



Oggetto:

**REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 996 kWp
SULLA COPERTURA DEFINITIVA DEI BACINI 9÷12
DELLA DISCARICA CONTROLLATA PER RIFIUTI NON
PERICOLOSI DI NOVELLARA**

Titolo:

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
STRUTTURA FOTOVOLTAICA AD INSEGUIMENTO
MONOASSIALE**

Tav. n°

Progettazione:

Studio Associato di Ingegneria Gasparini

Via E. Petrolini , 14 - 42122 Reggio Emilia

Tel.:0522-557508; Fax: 0522-557556

E-mail: ambiente@gaspariniassociati.it

ing. Stefano Teneggi

Timbro:

n°:

Revisione:

Data:

Data:

Novembre 2010

Scala:

Collaboratori: **ing. Iunior Daniela Morisi, ing. Sara Ganapini, ing. Michele Rosi**

INDICE DEGLI ELABORATI

1 – DOCUMENTI DI SINTESI	2
1.1 – Sintesi del percorso progettuale	2
1.2 – Condizioni d'uso della costruzione	2
2 – RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	5
2.1 – Premessa	5
2.3 – Descrizione generale dell'opera e criteri generali di progettazione, analisi e verifica	5
2.4 – Quadro normativo di riferimento adottato	5
2.4.1 – Norme di riferimento cogenti	5
2.4.2 – Altre norme e documenti tecnici integrativi	6
2.6 – Azioni di progetto delle costruzioni	6
2.7 – Modello/i numerico/i	7
2.7.1 – Metodologia di modellazione ed analisi	7
2.7.2 – informazioni sul codice di calcolo	7
2.7.3 – Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche	7
2.7.4 – Modellazione dei vincoli interni ed esterni	9
2.7.5 – Modellazione delle azioni	9
2.7.6 – Combinazioni e/o percorsi di carico	10
2.8 – Principali risultati	13
2.8.1 – Risultati dell'analisi modale	13
2.8.2 – Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico	14
2.8.3 – Involuppo delle sollecitazioni maggiormente significative	15
2.8.4 – Reazioni vincolari	16
2.8.5 – Altri risultati significativi	17
2.9 – Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	17
2.10 – Verifiche agli stati limiti ultimi	17
2.11 – Verifiche agli stati limite di esercizio	22
3 – RELAZIONE SUI MATERIALI	23
3.1 – Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera	23
3.2 – Valori di calcolo	23
4 – ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI	25
4.4 – Elaborati grafici generali	25
4.5 – Particolari costruttivi	25
5 – PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	26
6 – RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICI	27
6.1 – Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito	27
6.2 – Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno	27

1 – DOCUMENTI DI SINTESI

1.1 – Sintesi del percorso progettuale

Il presente progetto riguarda la realizzazione di nuovi manufatti da realizzare in serie per la realizzazione di nuovo impianto fotovoltaico; in particolare si tratta di manufatti posti in semplice appoggio sulla copertura definitiva della discarica per rifiuti non pericolosi di Novellara (RE).

Trattandosi di un manufatti posti in semplici appoggio e aventi quale unica vera forza sollecitante l'azione del vento, oltre alla verifica dei singoli elementi, si è proceduto anche a una verifica della stabilità della struttura fondale per meglio studiare fenomeni di cedimenti o scivolamenti sul piano di campagna.

La dimensione dei moduli è risultata fortemente legata alla quantità e dimensione dei pannelli che avrebbero dovuto ospitare.

In particolare trattasi di struttura a pannelli inclinati e asse centrale di rotazione per l'inseguimento solare.

1.2 – Condizioni d'uso e livelli di sicurezza della costruzione

Preso atto dell'intenzione di eseguire il dimensionamento strutturale in conformità a quanto previsto dalle nuove "Norme tecniche per le costruzioni", in accordo con la Committenza si è ritenuto opportuno definire le seguenti ipotesi di progetto:

- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale VN : 50 anni
- Classe d'uso: classe II (affollamenti normali)
- Classe di duttilità: classe B (edificio a bassa duttilità)
- Zona sismica: zona 3
- Sito di costruzione: LONG. 10.664159 - LAT. 44.834939
- Categoria del suolo di fondazione: C Vs=386m/s
- Fattore di struttura q: 3,3
- Periodo T_c^* 0.287
- Categoria topografica: T1 – (Superficie piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$)
- Coeff. amplificazione topografica St: 1.00

Si è optato per una vita nominale ordinaria in quanto si è deciso di prevedere una protezione degli elementi da eventi di straordinaria entità.

In relazione alle caratteristiche sismiche del terreno in cui sorgerà tale costruzione si riportano i seguenti i valori caratteristici restituiti dal file del Ministero "Spettri-NTCver.1.0.3.xls".

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

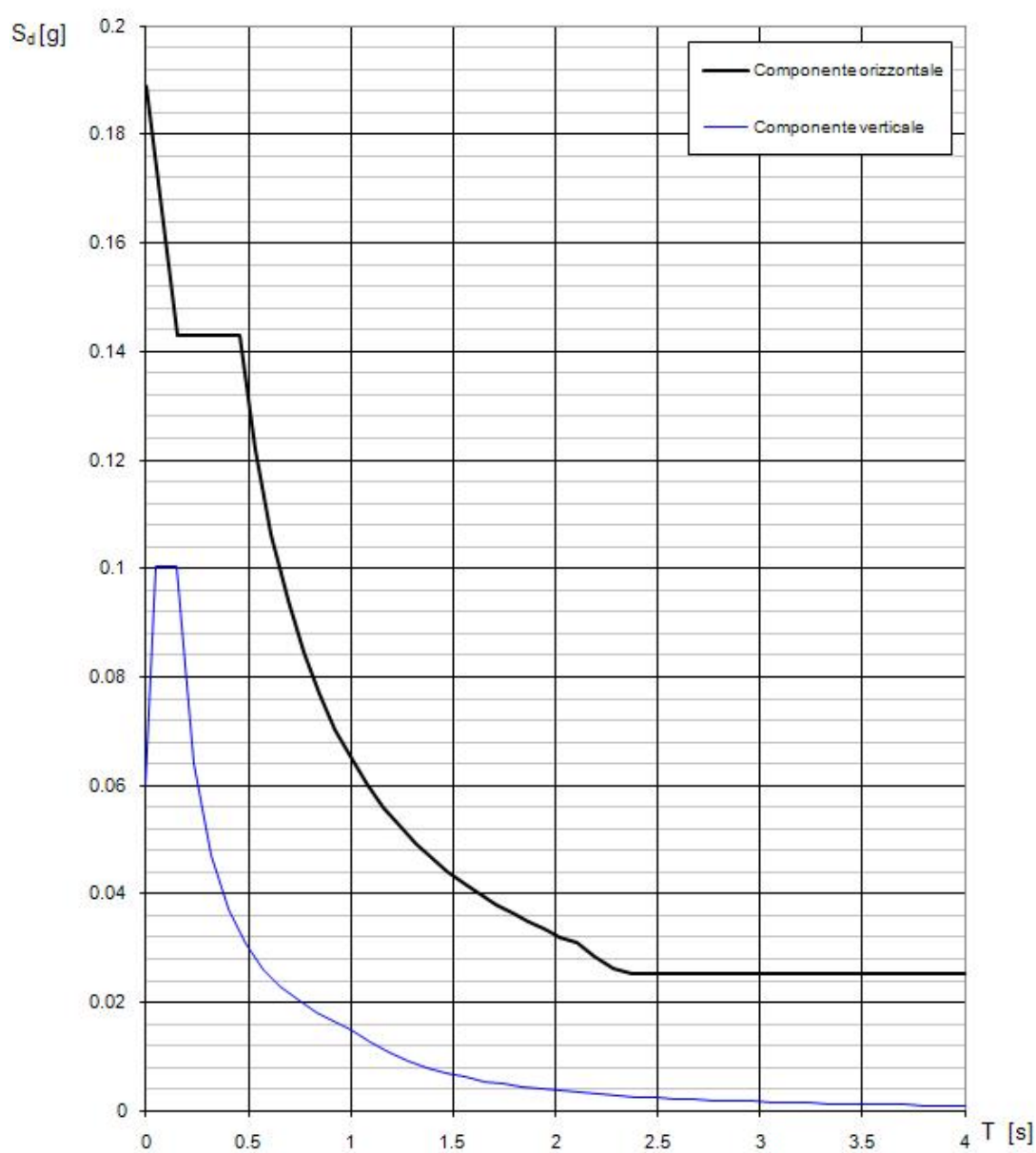
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.040	2.557	0.241
50	0.049	2.525	0.261
72	0.057	2.545	0.274
101	0.065	2.539	0.282
140	0.073	2.540	0.287
201	0.087	2.485	0.291
475	0.126	2.500	0.287
975	0.167	2.539	0.286
2475	0.235	2.493	0.292

