

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

MIGLIORAMENTO SISMICO, FUNZIONALE, ARCHITETTONICO DEL FABBRICATO VIAGGIATORI DELLA STAZIONE DI MATERA LA MARTELLA

OPERE CIVILI

FABBRICATO TECNOLOGICO

Relazione di calcolo Fondazioni e Elevazioni

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

I	A	F	5	0	2	D	0	9	C	L	F	V	0	2	0	0	4	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato, Data
B	EMISSIONE ESECUTIVA	L.Cardinali <i>LC</i>	Luglio 2019	S.Di Spigno <i>[Signature]</i>	Luglio 2019	F. Gernone <i>F. Gernone</i>	Luglio 2019	A. Vittorini Lugli 2019 ITALFERR S.p.A. c/o U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti Dott. Ing. Angelo Vittoni Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A20783
A	EMISSIONE ESECUTIVA	L.Cardinali	Feb. 2019	S.Di Spigno	Feb. 2019	F. Gernone	Feb. 2019	

File: IA5F.0.2.D.09.CL.FV.02.0.0.004.B	
--	--

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
3.1	Caratteristiche architettoniche e strutturali	5
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO	6
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	6
6	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	7
6.1	Vita nominale (§ 2.4.1 NTC 2018)	7
6.2	Classe d'uso (§ 2.4.2 NTC 2018)	7
6.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC 2018)	8
7	ANALISI DEI CARICHI	8
7.1	Peso proprio delle strutture	8
7.2	Carichi permanenti portati (§ 3.1.3 NTC 2018)	9
7.2.1	Solai	10
7.2.2	Tamponature e tramezzature	11
7.3	Carichi variabili (§ 3.1.4 NTC 2018)	11
7.3.1	Sovraccarichi variabili legati alla destinazione d'uso	11
7.1	Azioni della temperatura (§ 3.5 NTC 2018)	12
7.2	Azioni variabili da vento (§ 3.3 NTC 2018)	13
7.3	Azioni variabili da neve (§ 3.4 NTC 2018)	15
7.4	Valutazione dell'azione sismica (§ 3.2 NTC 2018)	16
7.4.1	Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche	16
7.4.2	Classe di duttilità	17
7.4.3	Regolarità	18
7.4.4	Tipologie strutturali e fattori di comportamento (§7.4.3 NTC 2018)	18
7.4.5	Valutazione dell'azione Sismica	19
8	METODO DI ANALISI	22
8.1	Combinazioni di carico	23
8.2	Modello di calcolo	23
8.2.1	Carichi e combinazioni	25
9	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI	28
9.1	Deformate significative della struttura	28
9.2	Verifiche solaio	31
9.3	Verifiche trave longitudinale 30 x 60	34
9.1	Verifiche trave trasversale 30 x 60	37
9.1	Verifiche trave 50 x 30	43
9.1	Verifiche pilastri	48
9.1.1	Pilastri 30x70	51

<i>9.1.2</i>	<i>Pilastri 30x40</i>	56
9.1	Verifiche fondazioni	61
<i>9.1.1</i>	<i>Verifiche trave rovescia (120x60x75)</i>	65
<i>9.1.1</i>	<i>Verifiche trave 40x65</i>	67
<i>9.1.1</i>	<i>Verifiche carico limite</i>	68

1 PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione della nuova Linea Ferrandina – Matera “La Martella” per il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l’accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto, si prevede un intervento di adeguamento funzionale, architettonico e strutturale della Stazione di Matera “La Martella”.

Il presente elaborato costituisce relazione di calcolo strutturale e geotecnica per la progettazione definitiva del fabbricato tecnologico ubicato in adiacenza al Fabbricato di Stazione.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle Normative vigenti nonché alle istruzioni dell’Ente FF.SS.

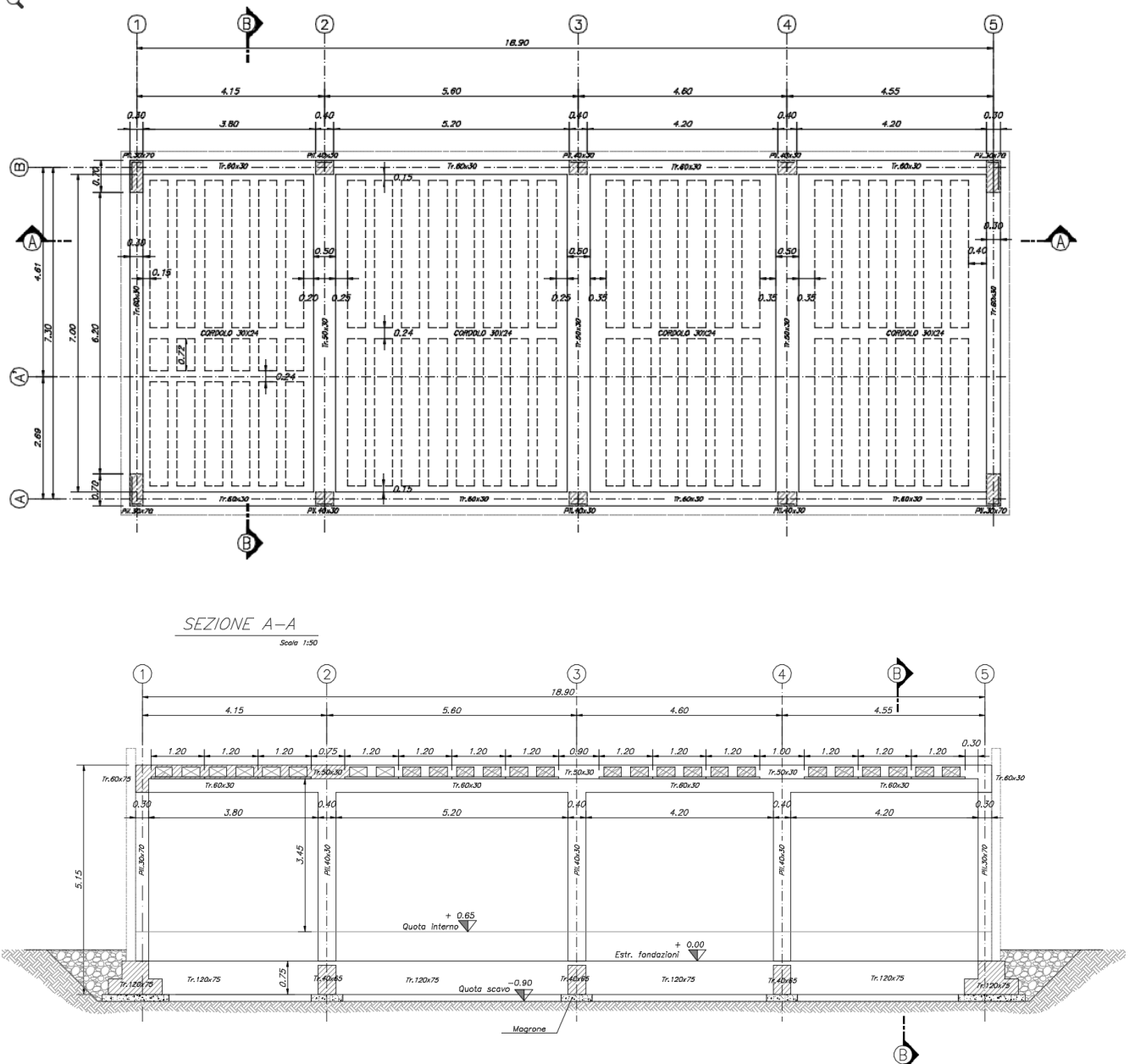
La Normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018)
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008
- RFI DTC-INC-PO SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC-INC-CS SP IFS 001 A – specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

3.1 Caratteristiche architettoniche e strutturali

- Forma: rettangolare;
 Dimensioni: ~19.6 x 8.00 m x m;
 Livelli: 1;
 Altezza: ~4.40 m da estradosso fondazione;
 Struttura: telaio in c.a.;
 Copertura: piana in latero-cemento;
 Fondazioni: continua a travi rovesce e travi di collegamento;



4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Si riportano di seguito i parametri geotecnici adottati nel calcolo:

- Peso dell'unità di volume $\gamma = 19$
- Angolo di attrito $\varphi = 30^\circ$
- Coesione non drenata $c' = 0$

In mancanza di indicazioni più precise, a vantaggio di sicurezza si considera la presenza della falda con piezometrica alla quota di intradosso delle fondazioni.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione del manufatto si prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

Calcestruzzo per elevazioni – C30/37;

- R_{ck} 37 N/mm²
- f_{ck} 30 N/mm²

Calcestruzzo per fondazioni - C25/30;

- R_{ck} 30 N/mm²
- f_{ck} 24.9 N/mm²
- E_{cm} 31447 N/mm²

Acciaio ordinario per armatura - B450 C;

- $f_{tk} > 540$ N/mm²;
- $f_{yk} > 450$ N/mm²;
- $E_s = 210000$ N/mm²

6 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

6.1 Vita nominale (§ 2.4.1 NTC 2018)

La vita nominale di un'opera strutturale V_n è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella 6.I.

Tabella 6.I - Vita nominale per diversi tipi di opere

	<i>Tipi di costruzione</i>	<i>Valori minimi di V_N (anni)</i>
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per la valutazione della sicurezza del manufatto in progetto è stata assunta una vita utile di *50 anni*.

6.2 Classe d'uso (§ 2.4.2 NTC 2018)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso definite in Tabella 6.II.

Tabella 6.II – Classi d'uso

<i>Classi d'uso</i>	
Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

L'opera in progetto ricade nella *classe III*.

6.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC 2018)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione devono essere valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente assume i valori riportati in Tabella 6.III.

Tabella 6.III – Classi d'uso

<i>Classe d'uso</i>	I	II	III	IV
<i>Coefficiente C_U</i>	0.7	1.0	1.5	2.0

Poiché l'opera in progetto ricade nella classe III, il coefficiente d'uso C_U assume il valore di 1.5. Il periodo di riferimento è dunque:

$$V_R = C_U V_n = 1.5 \times 50 \text{ anni} = 75 \text{ anni.}$$

7 ANALISI DEI CARICHI

I carichi e i sovraccarichi sono stati valutati tenendo conto di quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Al fine di valutare le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state considerate le seguenti azioni elementari.

7.1 Peso proprio delle strutture

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati in tabella 3.1.I delle NTC 2018.

Tab. 3.1.I - *Pesi dell'unità di volume dei principali materiali*

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
Sostanze varie	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0

7.2 Carichi permanenti portati (§ 3.1.3 NTC 2018)

Nella progettazione delle strutture, sono considerati **carichi permanenti non strutturali** i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti e altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.

