,22	-123,92	-214,54
4,75	1,23	1754,31	245,24	6240	120	200	0,65	-146,18	-237,95
5,70	1,32	1963,02	194,15	6480	120	200	0,20	-251,23	-371,93
6,65	1,42	2123,20	143,07	6538	120	300	-0,15	-221,20	-260,39
7,60	1,51	2234,85	91,98	6449	120	300	-0,44	-164,40	-192,47
8,55	1,61	2297,96	40,90	6239	120	300	-0,68	-110,07	-130,14
9,50	1,70	2312,55	-10,19	5927	120	300	-0,06	-150,15	-345,80
10,45	1,61	2278,61	-61,27	6186	120	300	0,56	-137,66	-169,42
11,40	1,51	2196,13	-112,36	6337	120	300	0,30	-195,90	-234,47
12,35	1,42	2065,12	-163,44	6359	120	300	-0,01	-184,94	-300,85
13,30	1,32	1885,59	-214,53	6224	120	200	-0,39	-209,06	-323,29
14,25	1,23	1657,52	-265,62	5896	120	200	-0,87	-96,61	-185,22
15,20	1,13	1380,92	-316,70	5325	120	150	-1,48	-64,86	-157,03
16,15	1,04	1055,79	-367,79	4445	120	150	-2,28	-52,81	16,65
17,10	0,94	682,12	-418,87	3162	250	150	-1,60	383,36	208,90
18,05	0,85	259,93	-469,96	1340	250	100	-2,29	516,59	244,95
19,00	0,75	-210,79	-521,04	1225	250	100	-3,27		516,69
Reazione vincolare in A:		543,68	kN						
Reazione vincolare in B:		671,61	kN						



Dati sezione e materiale				
Base [cm]	25.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	80.00	diametro ferri lon.[mm]	22	
Copriferro [cm]	5.00	f_{ck} [N/mm ²]	25.00	
f_{yk} [N/mm ²]	450.00	f_{cd} [N/mm ²]	14.17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10.00	passo [cm]	10.00	
Area staffe [mm ²]		157	numero braccia	2
Verifica a Taglio				
θ per $V_{Rsd}=V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
1.3715	1.3715	1.00	553.09	553.09
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				553.09

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

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

Titolo : TRAVE CAPAV

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 5 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	41	10
2	12	142

N°	As [cm ²]	d [cm]
1	8	5
2	11,4	132
3	15,21	137
4	11,6	142
5	10	147

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN

M_{xEd} 2123,2 0 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 2.336 kN m

σ_c -18,13 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ε_c 3,5 ‰

ε_s 5,437 ‰

d 147 cm

x 57,57 x/d 0,3916

δ 0,9295

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☒ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C C32/40

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰

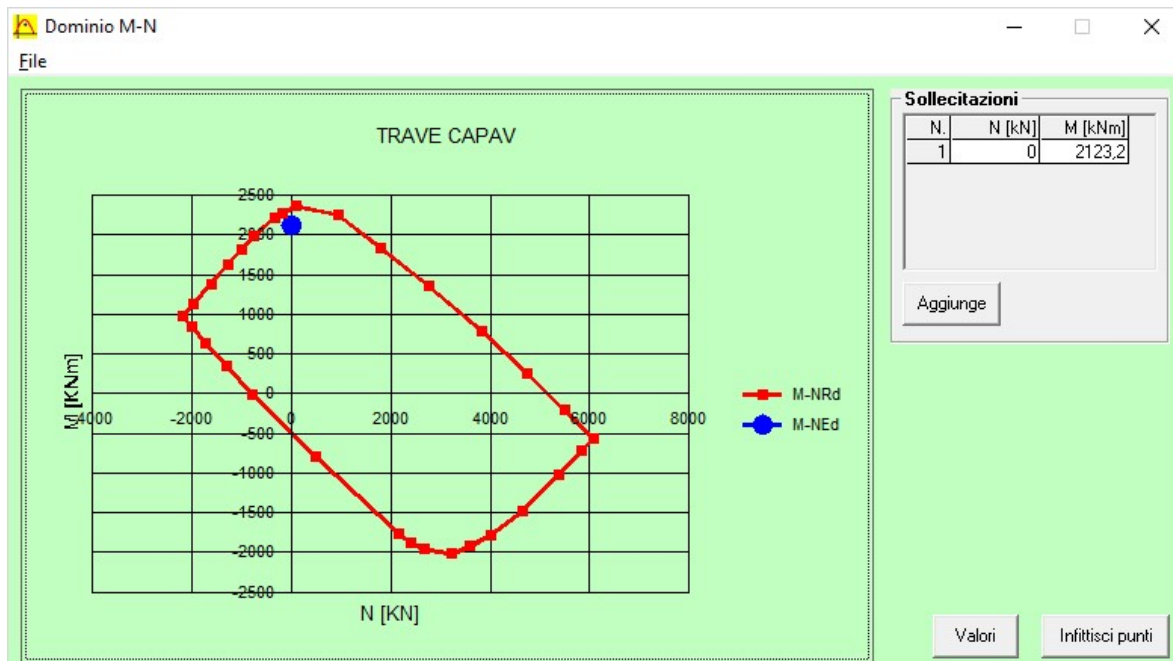
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?

ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 12,25

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,7333

τ_{c1} 2,114



- Tegolo TT32

DATI GENERALI			
- lunghezza tegoli	L=	8,50	m
- interasse travi di copertura	Li=	2,50	m
- dati geometrici travi di copertura:			
sbalzo a sinistra	La=	0,00	m
sbalzo a destra	Lb=	0,00	m
interasse appoggi	Lc=L-La-Lb=	8,50	m
- p. spec. travi, pilastri, ecc.	γ^1 =	25,00	kN/ m3
- p. spec. muri, sottoplinti	γ^2 =	24,00	kN/ m3
ANALISI DEI CARICHI			
- carico permanente al mq di copertura			
peso proprio		2,30	kN/ m2
manto di copertura :		0,30	kN/ m2
	q' =	2,60	kN/ m2
carico neve:			
si considera zona 1 (nord Italia)			
altezza sul mare inferiore a 200m	q_{sk} =	1,20	kN/ m2
coefficiente di forma massimo			
si ottiene $q_s = q_{sk} \cdot \mu_i$			
- carico totale agente sul tegolo	$q_{tot} = (1.3 \cdot q' + 1.5 \cdot q_{sk}) \cdot L_i$	12,95	kN/ m

$$M_d = q_{tot} \cdot L^2 / 8 = 116.95 \text{ kNm}$$

$$T_d = q_{tot} \cdot L / 2 = 55.03 \text{ kN}$$

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	24.00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	32.00	diametro ferri lon.[mm]	18
Copriferro [cm]	5.00	f_{ck} [N/mm ²]	25.00
f_{yk} [N/mm ²]	450.00	f_{cd} [N/mm ²]	14.17
Armatura trasversale			
diametro staffe [mm]	6.00	passo [cm]	20.00
Area staffe [mm ²]	57	numero braccia	2
Verifica a Taglio			
θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]
3.7902	2.5000	1.00	63.48
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]			63.48

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

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

Titolo : Tegolo H32

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	250	5
2	28	27

N°	As [cm ²]	d [cm]
1	2,26	5
2	10,18	20
3	8	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 117 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 154.6 kNm

Materiali B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 34.26 ‰
d 25 cm
x 2.317 x/d 0.09268
 δ 0.7