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

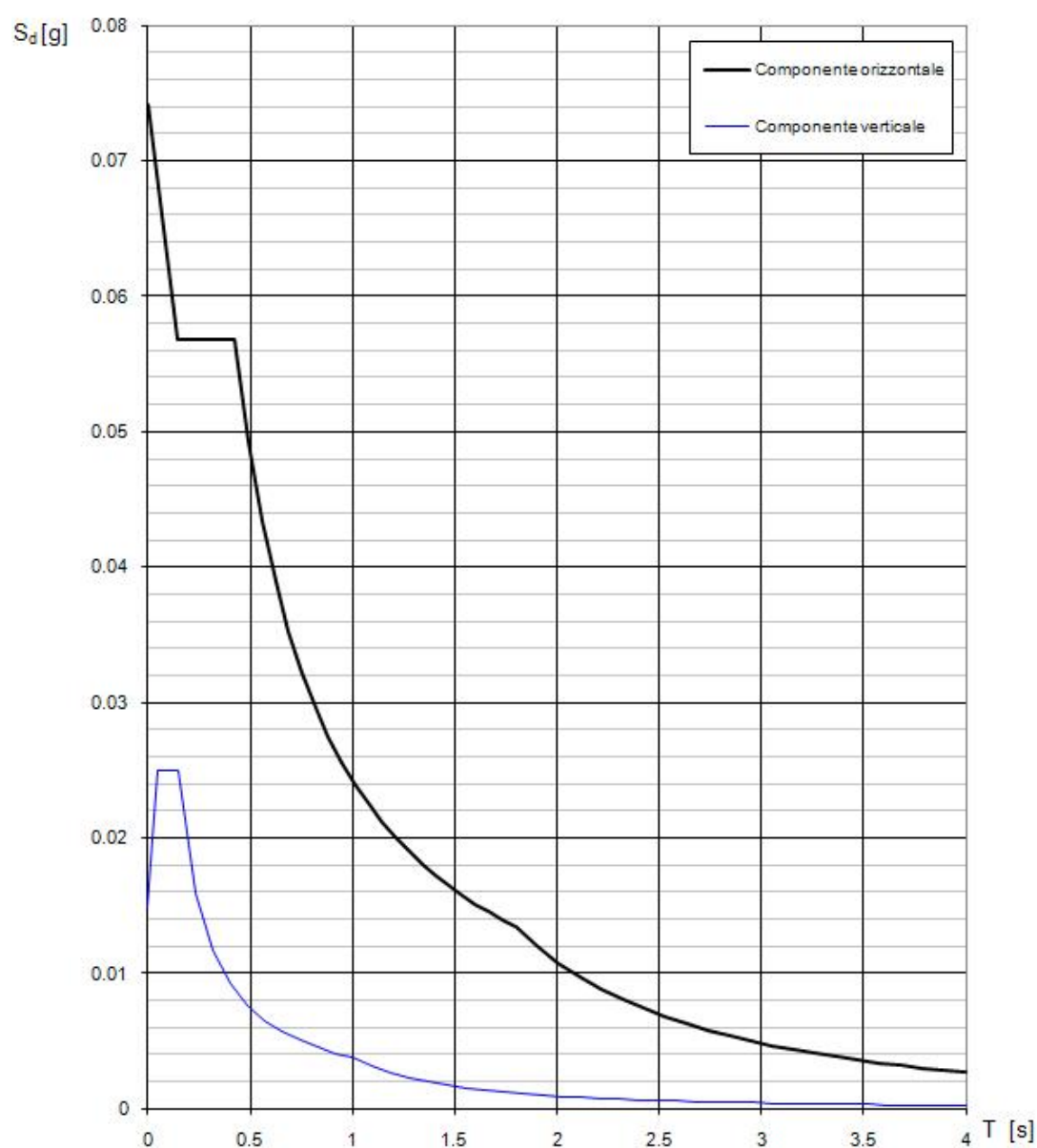
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.040	2.557	0.241
SLD	50	0.049	2.525	0.261
SLV	475	0.126	2.500	0.287
SLC	975	0.167	2.539	0.286

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



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



2 – RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

2.1 – Premessa

I manufatti oggetto di questa relazione consistono in un telaio metallico di piano per il fissaggio dei pannelli fotovoltaici e unico montante centrale con sistema di rotazione per l'inseguimento solare; il tutto saldamente ancorato a un elemento prefabbricato in c.a. di fondazione che ne evita il ribaltamento o lo scorrimento sul piano di appoggio, ovvero la copertura definitiva della discarica per rifiuti non pericolosi di Novellara(RE); tali nuovi oggetti risultano essere dei moduli da ripetere più volte per l'intero lotto di intervento.

2.3 – Descrizione generale dell'opera e criteri generali di progettazione, analisi e verifica

Il traliccio di piano per il sostegno dei pannelli fotovoltaici, risulta essere composta principalmente da tubolari rettangolari ortogonali assemblati tramite saldature e collegati direttamente alla testa del sistema di rotazione a inseguimento; la parte inferiore del montante centrale risulta essere stato progettato come un tubolare circolare che funge da parte fissa del sistema a inseguimento solare e che risulta saldamente ancorato, tramite piastra di base con tirafondi, alla struttura di fondazione in c.a.

In particolare, la struttura di fondazione sarà realizzata a forma di vasca riempita in maniera solidale e totalmente realizzata in c.a., progettata in modo tale da aumentare la zavorra necessaria per evitare i fenomeni di scorrimento o ribaltamento che la presenza di importanti folate di vento potrebbero causare.

Infatti si è valutato che la condizione sollecitante più gravosa per questo tipo di manufatto, risulta essere quello della presenza di vento; infatti, la particolare conformazione dello stesso lo rende naturalmente soggetto ad effetti tipo vela.

Problematica accentuata dal fatto che la struttura fondale non può essere saldamente solidarizzata al terreno sottostante in quanto trattasi di discarica per rifiuti non pericolosi, e il deterioramento dello strato di copertura risulterebbe pericolo in quanto porterebbe alla fuoriuscita di rifiuti nell'ambiente circostante.

2.4 – Quadro normativo di riferimento

2.4.1 – Norme di riferimento cogenti

- **Legge n. 64 del 2/2/1974**

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

- **Legge n. 1086 del 5/11/1971**

“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

- **DM del 14/02/92**

“Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.

- **Bollettino Ufficiale C.N.R.-U.N.I. 10011 / 1988**

“Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.

- **Bollettino Ufficiale C.N.R.-U.N.I. 10022 / 1984**

“Profilati in acciaio formati a freddo: Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni”.

- **DM Min. LL. PP. 20 Novembre 1987**

“Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”

- **CNR UNI 10033-74** *Sistemi di unità di misura.*

- **CNR UNI 10024-86**

Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

- **Circolare n. 21745 del 30/7/1981 - Legge n. 219 del 14/5/1981 - Art. 10 –**

Istruzioni relative al rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma.

- **Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Legge Regionale n. 30 del 20/6/1977 -**

Documentazione tecnica per la progettazione e direzione delle opere di riparazione degli edifici - Documento Tecnico n. 2 - Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura.

- **Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.**

- **D.M. del 14/1/2008 - Norme tecniche per le costruzioni.**

- **Circ. Min. LL. PP. 02 febbraio 2009 n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.**

2.4.2 – Altre norme e documenti tecnici integrativi

- **L.R. Emilia Romagna n.304 del 30/10/2008**

“Norme per la riduzione del rischio sismico”.

- **Circolare illustrativa ER N.PG/10/114855 del 24/04/2010**

“Disciplina delle varianti in corso d'opera ai fini della riduzione del rischio sismico”.

- **D.G.R. Emilia Romagna n.1661 del 02/11/2009**

“Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso”.

- **D.G.R. Emilia Romagna n.121 del 01/02/2010**

“Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3, della L.R. n. 19 del 2008”.

- **Atto di indirizzo della Regione Emilia Romagna del 26/07/2010**

“Individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture”.

2.6 – Azioni di progetto sulla costruzione

In relazione a quanto in progetto, si sono andate a definire le azioni sollecitanti agenti sul manufatto in relazione a quanto riportato nelle NTC-08.

In particolare si individuano, oltre ai pesi propri e ai pesi portati, due differenti tipologie di carichi accidentali.