I valori dei carichi permanenti non strutturali sono descritti di seguito.

7.2.1 Solai

- *Pesi propri elementi strutturali*

Soletta sup in c.a. 0.04 x 25	1.00 KN/m ²
Nervature 0.2 x 0.22 x 25/0.6	1.83 KN/m ²
Alleggerimenti 0.40 x 0.22 x 10/0.6	1.47 KN/m ²
Predalla inf in c.a. 0.04 x 25	1.00 KN/m ²
Totale	5.30 KN/m²

- *Pesi propri elementi non strutturali*

Massetto delle pendenze (0.04+0.011) /2 x 18	1.35 KN/m ²
Coibente	0.25 KN/m ²
Guaina e membrana in polietilene	0.30 KN/m ²
Malta di allettamento 0.03 x 20	0.60 KN/m ²
Pavimentazione 0.03*20	0.50 KN/m ²
Incidenza fasce piene/rompi tratta	0.10 KN/m ²
Incidenza impianti	0.50 KN/m ²
Totale	3.60 KN/m²

Totale permanenti 8.90 KN/m²

- *Parapetto 1.20 KN/m*

7.2.2 Tamponature e tramezzature

- *Tramezzature interne* 0.2 x 4.1 x 18 **14.76 KN/ml**
- *Tamponature esterne* 0.2 x 4.8 x 25 **24.00 KN/ml**

7.3 Carichi variabili (§ 3.1.4 NTC 2018)

7.3.1 Sovraccarichi variabili legati alla destinazione d'uso

Copertura accessibile per sola manutenzione **0.50 KN/m²**

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	$\geq 6,00$	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
 ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

7.1 Azioni della temperatura (§ 3.5 NTC 2018)

Date le dimensioni dell'opera, le azioni termiche sono state trascurate.

7.2 Azioni variabili da vento (§ 3.3 NTC 2018)

Il carico provocato dal vento sarà valutato tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, (DM 17 gennaio 2018) al § 3.3..



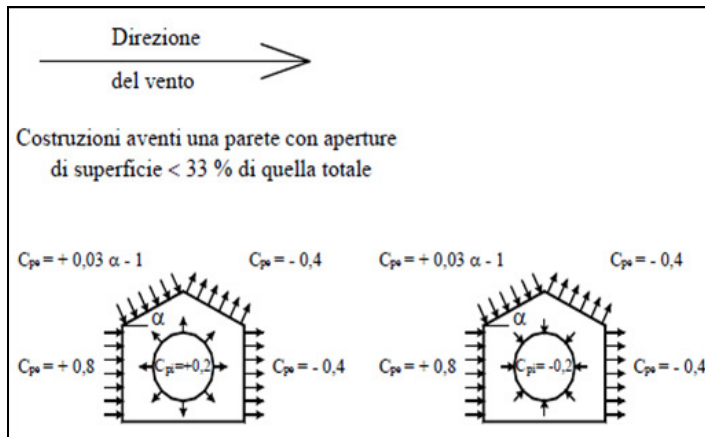
Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Si procede al calcolo delle pressione del vento.

$$P = q_r c_e c_p c_d$$

Velocità base di riferimento:	v_b	27	m/s
Velocità base di riferimento a livello del mare	v _{b,0}	27	m/s
Coefficiente di altitudine	c _a	1	
Parametro Tab. 3.3. I	a ₀	500	m
Parametro Tab. 3.3. I	k _s	0,37	
Altitudine sul livello del mare	a _s	400	m
Velocità di riferimento:	v_r	27	m/s
Coefficiente di ritorno	c _r	1	
Tempo di ritorno	T _r	50	anni
Pressione del vento:	p	0,92	KN/m ²
Pressione cinetica di riferimento	q _r	455,625	N/m ²
densità dell'aria	ρ ₀	1,25	Kg/m ³
Coefficiente di esposizione	c _e	1,89	
Coefficiente di pressione	c _p	1	
Coefficiente dinamico	c _d	1	

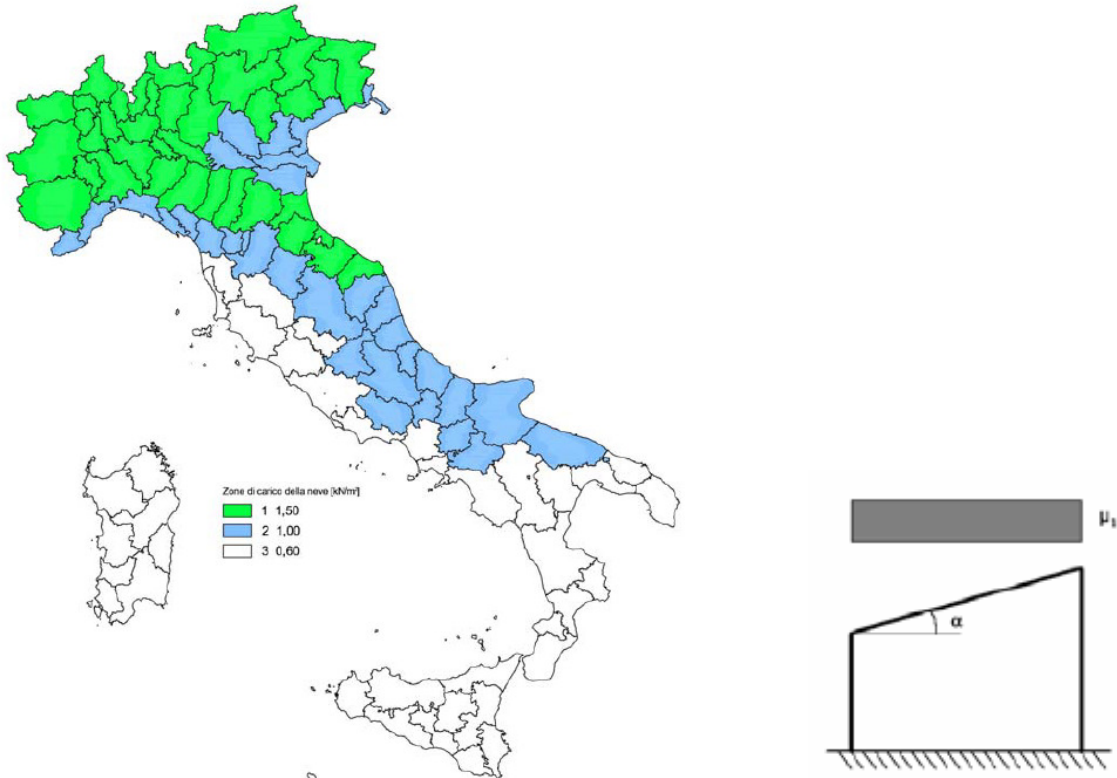


Elementi Sopravento (0.8+0.2)	0.92	kN/m²
Elementi Sottovento e copertura piana (0.4+0.2)	0.55	kN/m²
Pressione interna (0.2)	0.18	kN/m²

Date le dimensioni dell'opera e la presenza di azioni sismiche, vista l'entità delle azioni dovute al vento, queste sono state trascurate.

7.3 Azioni variabili da neve (§ 3.4 NTC 2018)

Il carico provocato dalla neve sulle coperture piane o inclinate sarà valutato tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, (DM 17 gennaio 2018) al § 3.4.



$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Valore caratteristico della neve al suolo	q_{SK}	0,6	Zona III, $a_s \leq 200 \text{ m}$
Coefficiente di forma della copertura	μ_1	0,8	Angolo copertura $\alpha = 0^\circ$
Coefficiente di esposizione	C_e	1	Esposizione normale
Coefficiente termico	C_t	1	-
Valore del carico neve al suolo	q_s	0,5	KN/m²

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella					
	STAZIONE DI MATERA "LA MARTELLA"					
FABBRICATO TECNOLOGICO						
RELAZIONE DI CALCOLO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	02	D09 CL	FV02 00004	B	16 di 69

7.4 Valutazione dell'azione sismica (§ 3.2 NTC 2018)

7.4.1 Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche

Dai dati disponibili si stabilisce che il terreno di fondazione rientra nella categoria di sottosuolo nella **categoria E**, come definita nella tabella 3.2.II delle NTC 2018.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC 2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_s \cdot S_T$ e di C_c in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che seguono.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

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

 Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica è posto pari a $S_s = 1.532$ (SLV)

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica è posto pari a $S_s = 1.600$ (SLD)

Il valore del coefficiente C_c è posto pari a $C_c = 1.767$ (SLV)

Il valore del coefficiente C_c è posto pari a $C_c = 1.814$ (SLD)

7.4.2 Classe di duttilità

La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo. Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti). In particolare è stata adottata la **Classe di duttilità bassa (CD "B")**.

7.4.3 Regolarità

La struttura risponde a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione elencati nel §7.2.2 NTC 2018:

- Regolare in pianta
- Regolare in altezza

7.4.4 Tipologie strutturali e fattori di comportamento (§7.4.3 NTC 2018)

Come citato nelle NTC 2018 al §7.3.1, quando si utilizza *l'analisi lineare per sistemi dissipativi*, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo *spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento q maggiore dell'unità* (§ 3.2.3.5).

La resistenza delle membrature e dei collegamenti dovrà essere valutata assicurando al contempo il soddisfacimento dei requisiti di duttilità fissati nei paragrafi successivi.

Il *valore del fattore di comportamento q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica*, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto convenzionalmente delle non linearità di materiale e delle sue capacità dissipative.

Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 * K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di comportamento allo SLV che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u / α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza. Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono

adottare valori di α_u / α_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive (vedi NTC 2018 par. 7.4.3).

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Nel caso in esame, trattasi di struttura a telaio di un piano regolare in pianta, quindi si ha $\alpha_u / \alpha_1 = 1,1$, con $q_0 = 3,0 \alpha_u / \alpha_1 = 3,3$.

Con $K_R = 1,0$, si ottiene il fattore di struttura orizzontale pari a $q = K_R * q_0 = 3,3$.

7.4.5 Valutazione dell'azione Sismica

Si utilizzerà un'analisi dinamica lineare con spettro di progetto $S_d(T)$ ottenuto sostituendo nello spettro elastico $S_e(T)$ definito nel §3.2.3.2 delle NTC'08 il parametro η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura conforme alla tipologia della struttura, al suo grado di iperstaticità, alla regolarità e non linearità del materiale.

Si riporta di seguito il riepilogo della caratterizzazione sismica del suolo interessato dall'intervento ed i parametri adottati nei calcoli successivi.