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

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

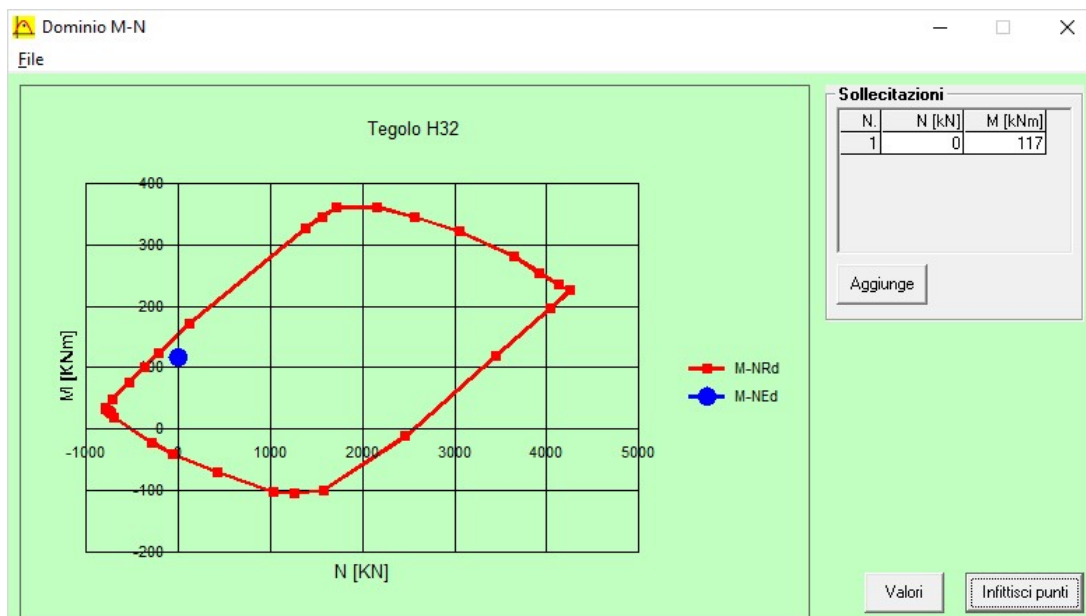
Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



• **Plinti prefabbricati**

VERIFICA PLINTO (CNR 10025/98)				
	Ned=	540,1	kN	
	Vsd=	50	kN	
	Med=	137,6	kNm	
	fsd=	391,30	N/mm ^q	f _{yd} 450 N/mm ^q
	fcd=	22,67	N/mm ^q	f _{ck} 40 N/mm ^q
	fctd=	2,34	N/mm ^q	
	A=	660	mm	
	h=	900	mm	
	a=	500	mm	
	t=	250	mm	
	Hf=	300	mm	
	F1=	279,33	kN	
	F2=	229,33	kN	
	F3=	540,1	kN	
	As=	1005	mm ^q	5φ16
	As'=	1005	mm ^q	5φ16
	Av=	1206	mm ^q	6φ16
	alfa=	1		
	d=	230	mm	
	z=	207	mm	
	c=	330	mm	
	z0=	1035	mm	
	c0=	150	mm	
	h0=	825	mm	
	lambda=	1,59		
	lambda0=	0,80		
	Asmin=	284,51	mm ^q	Verifica armatura bordi frontali
	F1<	576,03	kN	Verifica cls superiore bordi frontali
	F2<	548,28	kN	Verifica cls inferiore bordi frontali
	Asmin=	178,46	mm ^q	Verifica armatura bordi laterali
	Avmin=	284,51	mm ^q	Verifica armatura pareti laterali
	F1<	2869,07	kN	Verifica cls pareti laterali
	plinto	A	B	a b
		2500	2500	600 500
	Pplinto=	5700	N	
	Psottoplinto=	46875	N	
	Ved=	592675	N	(sforzo normale)
	ρ=	0,0004		
	d=	550	mm	
	Pnetta=	0,094828	N/mm ^q	
	multipl.=	1		
	a=	550	mm	
	u1=	5654	mm	
	A1=	2459850	mm ^q	
	deltaVed=	233262,66	N	
	Ved,red=	359412,34	N	
	bx,y=	1760,00	mm	
	β=	1,52		
	ved=	0,18	N/mm ^q	<v _{rd,c}
	v _{rd,c} =	0,36	N/mm ^q	

La condizione dimensionante è quella statica con il vento +Y.

• Sottoplinti in opera

Anche in questo caso la verifica più gravosa è quella statica con vento +Y per i pilastri intermedi e statica con vento +X per il pilastro "falso" lato ovest. Entrambe le condizioni sono ampiamente verificate vista la $q_{lim,d}$ pari a 1.9N/mm².