Trattandosi di manufatti adibiti al solo scopo di ospitare componenti impiantistiche, essi saranno soggetti alle sole azioni derivanti dagli agenti esterni tipici di tutte le aree, vento e neve.

I due carichi di tipo accidentale individuato risultano essere quindi nello specifico:

- Neve – l'esposizione agli agenti atmosferici esterni comporta una possibile formazione di accumuli di neve sopra i pannelli – 1,20kN/mq
- Vento – l'esposizione agli agenti atmosferici esterni comporta una possibile sollecitazione laterale dovuta alla forte resistenza che la morfologia dei manufatti crea in condizioni di vento – 0,87kN/mq

2.7 – Modello/i numerico/i

Di seguito si riportano tutti i parametri necessari per la riproducibilità del modello di calcolo utilizzato per la redazione di questo progetto.

2.7.1 – Metodologia di modellazione ed analisi

Vista la tipologia di fabbricato in oggetto, si è scelto di procedere con analisi di tipo dinamica modale lineare in quanto non contemplandosi la mai la presenza contemporanea di sisma, neve e vento, si riesce a studiare facilmente l'intera struttura per tutti i possibili stati di sollecitazione.

Infatti la realizzazione non comporta particolari problemi o esigenze tali da considerare differenti fasi o tipologie di sollecitazioni in cui il manufatto stesso potrebbe trovarsi durante la propria vita utile.

Relativamente alle analisi sismiche, si è valutato che non sussistevano le caratteristiche per procedere con analisi non lineari, quindi si è proceduto con una analisi dinamica modale e combinazione degli effetti per sismi ortogonali; non si è considerato alcun tipo di spostamento accidentale dell'applicazione delle forze rispetto al piano di riferimento, in quanto la particolare tipologia del manufatto non comporta alcun tipo di impalcato e di conseguenza nessun tipo di possibile sfasamento accidentale della distribuzione dei carichi accidentali.

Essendo che si sta progettando un impianto ad inseguimento solare, si è deciso di realizzare una base fondale quadrata e valutare la struttura sovrastante come se subisse l'azione del vento ortogonalmente al piano dei pannelli; ovvero la condizione più sfavorevole.

2.7.2 – Informazioni su codice di calcolo

Il codice di calcolo agli elementi finiti utilizzato è il programma CMP 24,00 (002) e post processore Xfinest 8,2.

La validità di tale programma e il relativo post-procesore risulta dimostrata attraverso la documentazione fornita ai singoli possessori di licenze, dalle stesse ditte produttrici all'interno di tale documentazione, che qui non si riporta per non aumentare il livello di complessità della relazione, si riscontrano tutti i casi studio che forniscono un'adeguata affidabilità dei risultati forniti dagli stessi.

2.7.3 – Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche

Di seguito si riportano tutti i dati relativi alla riproducibilità del modello agli elementi finiti calcolato.

Coordinate nodali

Nodo	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Vincoli	n.Master	Piano	Fase
1	0.00000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 1			
2	0.00000	0.00000	125.000				
3	330.000	0.00000	125.000				
4	330.000	0.00000	125.000				
5	-330.00	0.00000	125.000				
6	165.000	0.00000	125.000				
7	-165.00	0.00000	125.000				
8	0.00000	76.0000	81.0000				
9	330.000	76.0000	81.0000				
10	-330.00	76.0000	81.0000				
11	165.000	76.0000	81.0000				
12	-165.00	76.0000	81.0000				
13	0.00000	-76.000	169.000				

14	330.000	-76.000	169.000
15	-330.000	-76.000	169.000
16	165.000	-76.000	169.000
17	-165.000	-76.000	169.000

Estremi e dati degli elementi

Elementi tipo Beam

Beam	N1	N2	Direzione asse 2 (n1 n2)	Ang (°)	
1	1	2	Asse +X 0	0	Sez.: Tubolare [Ø19 s0.45 cm]
2	15	5	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
3	5	10	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
4	17	7	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
5	7	12	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
6	13	2	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
7	2	8	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
8	16	6	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
9	6	11	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
10	14	3	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
11	3	9	Asse -X 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
12	15	17	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
13	17	13	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
14	13	16	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
15	16	14	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
16	5	7	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
17	7	2	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
18	2	6	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
19	6	3	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
20	10	12	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
21	12	8	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
22	8	11	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]
23	11	9	Asse +Y 0	0	Sez.: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]

Caratteristiche geometriche elementi strutturali

	A (cm ²)	I ₂₂ * (cm ⁴)	I ₃₃ * (cm ⁴)	I ₂₃ * (cm ⁴)	I ₄₄ (cm ⁴)	I ₅₅ (cm ⁴)	θ (°)	i ₂₂ * (cm)
	i ₃₃ * (cm)	i ₄₄ (cm)	i ₅₅ (cm)	J _T (cm ⁴)	AT2 (cm ²)	AT3 (cm ²)	qp (KN/m)	
Nome Sezione: Tubolare [Ø19 s0.45 cm]								
	26.7475184	1197.517848	1197.517782	0.000000000	1197.517782	1197.517848	90.00000000	6.691126643
	6.691126460	6.691126460	6.691126643	2395.028981	0.000000000	0.000000000	0.2099680	
Nome Sezione: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm]								
	15.3600000	236.3392000	236.3392000	0.000000000	236.3392000	236.3392000	0.000000000	3.922584182
	3.922584182	3.922584182	3.922584182	431.0310147	0.000000000	0.000000000	0.1205760	

Sezione: Tubolare [Ø19 s0.45 cm] - Sezione Base

Poligonale n°1

Caratteristiche poligonale: chiusa, strutturale, piena

Coefficiente di Omog.: 1

Materiale Poligonale: S 275

Poligonale n°2

Caratteristiche poligonale: chiusa, strutturale, vuota

Coefficiente di Omog.: 1

Materiale Poligonale: S 275

Sezione: tubolare [10x10 cm s=0.4 cm] - Sezione Base

Poligonale n°1

Caratteristiche poligonale: chiusa, strutturale, piena

Coefficiente di Omog.: 1

Materiale Poligonale: S 275

Poligonale n°2
 Caratteristiche poligonale: chiusa, strutturale, vuota
 Coefficiente di Omog.: 1
 Materiale Poligonale: S 275

2.7.4 – Modellazione dei vincoli interni ed esterni

Relativamente ai vincolamenti interni ed esterni adottati per il calcolo della struttura, vista la particolare conformazione della stessa, si è considerato un unico vincolo alla base del montante verticale facente funzione da incastro.

In relazione ai valori delle reazioni vincolari, sarà eseguita un'analisi della struttura di fondazione autonoma e mirata alla valutazione, oltre che della portanza, anche del coefficiente di slittamento e ribaltamento.

2.7.5 – Modellazioni delle azioni

I carichi vengono descritti da una o più successioni di punti notevoli, tra i quali viene effettuata una interpolazione lineare.

Beam = Numero dell'Elemento Beam
 CdC = Condizione di Carico Elementare a cui appartiene il Carico
 Dist = distanza dal primo nodo Beam del punto di definizione carico
 Tipo = Può assumere i seguenti valori:
 -Inizio indica l'inizio della serie di punti
 -Fine indica la fine della serie di punti
 Per punti intermedi non viene data nessuna indicazione

qX = valore del carico distribuito in direzione globale X
 qY = valore del carico distribuito in direzione globale Y
 qZ = valore del carico distribuito in direzione globale Z

Beam	Tipo	Dist (m)	qX (KN/m)	qY (KN/m)	qZ (KN/m)
12	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
13	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
14	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
15	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
16	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.43909
	Fine	1.65	0.	0.	-0.43909
17	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.43909
	Fine	1.65	0.	0.	-0.43909
18	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.43909
	Fine	1.65	0.	0.	-0.43909
19	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.43909
	Fine	1.65	0.	0.	-0.43909
20	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
21	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
22	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954
	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
23	CdC n° 1				
	Inizio	0	0.	0.	-0.21954

	Fine	1.65	0.	0.	-0.21954
12	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
13	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
14	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
15	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
16	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.382800	0.
	Fine	1.65	0.	0.382800	0.
17	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.382800	0.
	Fine	1.65	0.	0.382800	0.
18	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.382800	0.
	Fine	1.65	0.	0.382800	0.
19	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.382800	0.
	Fine	1.65	0.	0.382800	0.
20	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
21	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
22	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.
23	CdC n° 3				
	Inizio	0	0.	0.191400	0.
	Fine	1.65	0.	0.191400	0.