Sito in esame.

latitudine: 16.56350°
 longitudine: 40.65420°
 Classe: III
 Vita nominale: 75

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.169 g
F_o	2.509
T_C	0.342 s
S_S	1.532
C_C	1.767
S_T	1.000
q	3.300

Parametri dipendenti

S	1.532
η	0.303
T_B	0.201 s
T_C	0.604 s
T_D	2.278 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

Lo spettro di progetto $S_o(T)$ 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]	Se [g]
	0.000	0.260
$T_B \leftarrow$	0.201	0.197
$T_C \leftarrow$	0.604	0.197
	0.684	0.174
	0.763	0.156
	0.843	0.141
	0.923	0.129
	1.002	0.119
	1.082	0.110
	1.162	0.103
	1.242	0.096
	1.321	0.090
	1.401	0.085
	1.481	0.080
	1.560	0.076
	1.640	0.073
	1.720	0.069
	1.799	0.066
	1.879	0.063
	1.959	0.061
	2.039	0.058
	2.118	0.056
	2.198	0.054
$T_D \leftarrow$	2.278	0.052
	2.360	0.049
	2.442	0.046
	2.524	0.043
	2.606	0.040
	2.688	0.038
	2.770	0.035
	2.852	0.034
	2.934	0.034
	3.016	0.034
	3.098	0.034
	3.180	0.034
	3.262	0.034
	3.344	0.034
	3.426	0.034
	3.508	0.034
	3.590	0.034
	3.672	0.034
	3.754	0.034
	3.836	0.034
	3.918	0.034
	4.000	0.034

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.064 g
F_o	2.529
T_C^*	0.320 s
S_S	1.600
C_C	1.814
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.194 s
T_C	0.581 s
T_D	1.855 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ 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]	Se [g]
	0.000	0.102
$T_B \leftarrow$	0.194	0.258
$T_C \leftarrow$	0.581	0.258
	0.641	0.233
	0.702	0.213
	0.763	0.196
	0.823	0.182
	0.884	0.169
	0.945	0.158
	1.005	0.149
	1.066	0.140
	1.127	0.133
	1.187	0.126
	1.248	0.120
	1.309	0.114
	1.369	0.109
	1.430	0.105
	1.491	0.100
	1.551	0.097
	1.612	0.093
	1.673	0.090
	1.734	0.086
	1.794	0.083
$T_D \leftarrow$	1.855	0.081
	1.957	0.073
	2.059	0.066
	2.161	0.059
	2.263	0.054
	2.366	0.050
	2.468	0.046
	2.570	0.042
	2.672	0.039
	2.774	0.036
	2.876	0.034
	2.979	0.031
	3.081	0.029
	3.183	0.027
	3.285	0.026
	3.387	0.024
	3.489	0.023
	3.591	0.022
	3.694	0.020
	3.796	0.019
	3.898	0.018
	4.000	0.017

8 METODO DI ANALISI

L'analisi e le verifiche geotecniche sono redatte secondo quanto previsto dal *Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018*.

Per la *verifica della struttura*, compresi gli elementi di fondazione, sono state definite delle combinazioni di carico secondo i coefficienti parziali delle azioni riportati nella colonna *A1* della *tabella 2.6.I* delle NTC 2018, di seguito riportata.

Per la *verifica della resistenza del terreno* è stato adottato l'*approccio 2*, che prevede l'impiego di un'unica combinazione, secondo i coefficienti parziali delle azioni riportati nella colonna *A1* della *tabella 2.6.I* delle NTC 2018, di seguito riportata.

Nell'approccio 2 i coefficienti γ_M di riduzione dei parametri geotecnici sono pari ad 1, mentre il coefficiente γ_M di riduzione del carico limite è pari a 2.3.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Le verifiche sono state condotte avvalendosi dei programmi di analisi e calcolo di strutture *SAP2000 plus 20.2.0 della Computers & Structures, Inc.*

8.1 Combinazioni di carico

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche degli elementi strutturali agli stati limite si sono utilizzate le combinazioni delle azioni riportate nella normativa ponti che si richiamano nel seguito:

- Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{Q1}Q_{K1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{K2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

In cui:

- γ_{G1} è il coefficiente parziale dei carichi permanenti 1.3
- γ_{Q1} è il coefficiente parziale delle azioni variabili 1.5
- ψ_{02} è il coefficiente di combinazione 0.5 (neve)
- ψ_{02} è il coefficiente di combinazione 0.0 (coperture)

- Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

In cui:

- ψ_{02} è il coefficiente di combinazione 0.0 (neve)
- ψ_{02} è il coefficiente di combinazione 0.0 (copertura)

Le azioni sismiche saranno combinate nelle due direzioni orizzontali come segue:

$$1.00 \times E_x + 0.30E_y + 0.30E_z$$

con permutazione circolare dei coefficienti moltiplicativi.

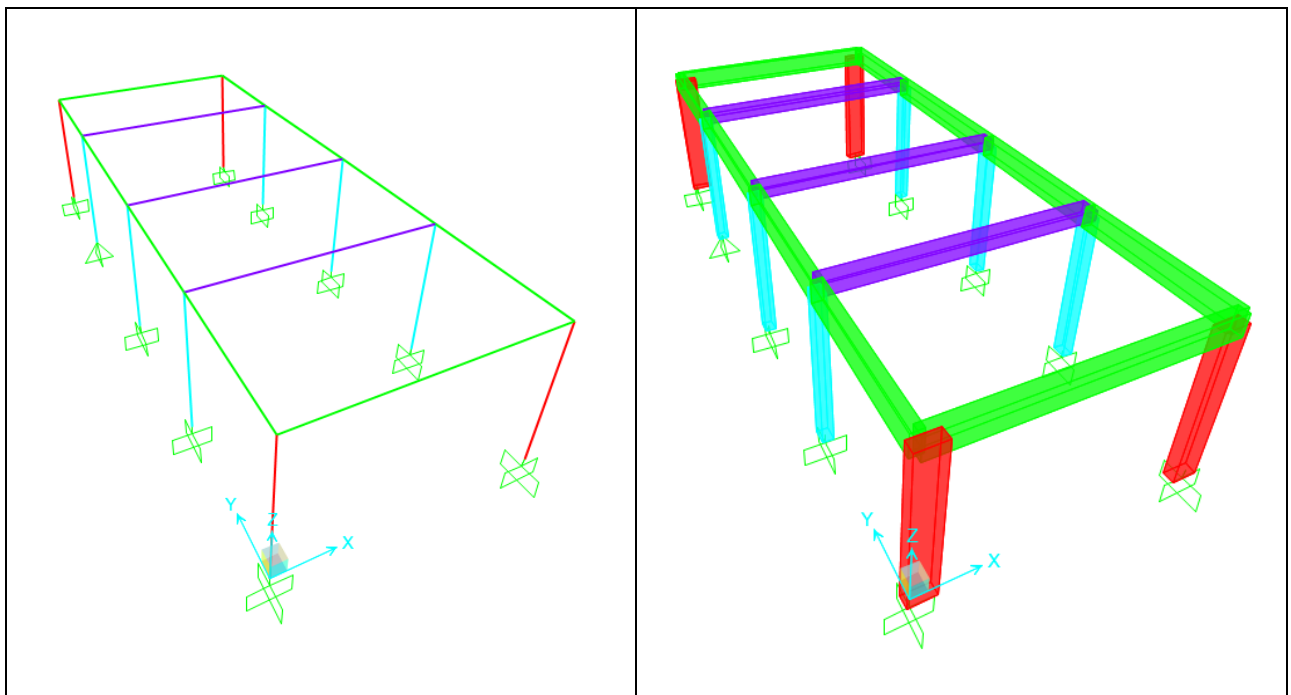
Nel caso in esame non sarà considerata la componente verticale, in quanto la struttura in esame non ricade nei casi previsti dalla normativa.

8.2 Modello di calcolo

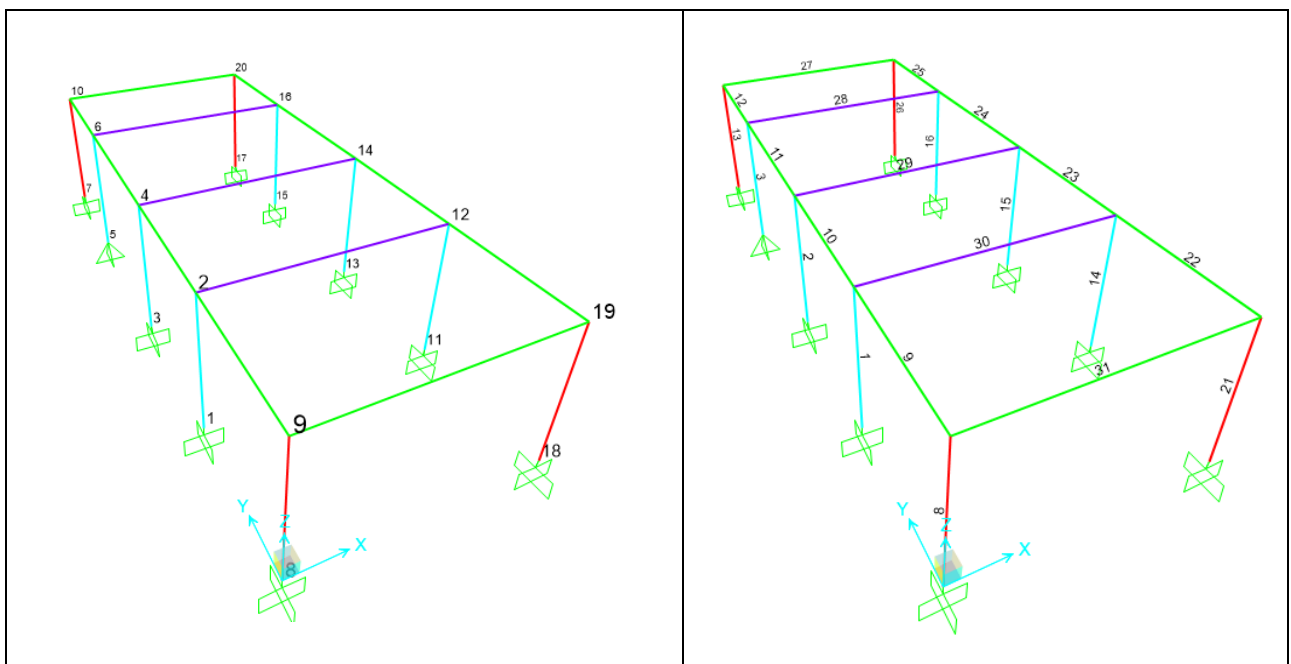
L'analisi delle sollecitazioni indotte sulla struttura dai carichi statici e dinamici è stata effettuata mediante l'utilizzo di modelli agli elementi finiti. I modelli sono stati realizzati con l'ausilio del programma di calcolo "SAP2000" ver.20.2.0. Gli elementi strutturali sono stati modellati mediante elementi tipo "frame", aventi caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi reali. Sono stati realizzati due modelli di calcolo differenti, che si differenziano tra di loro per la modellazione dell'interazione con il terreno. Il *primo modello*, impiegato per le verifiche di resistenza degli elementi di elevazione, presenta vincoli di incastro alla base dei pilastri. Il *secondo modello*, utilizzato per la verifica degli elementi di fondazione, presenta travi di fondazioni modellate mediante elementi tipo "frame" vincolati al terreno mediante molle elastiche lineari.