PLINTO CENTRALE - (P4 vento +Y)							
SOLLECITAZIONI SUL SOTTOPLINTO							
pesi propri, carichi permanenti, sovraccarico acc. (neve) secondo combinazioni:							
- carichi sul bicchiere							
				Fx =	540,10	kN	
				Pannello =	0,00	kN	
				Fz =	50,00	kN	
				Mz =	137,60	kNm	
- carico alla base del plinto				N = Fx + Pannello + Pp =	614,20	kN	
	Pp =	57,00	kN	p. p. plinto tipo	1		
	a =	1,90	m	lunghezza plinto (longitudinale)			
	b =	2,10	m	larghezza plinto (trasversale)			
- momento ribaltante al piede del plinto							
				My + Fy*hp =	207,60	KNm	
	hp =	1,40	m	altezza plinto			
- eccentricità e carico sul sottoplinto							
	ep = Mr / Np =	0,34	m	sezione interamente reagente			
	carico per sezione interamente reagente						
	$\sigma_t \max = Np / (a*b) * (1 + 6ep / b) =$				0,30	N / mm ²	
	$\sigma_t \min = Np / (a*b) * (1 - 6ep / b) =$				0,01	N / mm ²	
	carico per sezione parzializzata						
	b' = 3*(b/2 - ep) =				2,14	m	largh sez reag
	$\sigma_p \max = 2 / 3 * Np / a / (b / 2 - ep) =$				0,27	N / mm ²	
SOLLECITAZIONI SUL TERRENO							
- carico alla base del sottoplinto							
				Nt = N + Ps	672,70	KN	
	Pp =	57,00	kN	p. p. plinto tipo	1		
	Ps = A*B*ho*gp =	45,00	kN	p. p. sottoplinto			
	A =	2,50	m	lunghezza sottoplinto (longitudinale)			
	B =	2,50	m	larghezza sottoplinto (trasversale)			
	ho =	0,30	m	altezza sottoplinto (considerando il riempimento)			
- momento ribaltante al piede del plinto							
				My + Fy*hp =	222,60	KNm	
	hp =	1,70	m	altezza plinto			
- eccentricità e carico sul terreno							
	e = Mr / Nt B =	0,33	m	sezione interamente reagente			
	$\sigma_t \max = Nt / B / (A*B) * (1 + 6e / B) =$				0,19	N / mm ²	
	$\sigma_t \min = Nt / B / (A*B) * (1 - 6e / B) =$				0,02	N / mm ²	
	$\sigma_{medio} = Nt / (A*B) =$				0,11	N / mm ²	



PLINTO PORTAPANNELLO (P8 vento +X)			
SOLLECITAZIONI SUL SOTTOPLINTO			
pesi propri, carichi permanenti, sovraccarico acc. (neve) secondo combinazioni:			
- carichi sul bicchiere			
		$F_x =$	40,63 kN
		Pannello(1.3*400*5*9.3)=	241,80 kN
		$F_z =$	10,00 kN
		$M_z =$	90,11 kNm
- carico alla base del plinto			
		$N = F_x + \text{Pannello} + P_p =$	356,53 kN
	$P_p =$	57,00 kN	p. p. plinto tipo 1
	$a =$	1,90 m	lunghezza plinto (longitudinale)
	$b =$	2,10 m	larghezza plinto (trasversale)
- momento ribaltante al piede del plinto			
		$M_y + F_y \cdot h_p =$	104,11 kNm
	$h_p =$	1,40 m	altezza plinto
- eccentricità e carico sul sottoplinto			
	$e_p = M_r / N_p =$	0,29 m	sezione interamente reagente
	carico per sezione interamente reagente		
	$\sigma_t \max = N_p / (a \cdot b) \cdot (1 + 6e_p / b) =$		0,16 N/mm ²
	$\sigma_t \min = N_p / (a \cdot b) \cdot (1 - 6e_p / b) =$		0,01 N/mm ²
	carico per sezione parzializzata		
	$b' = 3 \cdot (b / 2 - e_p) =$	2,27 m	largh sez reag
	$\sigma_p \max = 2 / 3 \cdot N_p / a / (b / 2 - e_p) =$	0,02 N/mm ²	
SOLLECITAZIONI SUL TERRENO			
- carico alla base del sottoplinto			
		$N_t = N + P_s =$	415,03 kN
	$P_p =$	57,00 kN	p. p. plinto tipo 1
	$P_s = A \cdot B \cdot h_o \cdot g_p =$	45,00 kN	p. p. sottoplinto
	$A =$	2,50 m	lunghezza sottoplinto (longitudinale)
	$B =$	2,50 m	larghezza sottoplinto (trasversale)
	$h_o =$	0,30 m	altezza sottoplinto (considerando il riempimento)
- momento ribaltante al piede del plinto			
		$M_y + F_y \cdot h_p =$	107,11 kNm
	$h_p =$	1,70 m	altezza plinto
- eccentricità e carico sul terreno			
	$e = M_r B / N_t B =$	0,26 m	sezione interamente reagente
	$\sigma_t \max = N_t B / (A \cdot B) \cdot (1 + 6e / B) =$		0,11 N/mm ²
	$\sigma_t \min = N_t B / (A \cdot B) \cdot (1 - 6e / B) =$		0,00 N/mm ²
	$\sigma_{\text{medio}} = (N_t / (A \cdot B)) =$		0,07 N/mm ²