2.7.6 – Combinazioni e/o percorsi di carico

Per ciascuna Condizione di Carico di Inviluppo vengono riportate le reazioni vincolari inviluppate nei nodi vincolati

N = Numero del Nodo

CdC = Condizione di Carico di Inviluppo

Rx = Forza in direzione X

Ry = Forza in direzione Y

Rz = Forza in direzione Z

Mx = Momento attorno all'asse X

My = Momento attorno all'asse Y

Mz = Momento attorno all'asse Z

Tipologia delle condizioni di carico:

-Permanente: la CdC elementare è sempre presente nell'inviluppo.

-Variabile: le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate solo se la componente considerata (Rx, Ry, Rz, ...) è a sfavore, diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

-Variabile non Contemporanea: analoga alla Variabile ma vengono sommate le sollecitazioni della CdC più gravosa, per la componente in esame, fra tutte quelle che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp).

-Permanente non Contemporanea: analoga alle var. non contemporanea con la differenza che le sollecitazioni di almeno una CdC dello stesso gruppo vengono sommate indipendentemente se più o meno gravose per la componente in esame

-Variabile Contemporanea: le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate insieme a tutte quelle Variabili Contemporanee che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp) solo se applicandole tutte assieme vanno a sfavore diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

Sono di seguito elencati i risultati dei seguenti inviluppi:

- ~SL08 GEO
- ~SL08 SLE caratt.
- ~SL08 SLE freq.

- ~SL08 SLE q.perm.
- ~SL08 STR SLV

DESCRIZIONE INVILUPPO “~SL08 GEO”

Agisce su tutte le entità del modello.

Condizioni di inviluppo automatiche

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
Inviluppo	~SL08 GEO_1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Inviluppo	~SL08 GEO_2	Perm.non Contemp.	1	1	1
Inviluppo	~SL08 SLU Sism. Orizz._1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Inviluppo	~SL08 SLU Sism. Orizz._2	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli inviluppi contenuti nell’inviluppo “~SL08 GEO”

Descrizione inviluppo “~SL08 GEO_1”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		1.3	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0.78	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0.78	0

Descrizione inviluppo “~SL08 GEO_2”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0.65	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	1.3	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	1.3	0

Descrizione inviluppo “~SL08 SLU Sism. Orizz._1”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 5Dy	Sisma SLV X Dx	Var.non Contemp.	2	1	-1
CdC elem. 6Dy	Sisma SLV X Sx	Var.non Contemp.	2	1	-1
CdC elem. 7Dy	Sisma SLV Y Dx	Var.non Contemp.	3	0.3	-0.3
CdC elem. 8Dy	Sisma SLV Y Sx	Var.non Contemp.	3	0.3	-0.3

Descrizione inviluppo “~SL08 SLU Sism. Orizz._2”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 5Dy	Sisma SLV X Dx	Var.non Contemp.	2	0.3	-0.3
CdC elem. 6Dy	Sisma SLV X Sx	Var.non Contemp.	2	0.3	-0.3
CdC elem. 7Dy	Sisma SLV Y Dx	Var.non Contemp.	3	1	-1
CdC elem. 8Dy	Sisma SLV Y Sx	Var.non Contemp.	3	1	-1

DESCRIZIONE INVILUPPO “~SL08 SLE CARATT.”

Agisce su tutte le entità del modello.

Condizioni di inviluppo automatiche

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
Inviluppo	~SL08 SLE caratt._1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Inviluppo	~SL08 SLE caratt._2	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli inviluppi contenuti nell’inviluppo “~SL08 SLE caratt.”

Descrizione inviluppo “~SL08 SLE caratt._1”:

n°CdC o Inviluppo	Nome CdC o Inviluppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		1	1
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0.6	0.6

CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0.6	0.6
---------------	----------	------------------	---	-----	-----

Descrizione involuppo “~SL08 SLE caratt._2”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0.5	0.5
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	1	1
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	1	1

DESCRIZIONE INVILUPPO “~SL08 SLE FREQ.”

Agisce su tutte le entità del modello.
Condizioni di involuppo automatiche

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
Involuppo	~SL08 SLE freq._1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Involuppo	~SL08 SLE freq._2	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli involuppi contenuti nell’involuppo “~SL08 SLE freq.”

Descrizione involuppo “~SL08 SLE freq._1”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0.2	0.2
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0	0

Descrizione involuppo “~SL08 SLE freq._2”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0.2	0.2
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0.2	0.2

DESCRIZIONE INVILUPPO “~SL08 SLE Q.PERM.”

Agisce su tutte le entità del modello.
Condizioni di involuppo automatiche

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0	0

DESCRIZIONE INVILUPPO “~SL08 STR SLV”

Agisce su tutte le entità del modello.
Condizioni di involuppo automatiche

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
Involuppo	~SL08 STR SLV_1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Involuppo	~SL08 STR SLV_2	Perm.non Contemp.	1	1	1
Involuppo	~SL08 SLU Sism. Orizz._1	Perm.non Contemp.	1	1	1
Involuppo	~SL08 SLU Sism. Orizz._2	Perm.non Contemp.	1	1	1

Descrizione degli involuppi contenuti nell’involuppo “~SL08 STR SLV”

Descrizione involuppo “~SL08 STR SLV_1”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1.3	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		1.5	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	0.9	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	0.9	0

Descrizione involucro “~SL08 STR SLV_2”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1.3	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0.75	0
CdC elem. 3St	Vento +y	Var.non Contemp.	1	1.5	0
CdC elem. 4St	Vento -y	Var.non Contemp.	1	1.5	0

Descrizione involucro “~SL08 SLU Sism. Orizz._1”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 5Dy	Sisma SLV X Dx	Var.non Contemp.	2	1	-1
CdC elem. 6Dy	Sisma SLV X Sx	Var.non Contemp.	2	1	-1
CdC elem. 7Dy	Sisma SLV Y Dx	Var.non Contemp.	3	0.3	-0.3
CdC elem. 8Dy	Sisma SLV Y Sx	Var.non Contemp.	3	0.3	-0.3