La presenza dei solai è stata tenuta in conto mediante l'assegnazione dei carichi verticali alle travi secondo l'orditura dei travetti, e mediante l'assegnazione di un vincolo di "diaphragm" a tutti i nodi appartenenti al piano del solaio.

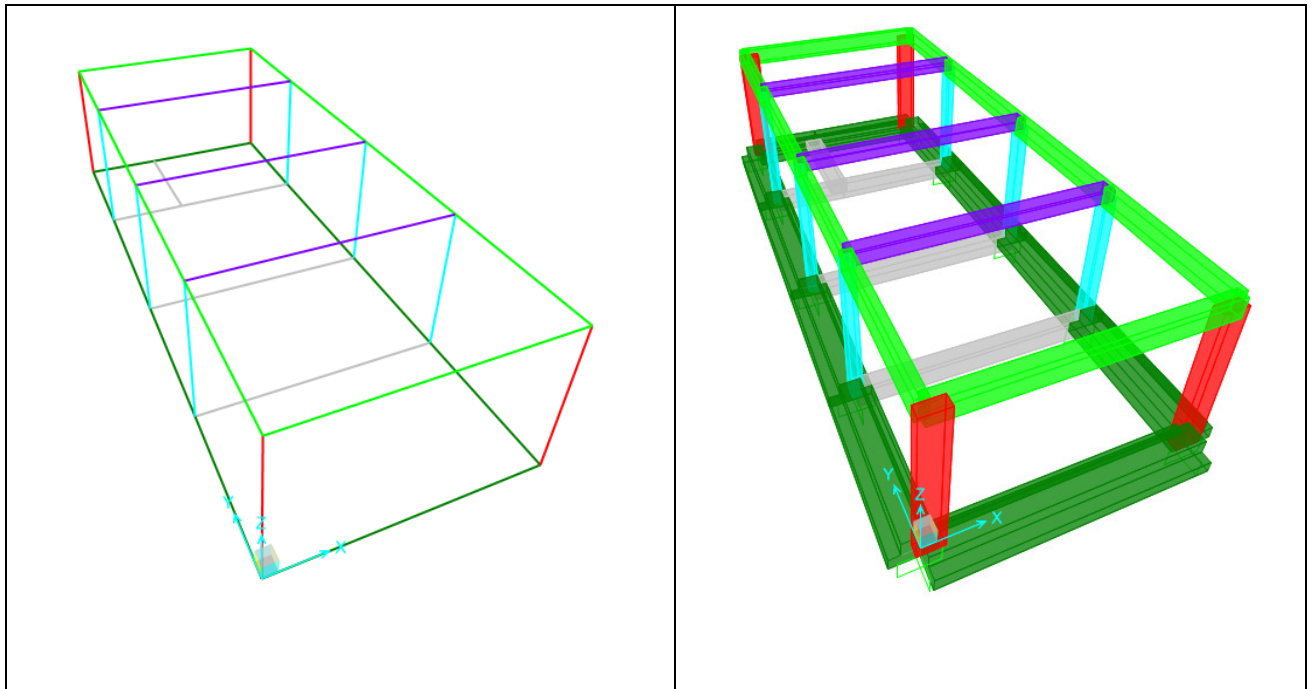
Il peso proprio delle strutture è calcolato in automatico dal programma di calcolo. L'analisi a spettro di risposta si basa sull'assegnazione dello spettro di progetto previsto dalla normativa e su un'analisi modale a 12 modi di vibrare. Gli effetti sono stati combinati secondo il *metodo CQC*. Nelle figure seguenti si riportano i due modelli utilizzati con indicazione della numerazione delle aste e dei nodi al fine di una migliore comprensione dei risultati derivanti dall'analisi numerica effettuata.



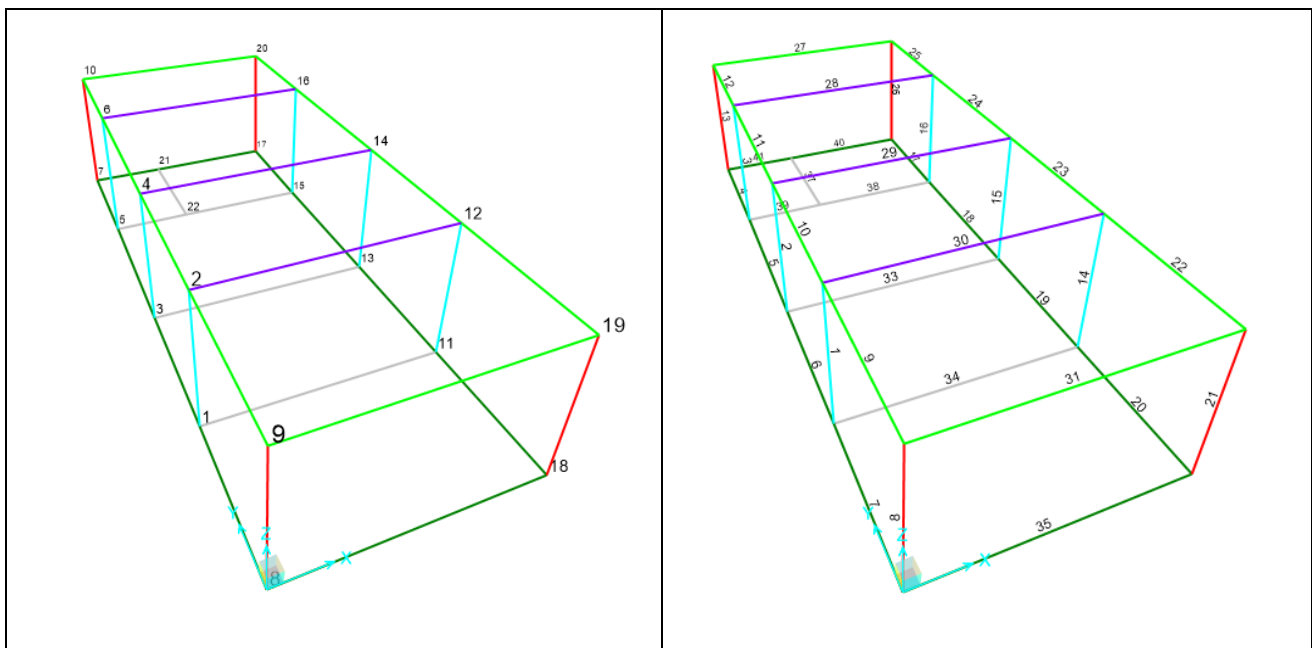
Modello di calcolo con pilastri incastrati al piede - geometria



Modello di calcolo con pilastri incastrati al piede - numerazione nodi e aste



Modello di calcolo su suolo elastico - geometria



Modello di calcolo su suolo elastico – numerazione nodi e aste

8.2.1 Carichi e combinazioni

Di seguito sono riportati i casi di carico definiti nel modello. I valori dei carichi assegnati alle travi sono stati dedotti dalle reazioni vincolari ricavate dal modello utilizzato per il solaio. Il carico sulle travi di bordo trasversali è stato calcolato mediante area di influenza, sulla base dei carichi considerati.

TABLE: Load Case Definitions		
Case	Type	Description
MODAL	LinModal	Analisi modale
Pp	LinStatic	Carico permanente elementi strutturali (Pp struttura + Pp solaio)
Perm	LinStatic	Carico permanente elementi non strutturali (Ppp solaio + tamp + tramezz.)
Var	LinStatic	Carico variabile copertura
Neve	LinStatic	Carico neve
Sisma X_SLV	LinRespSpec	Sisma SLV direzione trasversale
Sisma Y_SLV	LinRespSpec	Sisma SLV direzione longitudinale
Sisma X_SLD	LinRespSpec	Sisma SLD direzione trasversale
Sisma Y_SLD	LinRespSpec	Sisma SLD direzione longitudinale

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico definiti nel modello.

SLU	combinazione SLU da Normativa
SLV_Sx+0,3Sy+P	combinazione SLV in direzione long.
SLV_Sy+0,3Sx+P	combinazione SLV in direzione trasv.
SLD_Sx+0,3Sy+P	combinazione SLD in direzione long.
SLD_Sy+0,3Sx+P	combinazione SLD in direzione trasv.
COMB1	combinazione carichi permanenti
ENVE	involuppo SLU e SLV
fond_SLV_Sx+0,3Sy+P	combinazione SLV in direzione long. con azione sismica amplificata per gerarchia delle resistenze in fondazione
fond_SLV_Sy+0,3Sx+P	combinazione SLV in direzione trasv. con azione sismica amplificata per gerarchia delle resistenze in fondazione
ENVE_fond	involuppo fond_SLV

TABLE: Combination Definition

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor
SLU	Linear Add	No	Pp	1.3
SLU			Perm	1.3
SLU			Var	1
SLU			Neve	0.75
SLV_Sx+0.35Sy+P	Linear Add	No	Pp	1
SLV_Sx+0.35Sy+P			Perm	1
SLV_Sx+0.35Sy+P			Sisma X_SLV	1
SLV_Sx+0.35Sy+P			Sisma Y_SLV	0.3
SLV_Sy+0.35Sx+P	Linear Add	No	Pp	1
SLV_Sy+0.35Sx+P			Perm	1
SLV_Sy+0.35Sx+P			Sisma X_SLV	0.3
SLV_Sy+0.35Sx+P			Sisma Y_SLV	1
SLD_Sx+0.35Sy+P	Linear Add	No	Pp	1
SLD_Sx+0.35Sy+P			Perm	1
SLD_Sx+0.35Sy+P			Sisma X_SLD	1
SLD_Sx+0.35Sy+P			Sisma Y_SLD	0.3
SLD_Sy+0.35Sx+P	Linear Add	No	Pp	1
SLD_Sy+0.35Sx+P			Perm	1
SLD_Sy+0.35Sx+P			Sisma X_SLD	0.3
SLD_Sy+0.35Sx+P			Sisma Y_SLD	1
ENVE	Envelope	No	SLU	1
ENVE			SLV_Sx+0.35Sy+P	1
ENVE			SLV_Sy+0.35Sx+P	1
fond_SLV_Sx+0.35Sy+P	Linear Add	No	Pp	1
fond_SLV_Sx+0.35Sy+P			Perm	1
fond_SLV_Sx+0.35Sy+P			Sisma X_SLV	1.646
fond_SLV_Sx+0.35Sy+P			Sisma Y_SLV	0.494
fond_SLV_Sy+0.35Sx+P	Linear Add	No	Pp	1
fond_SLV_Sy+0.35Sx+P			Perm	1
fond_SLV_Sy+0.35Sx+P			Sisma X_SLV	0.503
fond_SLV_Sy+0.35Sx+P			Sisma Y_SLV	1.678
ENVE_fond	Envelope	No	SLU	1
ENVE_fond			fond_SLV_Sx+0.35Sy+P	1
ENVE_fond			fond_SLV_Sy+0.35Sx+P	1