• Sistema "arma-tubo" pilastro P9

La struttura in esame è stata calcolata come "struttura a telaio" con collegamenti a cerniera tra travi e pilastri (C7.4.5.1); si applicheranno in questo caso collegamenti tipo *a* di cui al 7.4.5.2.1 delle NTC mentre il vincolo di base dei pilastri deve realizzare un incastro totale con la fondazione dimensionato con le regole relative ai collegamenti tipo *b* di cui al 7.4.5.2.1 delle NTC.

Per la verifica dell'ancoraggio del sistema arma-tubo si applicherà la gerarchia delle resistenze amplificando per il fattore $\gamma_{Rd}=1.2$ per strutture CD "B"; si trascura il caso statico in cui le sollecitazioni sono tutte minori e più favorevoli.

l'ancoraggio delle barre nella malta di sigillatura con il criterio della gerarchia delle resistenze (GdR).

$$l_b \text{ u } f_{bd,m} \geq \gamma_{Rd} A_s f_{td}$$

l_b lunghezza di ancoraggio delle barre nella malta

$u = \pi \phi$ perimetro della barra

$f_{bd,m} = 2.25 f_{ctd,m} = 2.25 f_{ctk0.05,m} / \gamma_c$ tensione di aderenza barra/malta

$\gamma_{Rd} = 1,20$ in CD "B"

$\gamma_{Rd} = 1,35$ in CD "A"

$A_s = \pi \phi^2 / 4$ area della barra

$f_{td} = f_{tk} / \gamma_s$ tensione di rottura della barra

Per l'ancoraggio di barre di diametro $\phi > 32$ mm e di barre in gruppo si rimanda all'Eurocodice 2 (cap. 8.4.2 e 8.9)

$l_b = 900$ mm

Barre $\phi 20$ - $u = 62.83$ mm; $A_s = 314$ mm²

$f_{bd,m} = 2.25 * 2.03 = 4.56$ MPa (l'EMACO è equivalente ad un cls C60/75)

$f_{td} = 540 / 1.15 = 469$ MPa

$900 * 62.83 * 4.56 = 254.4$ kN > $1.2 * 314 * 469 = 176.7$ kN

l'ancoraggio delle guaine metalliche zigrinate nel calcestruzzo della fondazione con GdR.

$$l_{bg} u_g f_{bd,f} \geq \gamma_{Rd} A_s f_{td}$$



l_{bg} lunghezza di ancoraggio delle guaine nel cls fondazione

$u_g = \pi \phi_g$ perimetro della guaina

$f_{bd,f} = 2.25 f_{ctd,f} = 2.25 f_{ctk0.05,f} / \gamma_c$ tensione di aderenza guaina/cls fondazione

$\gamma_{Rd} = 1,20$ in CD"B" $\gamma_{Rd} = 1,35$ in CD"A"

$A_s = \pi \phi^2 / 4$ area della barra

$f_{td} = f_{tk} / \gamma_s$ tensione di rottura della barra

$l_b = 900 \text{ mm}$

$u = \pi * 79 \text{ mm} = 247 \text{ mm}$; $A_s = 616 \text{ mm}^2$

$f_{bd,m} = 2.25 * 1.20 = 2.70 \text{ MPa}$ (fondazione C25/30)

$f_{td} = 540 / 1.15 = 469 \text{ MPa}$

$900 * 247 * 2.7 = 600 \text{ kN} > 176.7 \text{ kN}$

❖ **Simbologie adottate da MasterSap per le Verifiche seguenti**

– Verifiche di opere in cemento armato con il metodo degli stati limite

▪ Travi, Pilastri, Setti e Travi di fondazione

Fra le informazioni di testa per le travi è anche segnalata la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z . Vengono riportate, in ordine:

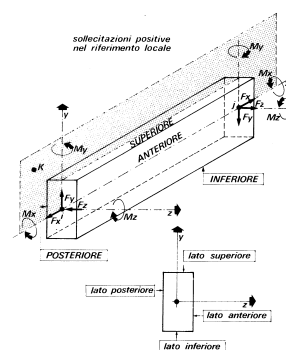
- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x, F_y, F_z (F); M_x, M_y, M_z (F*m).