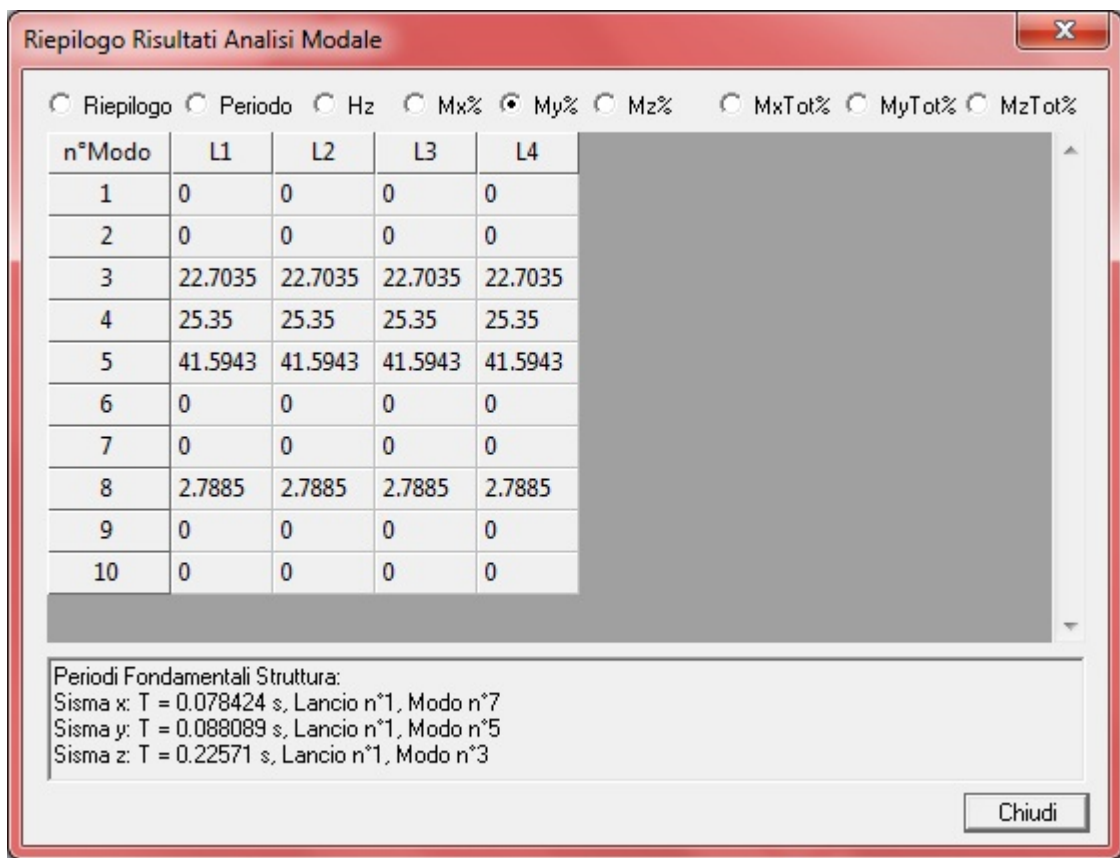
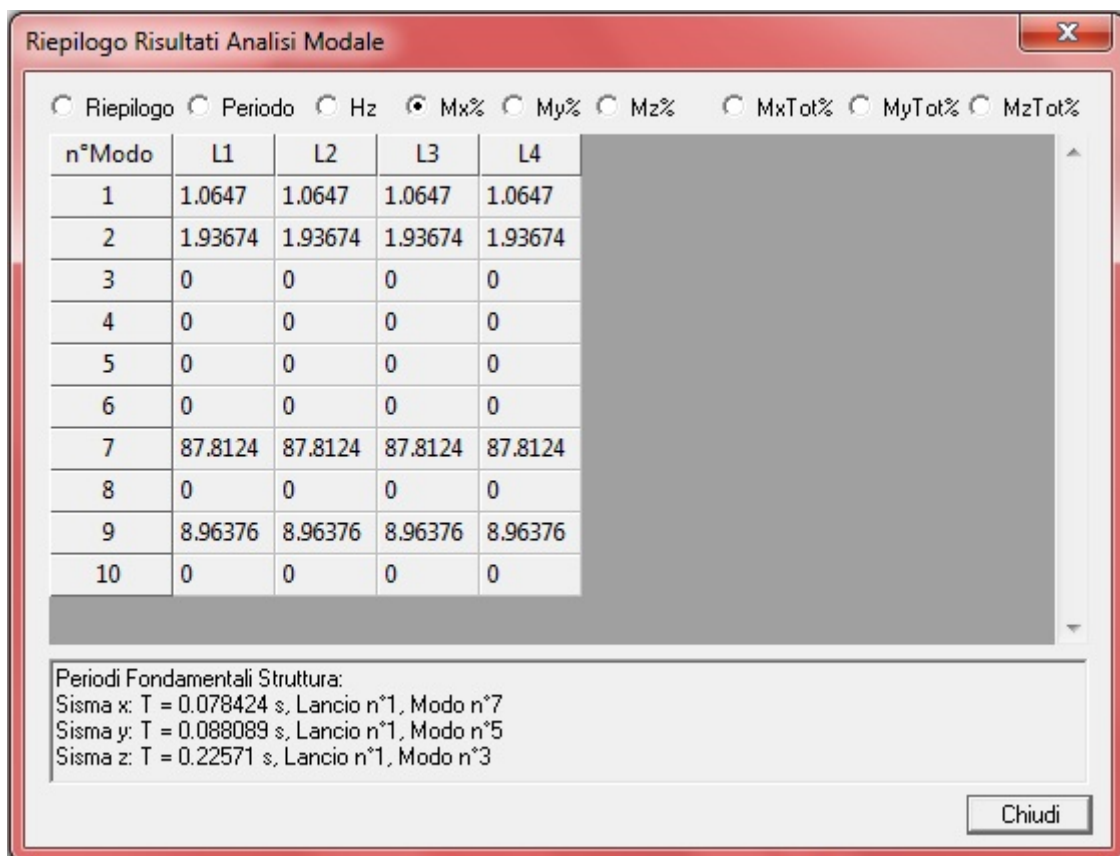
Descrizione involucro “~SL08 SLU Sism. Orizz._2”:

n°CdC o Involuppo	Nome CdC o Involuppo	Tipologia	Gruppo	Molt.Max	Molt.Min
CdC elem. 1St	permanente	Permanente		1	1
CdC elem. 2St	neve	Variabile		0	0
CdC elem. 5Dy	Sisma SLV X Dx	Var.non Contemp.	2	0.3	-0.3
CdC elem. 6Dy	Sisma SLV X Sx	Var.non Contemp.	2	0.3	-0.3
CdC elem. 7Dy	Sisma SLV Y Dx	Var.non Contemp.	3	1	-1
CdC elem. 8Dy	Sisma SLV Y Sx	Var.non Contemp.	3	1	-1

2.8 – Principali risultati

2.8.1 – Risultati dell'analisi modale

Di seguito vengono riportate i risultati dell'analisi modale eseguita e in particolare la percentuale di masse movimentate per ogni modo di vibrare considerato in ogni direzione principale

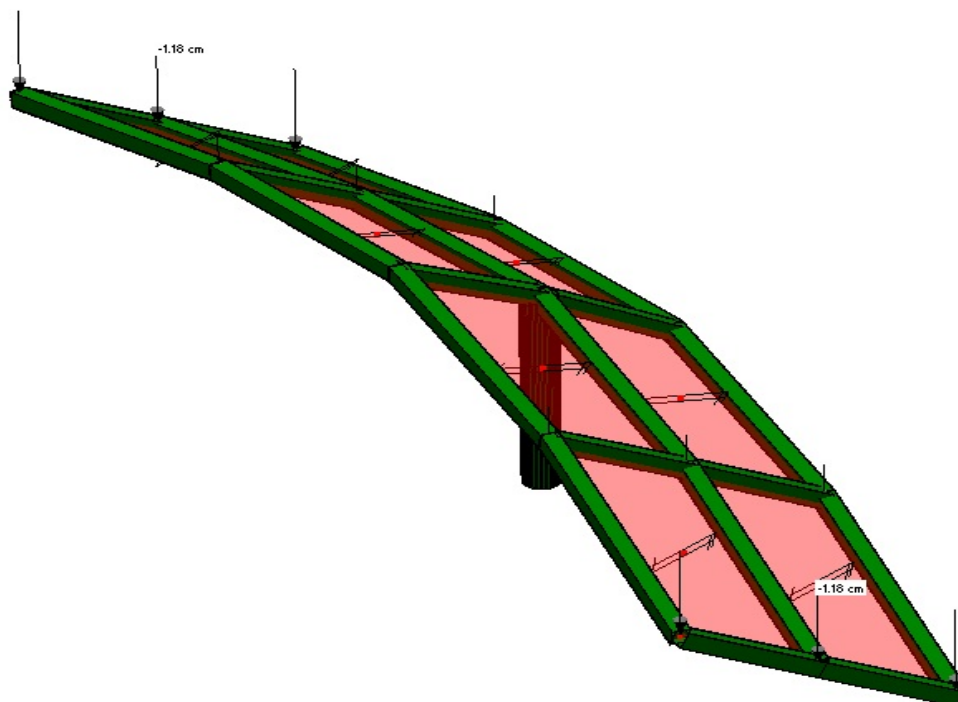


I modi di vibrare considerati consentono di rispettare tutte le prescrizioni di norma.

2.8.2 – Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico



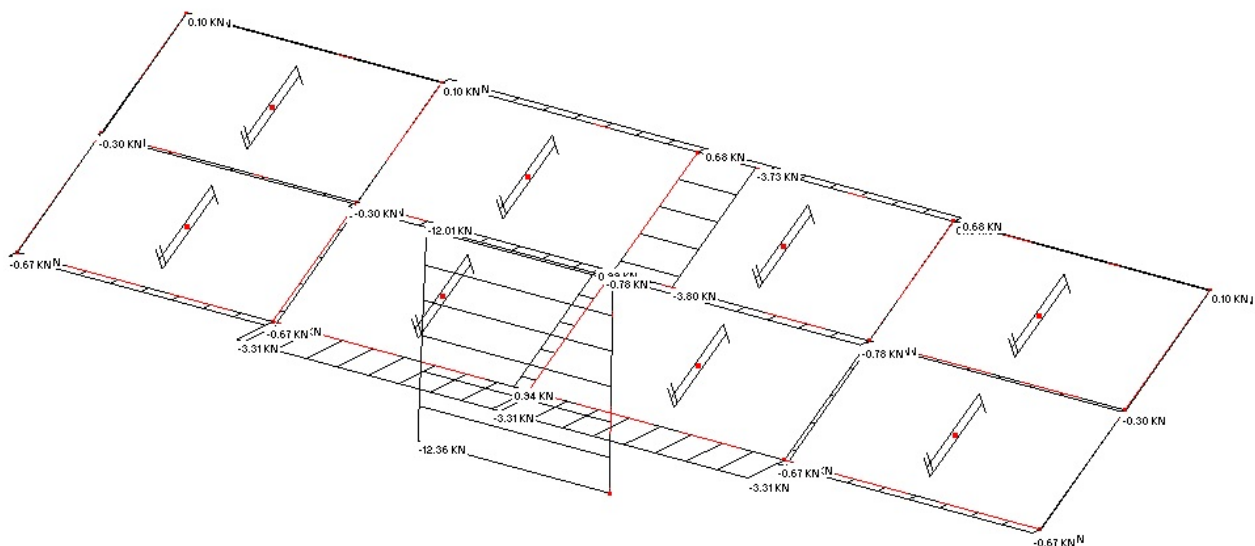
Vista della deformazione, amplificata, attesa sotto l'azione del vento posto in direzione -y