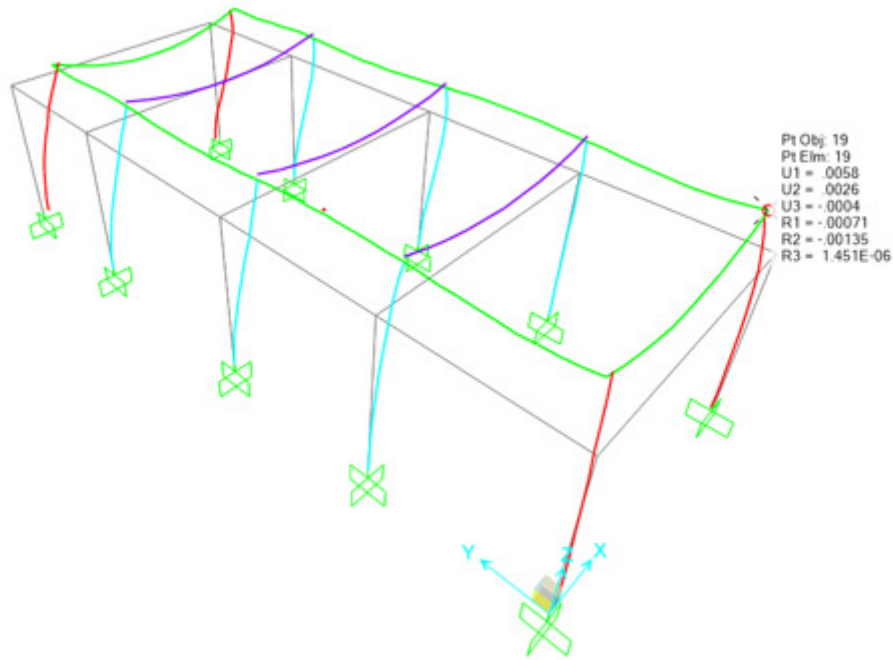
9 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali prescritti dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

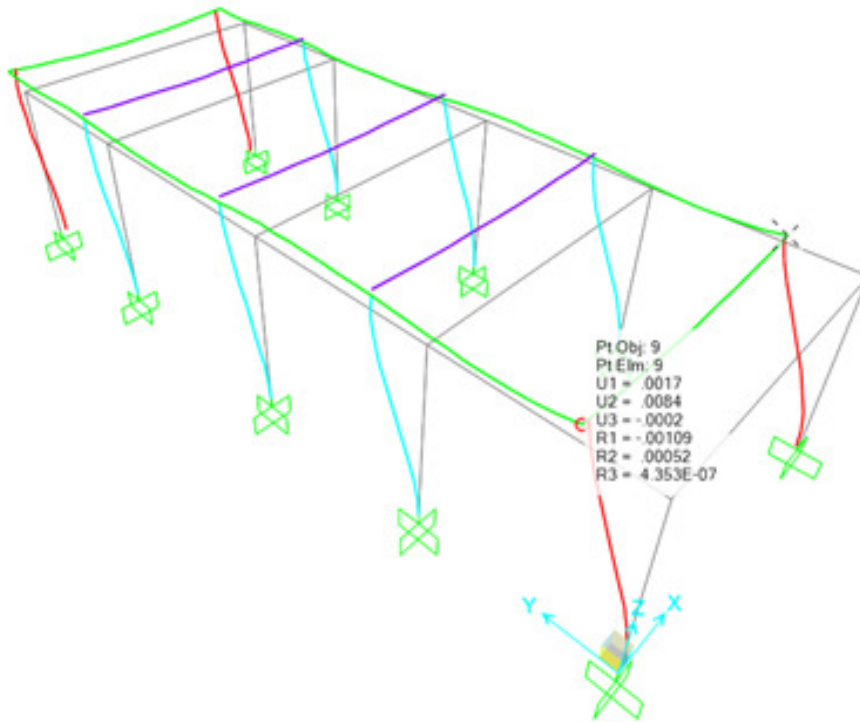
L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata una analisi dinamica modale.

9.1 Deformate significative della struttura

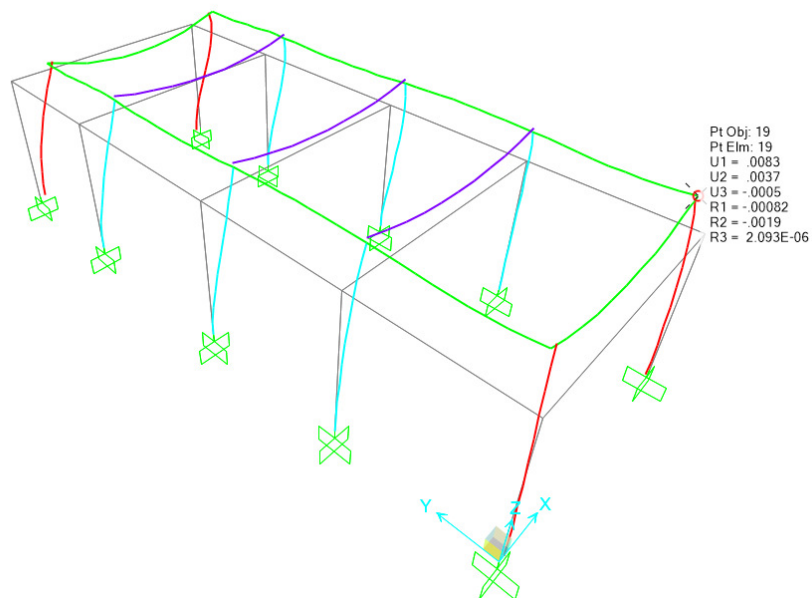
Nel seguito vengono riportate le deformate maggiormente significative della struttura.



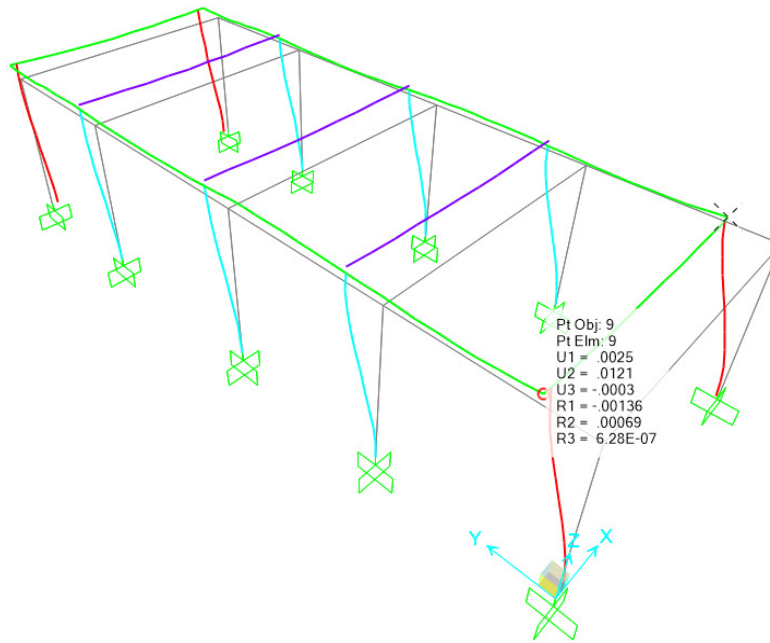
combinazione sismica SLV-Sx+0.3Sy+P



combinazione sismica SLV_Sy+0.30Sx+P



combinazione sismica SLD-Sx+0.3Sy+P



combinazione sismica SLD-Sy+0.3Sx+P

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	U1	U2	Umax=(U1 ² +U2 ²) ^{0.5}
Text	Text	mm	mm	mm
19	SLV_Sx+0.30Sy+P	5.76	2.55	6.30
19	SLV_Sy+0.30Sx+P	1.73	8.38	8.56
19	SLD_Sx+0.30Sy+P	8.32	3.66	9.09
19	SLD_Sy+0.30Sx+P	2.49	12.08	12.33

Secondo quanto riportato nel §7.3.3.3 delle NTC2018, gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando i valori di spostamento massimo d_{Ee} per il fattore φ_d che nel caso specifico vale q .

Si ha quindi:

$$d_{E\max} = 8.56 \text{ mm}$$

$$d_{Ee} = d_{E\max} \times \varphi_d = 8.56 \times 3.3 = 28.2 \text{ mm} = 2.82 \text{ cm}$$

Secondo quanto riportato nel §7.3.7.2 delle NTC2018, gli spostamenti interpiano in presenza dell'azione sismica allo SLD devono essere inferiori ai limiti indicati per evitare che gli elementi non strutturali subiscano danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Gli spostamenti orizzontali massimi allo SLD risultano:

$$d_{r\max} = 12.33 \text{ mm}$$

si pone a favore di sicurezza il limite:

$$d_{\max} < 0.005 h = 0.005 \times 4000 = 20\text{mm}$$

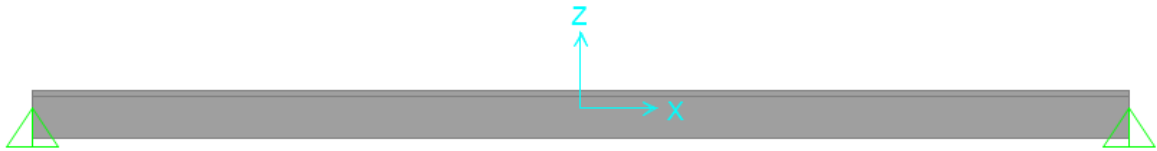
con h= altezza del piano

La verifica è soddisfatta.

9.2 Verifiche solaio

I valori del momento flettente di progetto e del taglio sollecitante di progetto sono stati determinati mediante un modello del solaio realizzato con il programma di calcolo "SAP2000" ver.20.2.0.