Per le travi e le fondazioni viene applicata la regola della traslazione. In particolare il momento flettente viene incrementato, dove richiesto, del prodotto di F_y (o F_z) con $0.9*d$, dove d è l'altezza utile corrispondente.

Per elementi trave di fondazione F_x, F_z, M_y sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono (vedi figura):

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z ;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y .



Compaiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:

- in sequenza, armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore (cm^2); si noti che tali armature sono quelle totali. La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti quattro i valori di armatura; per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;

- campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituito dal rapporto x/d ;
- indice di resistenza a presso-tensoflessione (F_x , M_y , M_z): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;
- indice di resistenza a taglio/torsione (F_y , F_z , M_x) o indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle) per NTC 2008: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- Indice di resistenza a taglio/torsione (V , M_x): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale.
- Indice di resistenza a scorrimento: compare solo nel caso di setti calcolati con l'Ordinanza 3431 e NTC 2008 e riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.2.2 delle NTC/2008) e la sollecitazione di taglio.
- $aswta$, $aswto$: in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;
- passo staffe: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da $aswta$ e $aswto$ e dall'applicazione dei minimi di normativa.
- per i pilastri, nel caso NTC 2008, nelle colonne αM_y e αM_z vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni M_y ed M_z derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.

Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni. Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili

o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo --);

- o xM_{max} ; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- o M_{max} ; valore del momento massimo positivo;
- o A_{inf} , D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;
- o A_{sup} , D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;
- o il rapporto x/d e l'indice di resistenza a flessione.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente M_z , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.

- o Apertura delle fessure w (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente M_z all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per M_z negativo, inferiormente per M_z positivo.

La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.

Per i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). La sezione viene trattata a presso-tensoflessione, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [] nei tabulati per memoria.

Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.

Vengono indicate:

- o asta: numero dell'asta oggetto di verifica;
- o ascissa x (cm): ascissa dell'asta;
- o taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;
- o carico limite di punzonamento;
- o coefficiente di sicurezza al punzonamento;

- armatura piegati a punzonamento (cm^2), eventuale.

Considerazioni per l'analisi dinamica.

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per inviluppo, a seconda della modalità scelta. Si possono generare diverse combinazioni risultanti (sovrapposizione degli effetti statici e degli effetti dinamici) indicate nei tabulati con delle lettere.

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

- Risultati gerarchia delle resistenze (NTC 2008)

La **stampa del taglio sismico** esegue la stampa dei risultati della specifica verifica a taglio prevista per travi e pilastri al fine del rispetto della gerarchia flessione/taglio prescritto al punto § 7.4.4.1 e 7.4.4.2 delle NTC/2008. Tale verifica, che dipende dalle armature effettivamente poste in opera, viene effettuata all'atto della creazione del disegno o di una sua modifica.

Tale stampa riporta:

- il taglio F_y/F_z riferito agli schemi aggiuntivi calcolati ed il loro inviluppo;
- l'armatura inferiore e superiore effettivamente disegnata ed individuata nel disegno al netto della lunghezza di ancoraggio;
- l'indice di resistenza a taglio: rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- as_{wt} : in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante dall'effetto del taglio qui calcolato;
- passo: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da As_{wt} qui calcolata;
- $M_{r.inf}$ e $M_{r.sup}$: rappresentano i momenti resistenti calcolati sulla base dell'armatura inferiore e superiore utilizzati nel calcolo del taglio negli schemi previsti. $M_{r.inf}$ rappresenta il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è l'inferiore, $M_{r.sup}$ è il momento resistente della sezione quando l'armatura tesa è la superiore.

viene calcolata la sezione delle barre piegate per ognuna delle due direzioni ortogonali.

3. RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI E LORO MODALITÀ DI POSA IN OPERA.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati in questa opera sono:

Calcestruzzo per plinti prefabbricati di fondazione $R_{ck} > 40$ MPa (C32/40)

Calcestruzzo per sottoplinti e fondazioni in opera di fondazione $R_{ck} > 30$ MPa (C25/30)

Calcestruzzo per strutture prefabbricate in elevazione di classe $R_{ck} > 40$ MPa (C32/40)

Acciaio per c.a. B450C-B450A

3.2. VALORI DI CALCOLO

Vedere documento allegato CAP 3.03

3.3. RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

4. ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

4.1. ELABORATI GRAFICI GENERALI

Vedere Disegni allegati

4.2. PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Vedere Disegni allegati

5. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Vedere documento allegato CAP 3.04

6. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE

6.1. RELAZIONE GEOLOGICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Vedere Documento allegato

6.2. RELAZIONE GEOTECNICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

Vedere Documento allegato CAP 3.02

6.3. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE ALLA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE"

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Esse costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate ☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE: 8,47623 LATITUDINE: 45,12372

REGIONE: Piemonte PROVINCIA: Alessandria COMUNE: Casale Monferrato

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 50 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : 1 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 50 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE

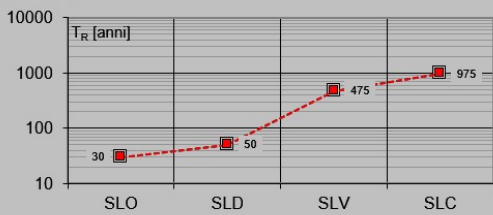
- SLO - $P_{VR} = 81\%$: 30
- SLD - $P_{VR} = 63\%$: 50

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$: 475
- SLC - $P_{VR} = 5\%$: 975

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,016	2,527	0,162
SLD	50	0,020	2,512	0,176
SLV	475	0,040	2,667	0,286
SLC	975	0,048	2,716	0,303

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo **C** info $S_S = 1,500$ $C_C = 1,587$ info
Categoria topografica **T1** info $h/H = 1,000$ $S_T = 1,000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1,000$ info
☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_o **3,3** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale
Spettro di progetto Fattore q_v **1,5** $\eta = 0,667$ info

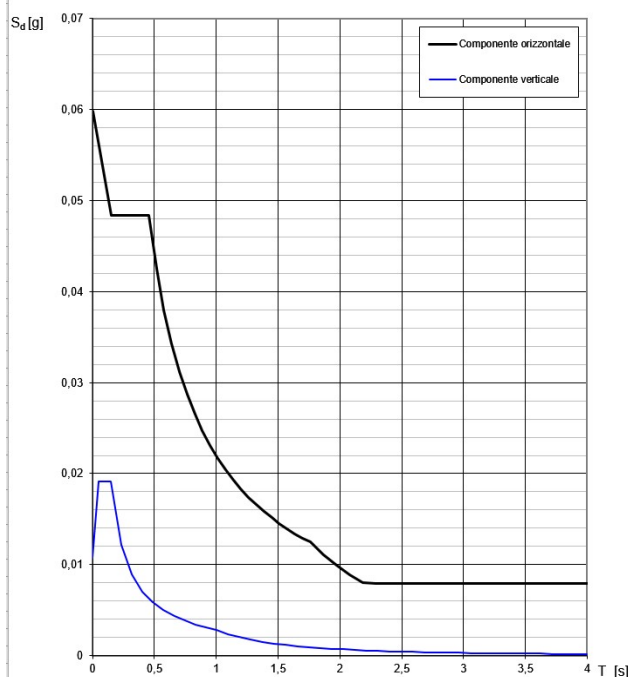
Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO **FASE 1** **FASE 2** **FASE 3**

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





Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,040 g
F_0	2,667
T_c	0,286 s
S_s	1,500
C_c	1,587
S_T	1,000
q	3,300