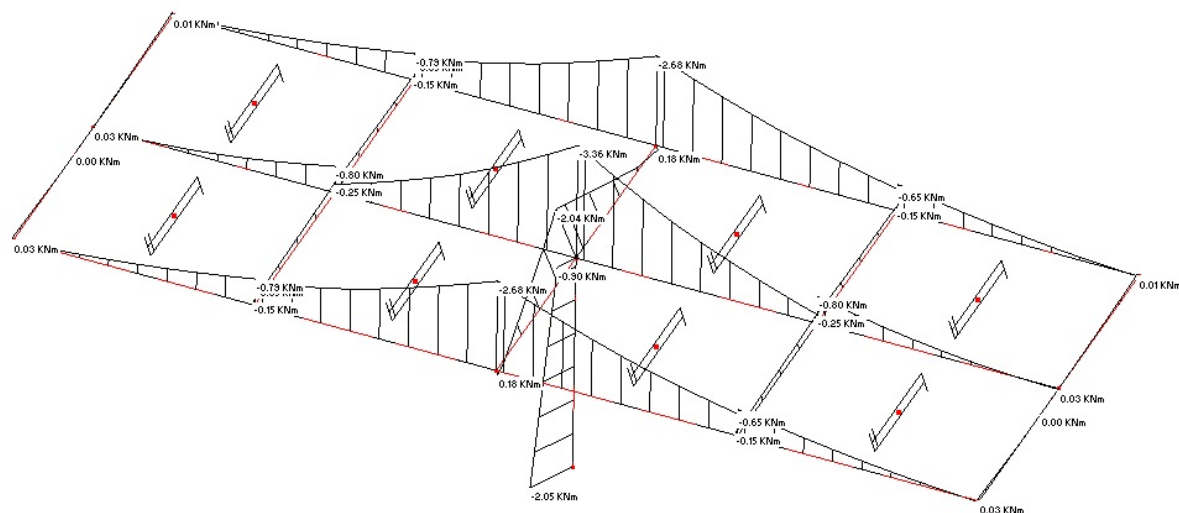
Vista della deformazione, amplificata, attesa sotto l'azione dei pesi propri e portati

Per semplicità si preferisce riportare una visualizzazione delle sollecitazioni direttamente nel paragrafo successivo

2.8.3 – Involuppo delle sollecitazioni maggiormente significative



Visualizzazione degli sforzi massimi di compressione nelle aste agli SLV



Visualizzazione degli sforzi massimi di flessione nelle aste agli SLV

Non si ritiene di visualizzare le sollecitazioni agli SLE in quanto poco significativi nei confronti delle deformazioni riportate attraverso rappresentazioni grafiche al paragrafo precedente.

2.8.4 – Reazioni vincolari

Valori massimi di sollecitazione rilevati per l'involuppo reazioni vincolari: ~SL08 GEO

N	CdC	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
1	Rx Min	-2.09097	-0.43608	9.180980	0.614348	-2.14975	-0.59478
1	Rx Max	2.090969	0.436082	9.828475	-0.61435	2.149748	0.594782
1	Ry Min	-1.1e-15	-6.56885	9.504728	8.211060	-2.0e-13	1.83e-13
1	Ry Max	0.627291	1.453606	10.58389	-2.04783	0.644924	0.178435
1	Rz Min	-0.62729	-1.45361	8.425570	2.047825	-0.64492	-0.17843
1	Rz Max	0.627291	1.453606	10.58389	-2.04783	0.644924	0.178435
1	Mx Min	0.627291	1.453606	10.58389	-2.04783	0.644924	0.178435
1	Mx Max	-1.1e-15	-6.56885	9.504728	8.211060	-2.0e-13	1.83e-13
1	My Min	-2.09097	-0.43608	9.180980	0.614348	-2.14975	-0.59478
1	My Max	2.090969	0.436082	9.828475	-0.61435	2.149748	0.594782
1	Mz Min	-2.09097	0.436082	9.828475	-0.61435	-2.14975	-0.59478

1	Mz Max	2.090969	-0.43608	9.180980	0.614348	2.149748	0.594783
---	--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Valori massimi di sollecitazione rilevati per
l'inviluppo reazioni vincolari: ~SL08 STR SLV

N	CdC	Rx (KN)	Ry (KN)	Rz (KN)	Mx (KNm)	Mv (KNm)	Mz (KNm)
1	Rx Min	-2.09097	-0.43608	9.180980	0.614348	-2.14975	-0.59478
1	Rx Max	2.090969	0.436082	9.828475	-0.61435	2.149748	0.594782
1	Ry Min	-6.4e-16	-7.57944	9.504728	9.474300	-2.2e-13	2.51e-13
1	Ry Max	0.627291	1.453606	10.58389	-2.04783	0.644924	0.178435
1	Rz Min	-0.62729	-1.45361	8.425570	2.047825	-0.64492	-0.17843
1	Rz Max	-5.7e-15	2.39e-12	12.35615	-3.7e-12	-1.0e-13	-3.4e-13
1	Mx Min	0.627291	1.453606	10.58389	-2.04783	0.644924	0.178435
1	Mx Max	-6.4e-16	-7.57944	9.504728	9.474300	-2.2e-13	2.51e-13
1	My Min	-2.09097	-0.43608	9.180980	0.614348	-2.14975	-0.59478
1	My Max	2.090969	0.436082	9.828475	-0.61435	2.149748	0.594782
1	Mz Min	-2.09097	0.436082	9.828475	-0.61435	-2.14975	-0.59478
1	Mz Max	2.090969	-0.43608	9.180980	0.614348	2.149748	0.594783

Delle precedenti tabelle, si prendono le condizioni peggiori e si procede con la verifica della struttura di fondazione; ovvero la condizione geotecnica in combinazione 2, Rymin

1	Ry Min	-1.1e-15	-6.56885	9.504728	8.211060	-2.0e-13	1.83e-13
---	--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

2.8.5– Altri risultati significativi

Di seguito si riportano i calcoli relativi alla struttura di fondazione in funzione dello schiacciamento del terreno, dello scorrimento e del ribaltamento.

Schiacciamento del terreno

Carichi verticali dovuti dalla sovrastruttura metallica 9,50kN
 Carichi dovuti dal peso proprio della fondazione
 $2,5*2,5*0,12*25+2,3*2,3*0,58*25=$ 95,46kN
 Momento dovuto dalla sovrastruttura metallica 821kNm
 La componente dovuta dal solo schiacciamento risulta essere pari a
 $(9,50+95,46)/(250*250) =$ 0,17daN/cm²
 $821/(250*250*250/6) =$ 0,03daN/cm²
 Quindi sui due lembi esterni della struttura di fondazione due valori di pressione pari a 0,20 daN/cm² e 0,14 daN/cm²
 Quindi accettabili.

Scorrimento sul terreno

Carichi verticali dovuti dalla sovrastruttura metallica 9,50kN
 Carichi dovuti dal peso proprio della fondazione
 $2,5*2,5*0,12*25+2,3*2,3*0,58*25=$ 95,46kN
 Carichi orizzontali dovuti dalla sovrastruttura metallica 6,57kN
 Considerando un coefficiente di attrito terreno-fondazione pario a 0,1

$(9,50+95,46)*0,1/6,57 =$ 1,6
 Quindi accettabile

Verifica a ribaltamento

Momento stabilizzante
 $(9,5+95,46)*1,25 =$ 131,20 kNm
 Momento ribaltante
 8,21kNm
 $131,20/8,21 =$ 16
 Quindi accettabili.

2.9 – Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

In relazione a quanto precedentemente riportato, si ritiene che i valori restituiti dal programma di calcolo sono accettabili e coerenti con quanto atteso in fase di progettazione preliminare.

Infatti si sono riscontrate deformazioni e sollecitazioni coerenti per ordine di grandezza e direzione alle azioni sollecitanti assegnate.

Non si è quindi voluto procedere a una verifica puntuale di quanto restituito, ma si è scelto di procedere direttamente alla verifica dei singoli elementi.