Di seguito si riporta un'immagine dello schema statico per esso adottato e le relative sollecitazioni utilizzate per la verifica.



Per il dimensionamento e la verifica dei travetti del solaio sono stati usati i seguenti valori caratteristici dei carichi.

Campata centrale: solaio H= 4+22+4 cm

Pesi propri elementi strutturali 3.18 kN/m

Pesi propri elementi non strutturali 2.16 kN/m

Sovraccarico variabile 0.60 kN/m

Sovraccarico variabile da neve 0.30 kN/m

Le combinazioni utilizzate sono le seguenti:

$$F_d = 1.3 \times G + 1.5 \times Q_{\text{var}} + 1.5 \times 0.5 \times Q_{\text{neve}}$$

In cui:

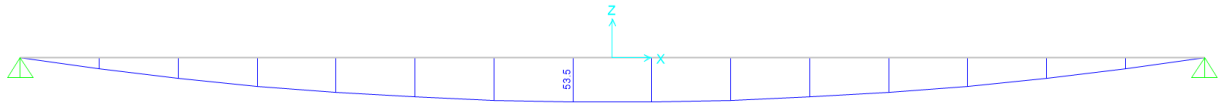
G è la somma dei pesi propri elementi strutturali + pesi propri elementi non strutturali;

Q_{var} è il sovraccarico variabile per il solaio H=4+22+4;

Q_{nev} è il sovraccarico variabile dovuto alla presenza della neve.

Verifica a flessione (solaio 4+22+4)

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni flettenti.



Armatura inferiore presente in mezzeria 3 Ø16

Verifica C.A. S.L.U. - File: SOLAIO 4+22+4 MAX

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

Titolo : SOLAIO 4+22+4 MAX

N° figure elementari 3 Zoom N° strati barre 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	60	4
2	20	22
3	60	4

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6.03	25.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 53.5 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

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

Precompresso

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
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8 ?
ε _{syd} 1.957 ‰	σ _{c,adm} 11.5
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.6933
	τ _{c1} 2.029

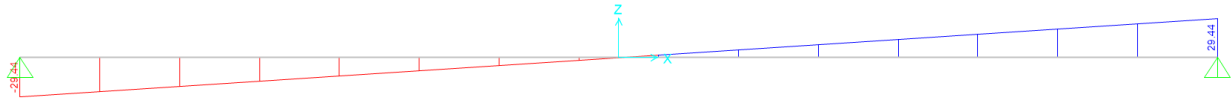
M_{xRd} 56.65 kN m

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 27.42 ‰
d 25.2 cm
x 2.852 w/d 0.1132
δ 0.7

La verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio (soffitto 4+22+4)

Di seguito si riporta il diagramma delle sollecitazioni taglianti.



Per la verifica si prende in considerazione il valore del taglio all'appoggio del travetto.

DATI SEZIONE		
Base	20	[cm]
Altezza	30	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA LONGITUDINALE			
N° barre	Diametro	Area	u.m.
3	16	603	[mm ²]
			[mm ²]
			[mm ²]
			[mm ²]
			[mm ²]
			[mm ²]

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	29.44	[kN]

RISULTATI		
k	1.88	
Area sezione	60000	mm ²
Armatura totale	603	mm ²
ρ _l	0.01160	
σ _{cp}	0.00	MPa
v _{min}	0.50	
V _{Rd,min}	25.94	kN
V _{Ed}	29.44	
V _{Rd}	38.54	kN
SEZIONE VERIFICATA		
Clear		Calcola

Menù

Il travetto non necessita di armatura a taglio.

9.3 Verifiche trave longitudinale 30 x 60

Flessione

I momenti flettenti di calcolo utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle travi sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura.

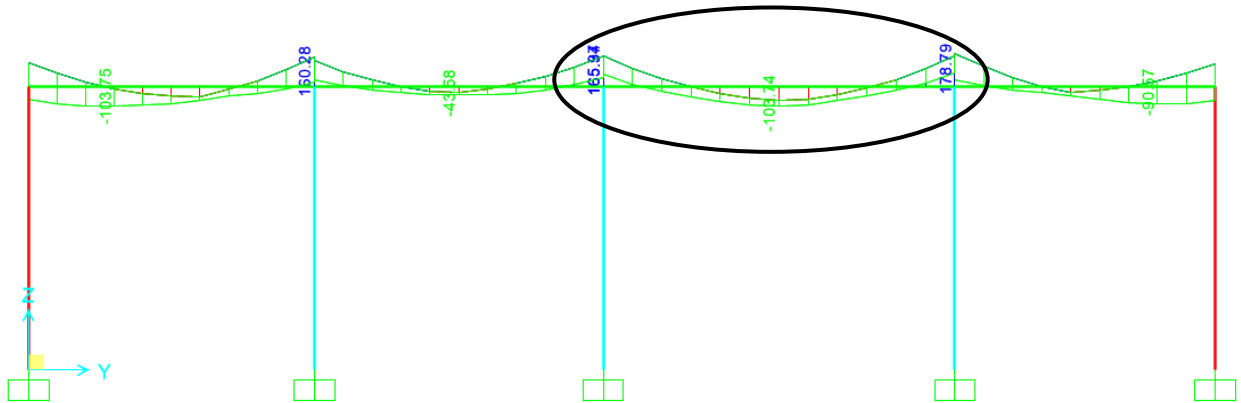


Diagramma del momento – combinazione ENVE

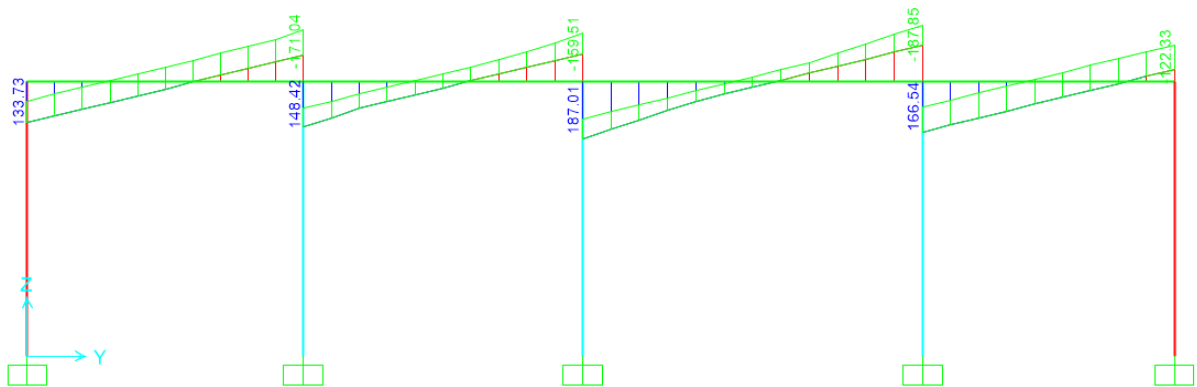


Diagramma del taglio – combinazione ENVE

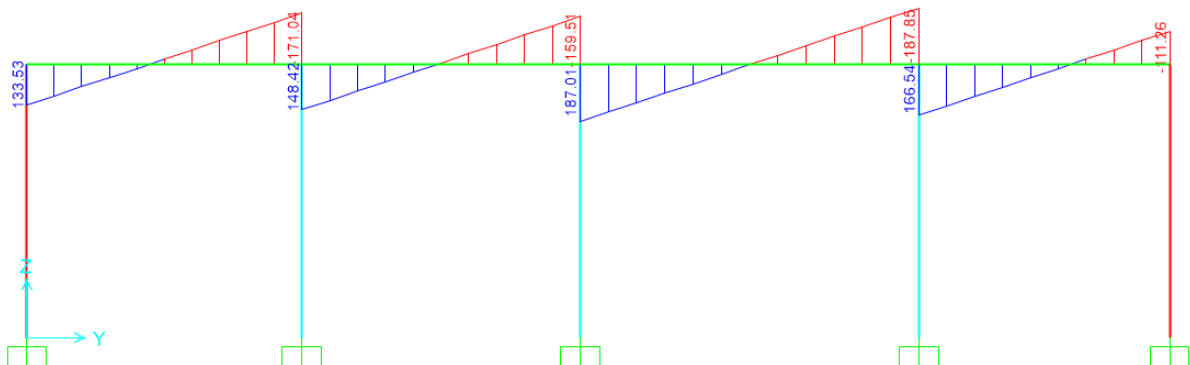


Diagramma del taglio – combinazione SLU

Momento in campata

Armatura presente 3 $\emptyset 16$ inf 3 $\emptyset 16$ sup

Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 30X60 MEZZERIA

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

Titolo : TRAVE 30X60 MEZZERIA

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	60	1	6.03	5.8
			2	6.03	54.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	105	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

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

Tipo flessione
 Retta Devia

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 122.3 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 29.4 ‰

d 54.2 cm

x 5.766 x/d 0.1064

δ 0.7

Risulta: $M_{sd} < M_{Rd}$.

La verifica è soddisfatta.

Momento all'appoggio

Armatura presente 3 Ø16 inf (3+3) Ø16 sup

Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 30X60 APPOGGIO

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

Titolo : TRAVE 30X60 APPOGGIO

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	60	1	6.03	5.8
			2	6.03	7.6
			3	6.03	54.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -179 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M_{xRd} -232.2 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 19.29 ‰
 d 54.2 cm
 x 8.323 x/d 0.1536
 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

Risulta: $M_{Sd} < M_{Rd}$.

La verifica è soddisfatta.

Taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo sono state ottenute sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata alle estremità, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni esterne amplificati per un fattore di sovreresistenza $\gamma_{R,d}$ assunto pari a 1 per la struttura calcolata in bassa duttilità.

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{Rd,1} + M_{Rd,2}}{l_t} + \frac{q \times l}{2}$$

In cui:

$$\gamma_{Rd} = 1.0 \text{ per strutture progettate in CD "B"}$$

$$M_{Rd1} = 232.2 \text{ kNm} \quad M_{Rd2} = 122.3 \text{ kNm}$$

$$l_t = 5.6 - 0.4 = 5.20 \text{ m}$$

A vantaggio di sicurezza, la componente statica del taglio ($q \times L / 2$) è stata dedotta dal valore massimo di taglio riscontrato per la combinazione a SLU (187.85 kN). A vantaggio di sicurezza, la verifica a taglio nella zona critica è stata condotta forzando il valore $\cotg(\theta) = 1$, anche se la struttura è calcolata come CD "B".