Parametri dipendenti

S	1,500
η	0,303
T_B	0,151 s
T_C	0,454 s
T_D	1,759 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$
$$\eta = \sqrt{10/(S+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$
$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$
$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$
$$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$
$$T_B \leq T < T_C \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$
$$T_C \leq T < T_D \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$
$$T_D \leq T \quad S_k(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_k(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0,000	0,060
0,151	0,048
0,454	0,048
0,516	0,043
0,578	0,038
0,640	0,034
0,703	0,031
0,765	0,029
0,827	0,027
0,889	0,025
0,951	0,023
1,013	0,022
1,076	0,020
1,138	0,019
1,200	0,018
1,262	0,017
1,324	0,017
1,386	0,016
1,449	0,015
1,511	0,015
1,573	0,014
1,635	0,013
1,697	0,013
1,759	0,012
1,866	0,011
1,973	0,010
2,080	0,009
2,186	0,008
2,293	0,008
2,400	0,008
2,506	0,008
2,613	0,008
2,720	0,008
2,826	0,008
2,933	0,008
3,040	0,008
3,146	0,008
3,253	0,008
3,360	0,008
3,467	0,008
3,573	0,008
3,680	0,008
3,787	0,008
3,893	0,008
4,000	0,008

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLD info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C info

Categoria topografica T1 info

$S_s = 1,500$ $C_c = 1,864$ info

$h/H = 1,000$ $S_T = 1,000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) 5 $\eta = 1,000$ info

☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_c 3,3 Regol. in altezza sì info

Compon. verticale

Spettro di progetto

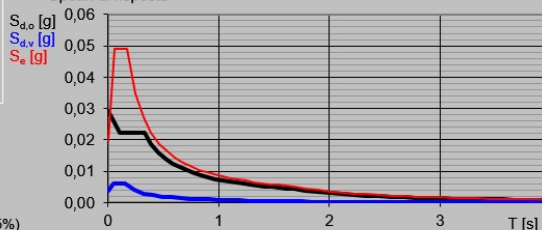
Fattore q 1,5 $\eta = 0,667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO

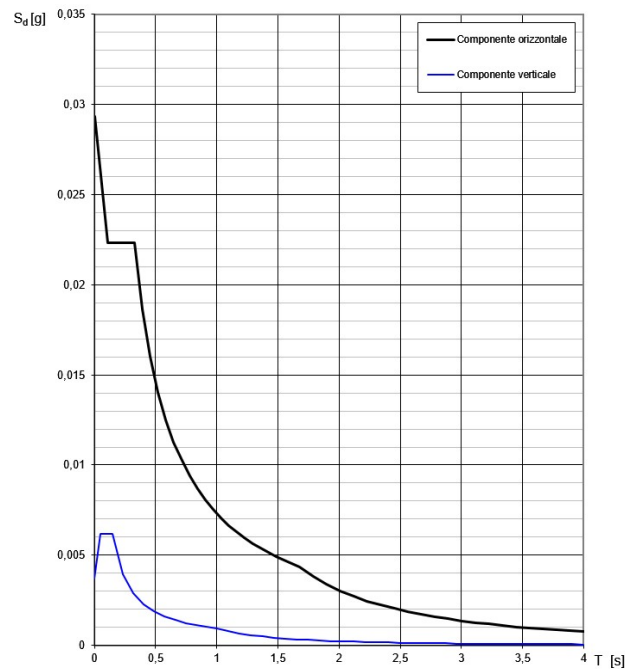
FASE 1

FASE 2

FASE 3



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_s	0,020 g
F_a	2,512
T_c	0,176 s
S_s	1,500
C_c	1,864
S_T	1,000
q	3,300

Parametri dipendenti

S	1,500
η	0,303
T_B	0,109 s
T_C	0,328 s
T_D	1,678 s

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0,000	0,029
0,109	0,022
0,328	0,022
0,392	0,019
0,456	0,018
0,521	0,014
0,585	0,013
0,649	0,011
0,713	0,010
0,778	0,009
0,842	0,009
0,906	0,008
0,971	0,008
1,035	0,007
1,099	0,007
1,164	0,006
1,228	0,006
1,292	0,006
1,357	0,005
1,421	0,005
1,485	0,005
1,550	0,005
1,614	0,005
1,678	0,004
1,789	0,004
1,899	0,003
2,010	0,003
2,120	0,003
2,231	0,002
2,342	0,002
2,452	0,002
2,563	0,002
2,673	0,002
2,784	0,002
2,894	0,001
3,005	0,001
3,115	0,001
3,226	0,001
3,337	0,001
3,447	0,001
3,558	0,001
3,668	0,001
3,779	0,001
3,889	0,001
4,000	0,001

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1 / q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)