2.10 – Verifiche agli stati limite ultimi

Di seguito si riportano in modo tabellare il gruppo di sollecitazioni agenti sulle aste agli SLV, per ogni combinazione di carico.

Tubolare in acciaio 100x100x4,0

Tipo	n°Asta	Tipo Asta	X (cm)	N (KN)	T12 (KN)	T13 (KN)	MT (KNm)	M12 (KNm)	M13 (KNm)
N min	6	Beam	87.82	-3.80	0.00	-1.88	0.00	0.00	-1.32
N max	7	Beam	0.00	3.80	0.00	1.88	0.00	0.00	-1.32
T12 min	4	Beam	0.00	0.28	-2.63	-0.03	-0.07	1.31	-0.10
T12 max	8	Beam	0.00	0.28	2.63	-0.03	0.07	-1.31	-0.10
T13 min	6	Beam	87.82	-1.85	0.00	-2.90	0.00	0.00	-2.04
T13 max	7	Beam	0.00	1.85	0.00	2.90	0.00	0.00	-2.04
Mt min	14	Beam	0.00	1.62	-0.08	1.65	-0.22	-0.73	-2.68
Mt max	13	Beam	0.00	1.62	0.08	-0.92	0.22	-0.86	-0.56
M12 min	8	Beam	0.00	0.28	2.63	-0.03	0.07	-1.31	-0.10
M12 max	4	Beam	0.00	0.28	-2.63	-0.03	-0.07	1.31	-0.10
M13 min	17	Beam	165.00	0.00	-0.15	-2.57	0.00	-1.00	-3.36
M13 max	7	Beam	87.82	1.78	0.00	2.78	0.00	0.00	0.45

---- Combinazioni di Carico ----

N min Comb: 1.3;0;1.5;

N max Comb: 1.3;0;1.5;

T12 min Comb: 1.3;0;1.5;

T12 max Comb: 1.3;0;1.5;

T13 min Comb: 1.3;

T13 max Comb: 1.3;

Mt min Comb: 1.3;

Mt max Comb: 1.3;

M12 min Comb: 1.3;0;1.5;

M12 max Comb: 1.3;0;1.5;

M13 min Comb: 1.3;

M13 max Comb: 1.3;

Da cui si nota che le combinazioni di sollecitazioni maggiormente significative risultano essere quelle Nmin e T13max

Relativamente alla combinazione Nmin

Compressione					
Ned	Azione di calcolo	380	Ned	0,01 ok se<1	
NcRd	Azione caratteristica	40228,57	NtRd		
			A	Area lorda	15,36
			γ_{MO}		1,05
			f_{yk}		2750

Flessione retta			
Med	Azione di calcolo	13200	
McRd	Azione caratteristica	123802,38	
Med			0,11 ok se <1
McRd			
Classe 1 e 2			
McRd	$\frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	123802,38	
Classe 3			
McRd	$\frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	123802,38	
Wpl	resistenza plastica	47,27	
Wel,min	resistenza elastico	47,27	
γ_{M0}		1,05	
f _{yk}		2750	
In presenza di bulloni verificare che			
	$\frac{0.9 \cdot A_{f,net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}}$	56612,57	
			1,41 ok se >1
	$\frac{A_f \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	40228,57	
A _f	Area lorda	15,36	
A _{f,net}	Area netta	15,36	
γ_{M0}		1,05	
γ_{M2}		1,05	
f _{yk}		2750	
f _{tk}		4300	

Da cui si evince che la verifica a flessione risulta ampiamente verificata e che le sollecitazioni a taglio e compressione risultano poco significative

Relativamente alla combinazione T13max

Taglio			
Ved	Azione di calcolo	188	
VcRd	Azione caratteristica	11612,99	
Ved			0,02 ok se <1
VcRd			
In assenza di Torsione			
VcRd	$\frac{A_v \cdot f_{yk}}{\alpha_{av} \cdot \gamma_{M0}}$	11612,99	
Profilati rettangolari cavi carico nel piano altezza			
Av	$\frac{A \cdot h}{b + h}$	7,68	
b	larghezza ali e base	10	
h	altezza rettangolo	10	
t _f	spessore ali	0,4	
t _w	spessore anima	0,4	
h _w	altezza anima	0	
r	raggio raccordo	0	
A	area lorda	15,36	
γ_{M0}		1,05	
f _{yk}		2750	

Compressione

Ned	Azione di calcolo	185
NcRd	Azione caratteristica	40228,57

Ned	0 ok se <1
NtRd	

A	Area lorda	15,36
γ_{M0}		1,05
f_{yk}		2750

Flessione retta

Med	Azione di calcolo	20400
McRd	Azione caratteristica	123802,38

Med	0,16 ok se <1
McRd	

Classe 1 e 2

McRd	$\frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	123802,38
------	---	-----------

W_{pl}	resistenza plastica	47,27
$W_{el,min}$	resistenza elastico	47,27
γ_{M0}		1,05
f_{yk}		2750

Classe 3

McRd	$\frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	123802,38
------	---	-----------

In presenza di bulloni verificare che

$\frac{0,9 \cdot A_{f,net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}}$	56612,57
--	----------

1,41 ok se >1

$\frac{A_f \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	40228,57
--	----------

A_f	Area lorda	15,36
$A_{f,net}$	Area netta	15,36
γ_{M0}		1,05
γ_{M2}		1,05
f_{yk}		2750
f_{tk}		4300

Taglio					
Ved	Azione di calcolo	290	Ved	0,02 ok se<1	
VcRd	Azione caratteristica	11612,99	VcRd		
In assenza di Torsione			b	larghezza ali e base	10
			h	altezza rettangolo	10
			tf	spessore ali	0,4
			tw	spessore anima	0,4
			hw	altezza anima	0
			r	raggio raccordo	0
			A	area lorda	15,36
			γ_{M0}		1,05
			f_{yk}		2750
$V_{cRd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 11612,99$					
Profilati rettangolari cavi carico nel piano altezza					
$A_v = \frac{A \cdot h}{b+h} = 7,68$					

Da cui si evince che la verifica a flessione risulta ampiamente verificata e che le sollecitazioni a taglio e compressione risultano poco significative

Tubolare Ø193,7x4,5

Valori massimi di sollecitazione rilevati per l'involuppo Beam\Truss ~SL08 STR SLV

Tipo n°Asta	Tipo Asta	X (cm)	N (KN)	T12 (KN)	T13 (KN)	MT (KNm)	M12 (KNm)	M13 (KNm)
N min	1	Beam	0.00	-12.36	0.00	0.00	0.00	0.00
N max	1	Beam	125.00	-8.16	0.00	-1.45	0.00	0.90
T12 min	1	Beam	0.00	-9.50	-2.09	0.00	0.59	2.15
T12 max	1	Beam	0.00	-9.50	2.09	0.00	-0.59	-2.15
T13 min	1	Beam	0.00	-12.36	0.00	-7.58	0.00	0.00
T13 max	1	Beam	0.00	-10.58	0.00	1.45	0.00	-2.05
Mt min	1	Beam	0.00	-9.50	2.09	0.00	-0.59	-2.15
Mt max	1	Beam	0.00	-9.50	-2.09	0.00	0.59	2.15
M12 min	1	Beam	0.00	-9.83	2.09	0.44	-0.59	-2.15
M12 max	1	Beam	0.00	-9.18	-2.09	-0.44	0.59	2.15
M13 min	1	Beam	0.00	-10.58	0.63	1.45	-0.18	-0.64
M13 max	1	Beam	0.00	-12.36	0.00	-7.58	0.00	9.47

---- Combinazioni di Carico ----

N min Comb: 1.3;
 N max Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;1;
 T12 min Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;1;
 T12 max Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;-1;
 T13 min Comb: 1.3;0;1.5;
 T13 max Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;-1;
 Mt min Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;-1;
 Mt max Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;0;1;
 M12 min Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;-1;0;-0.3;
 M12 max Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;1;0;0.3;
 M13 min Comb: 1;0;0;0;0;0;0;0;-0.3;0;-1;
 M13 max Comb: 1.3;0;1.5;

Da cui si nota che le combinazioni di sollecitazioni maggiormente significative risulta essere quella T13min

Relativamente alla combinazione T13min

Compressione

Ned	Azione di calcolo	1236	Ned	0,02 ok se<1
NcRd	Azione caratteristica	70059,52	NtRd	

A	Area lorda	26,75
γ_{MO}		1,05
f_{yk}		2750

Flessione retta

Med	Azione di calcolo	94700
McRd	Azione caratteristica	323400

Classe 1 e 2

McRd	$\frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	323400
------	---	--------

Classe 3

McRd	$\frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$	324054,76
------	---	-----------

Med	0,29 ok se<1
McRd	

Wpl	resistenza plastica	123,48
Wel,min	resistenza elastico	123,73
γ_{M0}		1,05
f_{yk}		2750

Taglio

Ved	Azione di calcolo	758
VcRd	Azione caratteristica	25750,56

In assenza di Torsione

VcRd	$\frac{A_v \cdot f_{yk}}{\text{radq}(3) \cdot \gamma_{MO}}$	25750,56
------	---	----------

Profilati circolari cavi

A_v	$\frac{2 \cdot A}{\pi}$	17,03
-------	-------------------------	-------

Ved	0,03 ok se<1
VcRd	

b	larghezza ali e base	0
h	altezza rettangolo	0
tf	spessore ali	0
tw	spessore anima	0
hw	altezza anima	0
r	raggio raccordo	0
A	area lorda	26,75
γ_{MO}		1,05
f_{yk}		2750

Da cui si evince che la verifica a flessione risulta ampiamente verificata e che le sollecitazioni a taglio e compressione risultano poco significative

2.11 – Verifiche agli stati limite di esercizio

Relativamente alle strutture in progetto, le uniche verifiche plausibili per gli stati limite di esercizio, risultano quelle sulla deformabilità degli elementi.