DATI SEZIONE		
Base	30	[cm]
Altezza	60	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	10	157	10	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	256	[kN]

RISULTATI		
σ_{cp}	0.00	
α_c	1.00	
ω_{st}	0.12	
$\cotg \theta$	1.00	
V _{Rsd}	309.79	kN
V _{Rcd}	657.81	kN
V _{Ed}	256.02	kN
V _{Rd}	309.79	

SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg θ	x	
Valore	1	Menù

La trave è stata verificata con armatura trasversale pari a $\emptyset 10/10$

$$V_{Ed} < V_{RD} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

La verifica è soddisfatta.

9.1 Verifiche trave trasversale 30 x 60

Flessione

I momenti flettenti di calcolo utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle travi sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura.

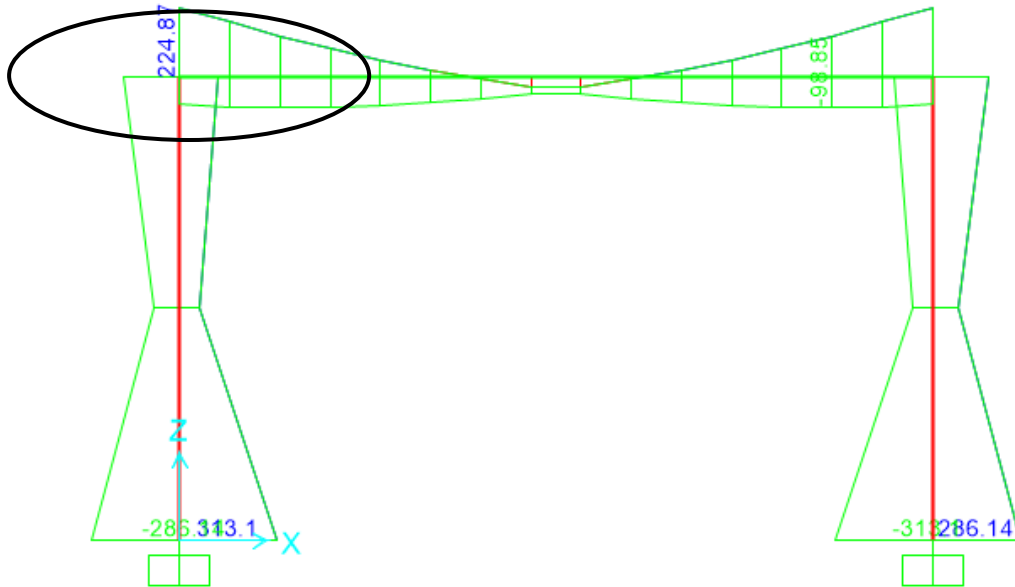


Diagramma del momento – combinazione ENVE

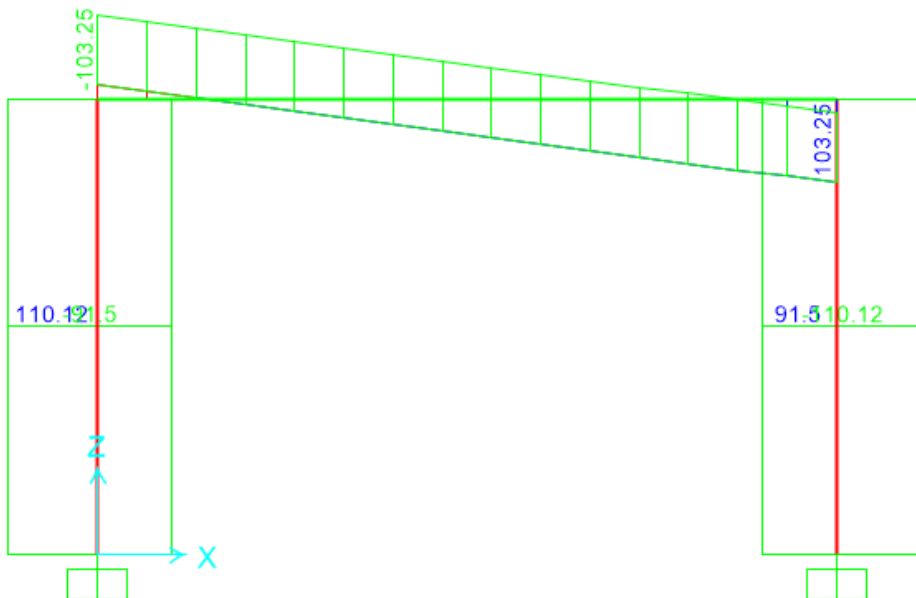


Diagramma del taglio – combinazione ENVE

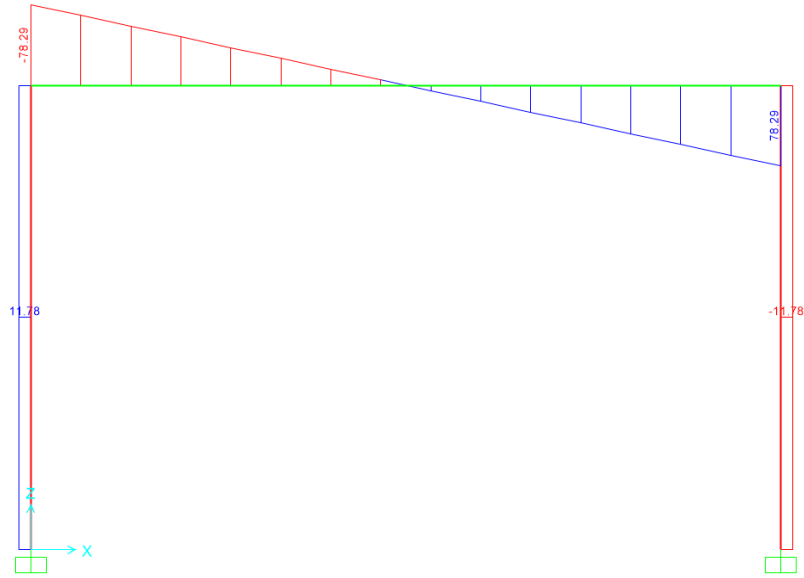


Diagramma del taglio – combinazione SLU

Momento in campata

Armatura presente 3 $\emptyset 16$ inf 3 $\emptyset 16$ sup

Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 30X60 MEZZERIA

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

Titolo : TRAVE 30X60 MEZZERIA

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	60	1	6.03	5.8
			2	6.03	54.2

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	99	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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

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

M_{xRd} 122.3 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 29.4 ‰

d 54.2 cm

x 5.766 x/d 0.1064

δ 0.7

Risulta: $M_{Sd} < M_{Rd}$

La verifica è soddisfatta.

Momento all'appoggio

Armatura presente 3 Ø16 inf (3+3) Ø16 sup

Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 30X60 APPOGGIO

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

Titolo: TRAVE 30X60 APPOGGIO

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	30	60	1	6.03	5.8
			2	6.03	7.6
			3	6.03	54.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -225 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -232.2 kN m

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 19.29 ‰
d 54.2 cm
x 8.323 x/d 0.1536
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
L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

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 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

Risulta: $M_{Sd} < M_{Rd}$

La verifica è soddisfatta.

Taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo sono state ottenute sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata alle estremità, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni esterne amplificati per un fattore di sovrarresistenza $\alpha_{R,d}$ assunto pari a 1 per la struttura calcolata in bassa duttilità.

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{Rd,1} + M_{Rd,2}}{l_t} + \frac{q \times l}{2}$$

In cui:

$\gamma_{Rd} = 1.0$ per strutture progettate in CD" B".

$$M_{Rd1} = 232.2 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd2} = 122.3 \text{ kNm}$$

$$l_t = 7.3 - 0.3 - 0.4 \cdot 2 = 6.2 \text{ m}$$

A vantaggio di sicurezza, la componente statica del taglio ($q \times L / 2$) è stata dedotta dal valore massimo di taglio riscontrato per la combinazione a SLU (78.3 kN). A vantaggio di sicurezza, la verifica a taglio nella zona critica è stata condotta forzando il valore $\cotg(\theta) = 1$, anche se la struttura è calcolata come CD" B".

DATI SEZIONE		
Base	30	[cm]
Altezza	60	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	10	157	15	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	135	[kN]

RISULTATI		
σ_{cp}	0.00	
α_c	1.00	
ω_{st}	0.08	
$\cotg \theta$	1.00	
V _{Rsd}	206.53	kN
V _{Rcd}	657.81	kN
V _{Ed}	135.48	kN
V _{Rd}	206.53	

SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg θ	x	
Valore	1	Menù

La trave è stata verificata con armatura trasversale pari a $\emptyset 10$ passo 15

$$V_{Ed} < V_{RD} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

La verifica è soddisfatta.

9.1 Verifiche trave 50 x 30

Flessione

I momenti flettenti di calcolo utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle travi sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura.