In relazione a quanto già riportato ai paragrafi precedenti attraverso tabelle e visualizzazioni grafiche, le deformazioni delle strutture ipotizzate risultano influenti.

3 – RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1 – Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera

Nel presente progetto si utilizzano principalmente tre tipologie di materiale:

- calcestruzzo CIs C25/30 per la struttura di fondazione
- acciaio in barre B450C per l'armatura della struttura di fondazione
- acciaio S275 per tutte le strutture in carpenteria metallica

3.2 – Valori di calcolo

Di seguito si riportano in modo esemplificativo e tabellare le caratteristiche dei materiali.

ID = numero identificativo del materiale

E = Modulo di Elasticità

ν = Coefficiente di Poisson

G = Modulo di Elasticità Tangenziale

Ps = Peso specifico

α = Coefficiente di Dilatazione Termica

f_{yk} = Tensione caratteristica di snervamento

f_u = Resistenza ultima a trazione

R_{ck} = Resistenza caratteristica cubica di compressione del calcestruzzo

f_{ck} = Resistenza caratteristica cilindrica di compressione del calcestruzzo

f_{ctk} = Resistenza caratteristica di trazione del calcestruzzo

f_{ctm} = Resistenza media di trazione del calcestruzzo

$f_{te,eff}$ = Resistenza media di trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgere le primarie fessure

$\gamma_{m,c}$ = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per compressione

$\gamma_{m,t}$ = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per trazione

$\gamma_{m,ecc}$ = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per situazioni eccezionali

γ_c = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per compressione del calcestruzzo

f_y = Tensione di snervamento acciaio per spessori minori o uguali a 40mm

f_{y1} = tensione di snervamento acciaio per spessori maggiori di 40mm

$\gamma_{M0,c}$ = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per compressione per acciaio da carpenteria (per il DM 14/09/2005 corrisponde a γ_M)

$\gamma_{M0,t}$ = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per trazione per acciaio da carpenteria

γ_{M1} = Coeff.parziale materiale per resistenza a SLU per acciaio da carpenteria per verifiche di instabilità (per il DM 14/09/2005 corrisponde a γ_M)

Coeff.riduz.addiz = coefficiente di riduzione addizionale (x fcd)

GrpEsig = è gruppo di esigenza (livello di aggressività dell'ambiente) per le verifiche SLE; par.4.3.1.6 del DM 9/1/1996 (a = condizioni ambiente

poco aggressivo, b = moderatamente aggressivo, c = molto aggressivo) oppure par.5.1.2.2.6.5 del DM 14/09/2005 o par.4.1.2.2.4.3 DM 14/01/2008 (a

= condizioni ambientali ordinarie, b = aggressive, c = molto aggressive). Per l'Eurocodice corrisponde alla classe di esposizione, prospetto 7.1N EN

1992-1-1:2005 (a = X0, XC1, b = XC2, XC3, XC4, c = XD1, XD2, XS1, XS2, XS3)

Nome Materiale: CIs C25/30

Tipologia del Materiale: Calcestruzzo

ID = 18

E = 31476 (N/mm²)

ν = 0.200

G = 13115 (N/mm²)

Ps = 25 (KN/m³)

α = 1e-005 (1/°C)

$\gamma_{m,c}$ = 1.5

$\gamma_{m,t}$ = 1.5

$\gamma_{m,ecc}$ = 1

R_{ck} = 30 (N/mm²)

f_{ck} = 25 (N/mm²)

f_{ctk} = 1.7955 (N/mm²)

$f_{ctm} = 2.565 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $\text{Coeff.riduz.addiz} = 1 \times f_{cd}$
 $\text{GrpEsig} = a$

Parametri per verifiche di fessurazione:

Per le verifiche di formazione delle fessure il moltiplicatore di f_{ctm} è: 1/0;
 Per le verifiche di apertura delle fessure i valori ammissibili delle aperture delle fessure sono:
 per le armature sensibili:

Combinazione Rara	Combinazione Quasi Permanente	Combinazione Frequente
0 mm	0.2 mm	0.3 mm

per le armature poco sensibili:

Combinazione Rara	Combinazione Quasi Permanente	Combinazione Frequente
0 mm	0.3 mm	0.4 mm

Parametri verifiche a taglio (par.4.1.2.1.2, par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008):

$CRd,c = 0.18/\gamma_c$, $v_{min} = 0.175 \cdot k^3/2$, $k_1 = 0.15$, $f_{cd}/f_{cd} = 0.5$

Per il significato dei parametri si veda anche par.6.2.2 EC2

Parametri verifiche a punzonamento (par.6.4.4, EN 1992-1-1:2005):

Sono i medesimi valori per il taglio di cui sopra

Nome Materiale: S 275

Tipologia del Materiale: Acciaio da Carpenteria

$ID = 29$
 $E = 2.1e+005 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $\nu = 0.300$
 $G = 80769 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $P_s = 78.5 \text{ (KN/m}^3\text{)}$
 $\alpha = 1.2e-005 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$
 $f_y = 275 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$f_{y1} = 255 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\gamma_{M0,c} = 1.05$

$\gamma_{M0,t} = 1.05$

$\gamma_{M1} = 1.05$

$\gamma_{m,ecc} = 1$

$f_u = 430 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

Nome Materiale: B450C

Tipologia del Materiale: Acciaio per Armature

$ID = 26$
 $E = 2e+005 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $\nu = 0.300$
 $G = 76923 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 $P_s = 78.5 \text{ (KN/m}^3\text{)}$
 $\alpha = 1.2e-005 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$
 $f_{yk} = 450 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\gamma_{m,c} = 1.15$

$\gamma_{m,t} = 1.15$

$\gamma_{m,ecc} = 1$

$f_u = 540 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

Aderenza Migliorata = Si

Tipo Armatura = armatura poco sensibile

4 – ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

4.4 – Elaborati grafici generali e particolari costruttivi

Di seguito si riporta l'elenco delle tavole che meglio descrivono le strutture oggetto di questo progetto esecutivo:

Tav. 11 : PARTICOLARE ESECUTIVO DELLA STRUTTURA DI SOSTEGNO DEI PANNELLI
FOTOVOLTAICI AD INSEGUIMENTO AD ASSE VERTICALE

“elaborati grafici generali del progetto esecutivo riguardante le strutture tenendo in considerazione quanto riportato al punto 3.1e 3.2 del paragrafo C10.1 della Circolare Ministeriale.”

5 – PIANO MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE

In merito alla particolare tipologia di struttura progettata, si predispone apposito piano di manutenzione delle strutture da eseguire durante la vita utile delle stesse.

Trattandosi di strutture in carpenteria metallica esposte direttamente agli agenti atmosferici, si prescrive un controllo visivo semestrale per il controllo generale dello stato di conservazione delle strutture metalliche e i relativi collegamenti; con tale controllo si dovrà inoltre verificare che la struttura in oggetto non abbia subito forti deformazioni o anomale distorsioni dovute principalmente dal verificarsi di possibile cedimenti differenziali.

Inoltre si prescrive un controllo con scadenza annuale mirato all'esame accurato di tutti i collegamenti bullonati e saldati delle strutture metalliche, per verificarne l'integrità e l'efficacia.

In caso si riscontrasse una sopraggiunta anomalia, procedere con il ripristino delle condizioni iniziali di messa in opera, anche attraverso alla consultazione di tecnici qualificati alla valutazione strutturale delle opere.