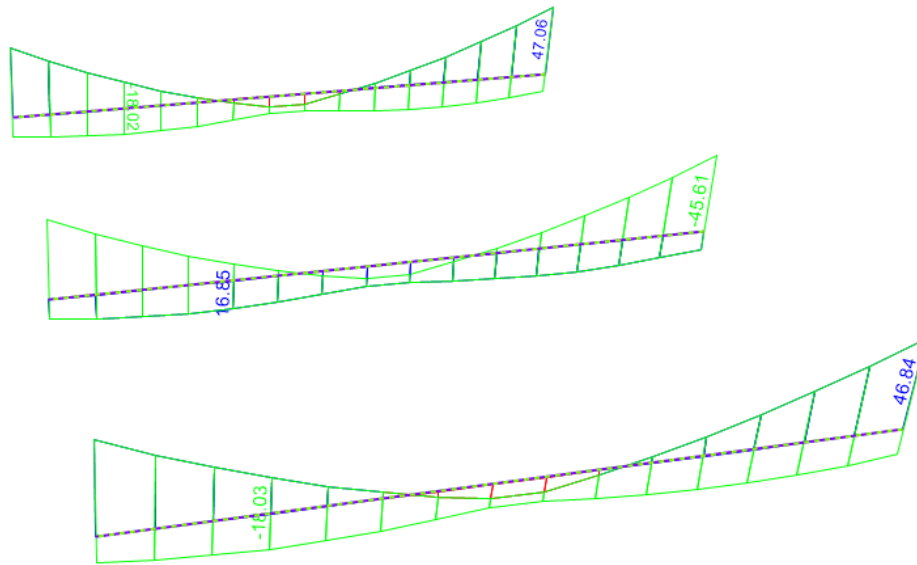


Diagramma del momento – combinazione ENVE

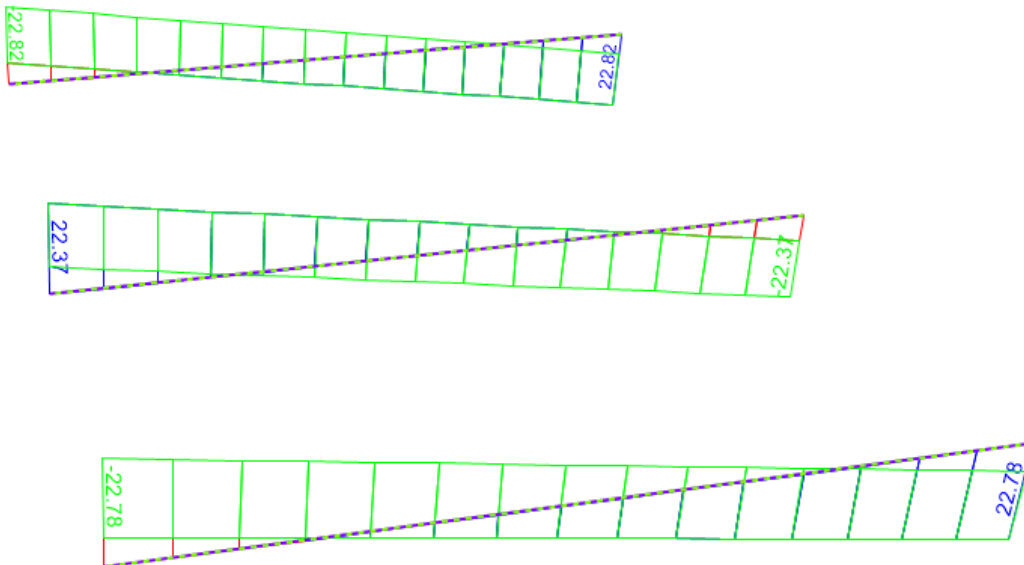


Diagramma del taglio – combinazione ENVE

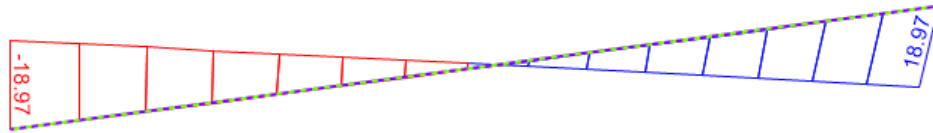
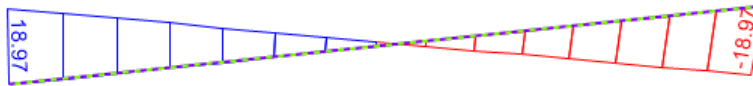
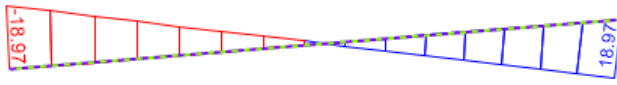


Diagramma del taglio – combinazione SLU

Momento in campata

Armatura presente 4 $\emptyset 16$ inf 4 $\emptyset 16$ sup

Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 50x30 MEZZERIA

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

Titolo : TRAVE 50X30 MEZZERIA

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	30	1	8.04	5.8
			2	8.04	24.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	18	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

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	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
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 71.01 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 12.44 ‰

d 24.2 cm

x 5.315 x/d 0.2196

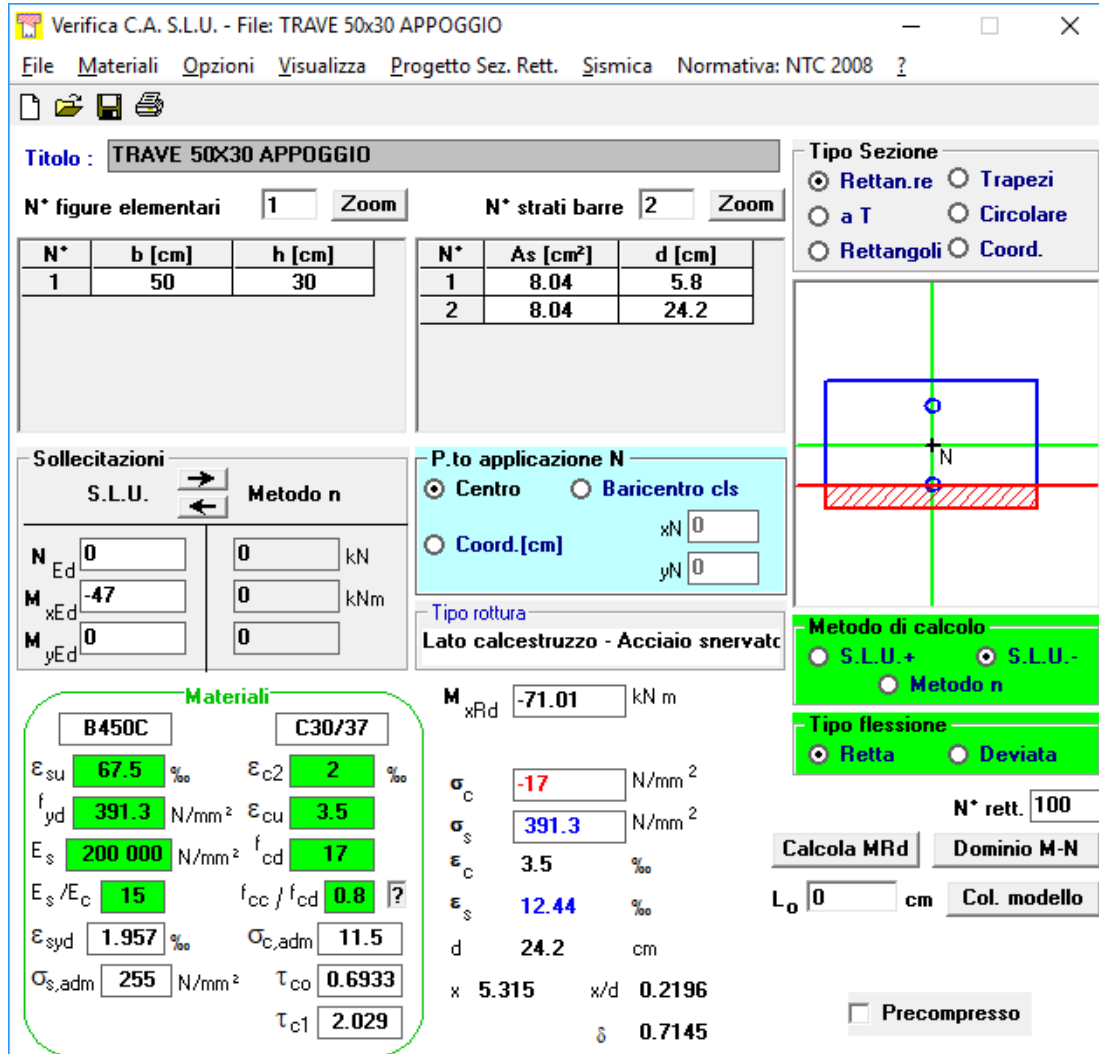
δ 0.7145

Risulta: $M_{Sd} < M_{Rd}$

La verifica è soddisfatta.

Momento all'appoggio

Armatura presente 4 Ø16 inf 4 Ø16 sup



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U. - File: TRAVE 50x30 APPOGGIO' window. It includes a menu bar, a toolbar, and several panels for defining the beam section and its properties.

Titolo: TRAVE 50x30 APPOGGIO

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	50	30	1	8.04	5.8
			2	8.04	24.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: -47 kNm
M_{yEd}: 0

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

M_{xRd}: -71.01 kNm

σ_c: -17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 12.44 ‰
d: 24.2 cm
x: 5.315 **x/d:** 0.2196
δ: 0.7145

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

Risulta: $M_{Sd} < M_{Rd}$

La verifica è soddisfatta.

Taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti la taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo sono state ottenute sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata alle estremità, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni esterne amplificati per un fattore di sovreresistenza $\phi_{R,d}$ assunto pari a 1 per la struttura calcolata in bassa duttilità.

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{Rd,1} + M_{Rd,2}}{l_t} + \frac{q \times l}{2}$$

In cui:

$\gamma_{Rd} = 1.0$ per strutture progettate in CD"B".

$$M_{Rd1} = M_{Rd2} = 71 \text{ kNm}$$

$$l_t = 7.3 - 0.3 = 7.0 \text{ m}$$

A vantaggio di sicurezza, la componente statica del taglio ($q \times L / 2$) è stata dedotta dal valore massimo di taglio riscontrato per la combinazione a SLU (19.0 kN). A vantaggio di sicurezza, la verifica a taglio nella zona critica è stata condotta forzando il valore $\cotg(\theta) = 1$, anche se la struttura è calcolata come CD"B".

DATI SEZIONE				
Base	50	[cm]		
Altezza	30	[cm]		
Copriferro	4	[cm]		

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	8	101	15	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	39	[kN]

RISULTATI	
σ_{cp}	0.00
α_c	1.00
ω_{st}	0.02
$\cotg \theta$	1.00
V _{Rsd}	46.03 kN
V _{Rcd}	509.02 kN
V _{Ed}	39.29 kN
V _{Rd}	46.03

SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg θ	x	Menù
Valore	1	

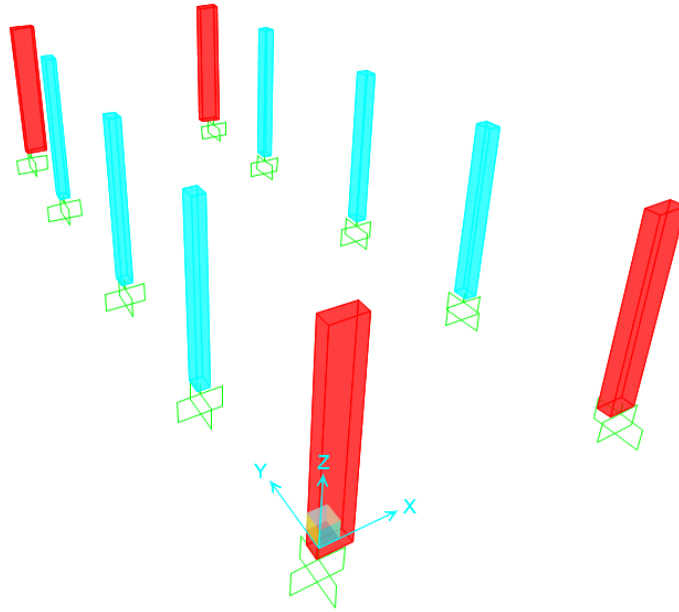
La trave è stata verificata con armatura trasversale pari a $\emptyset 8$ /passo 15

$$V_{Ed} < V_{RD} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

La verifica è soddisfatta.

9.1 Verifiche pilastri

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di involucro derivanti dall'analisi del modello con pilastri incastrati al piede.



Pilastri 30x70 e pilastri 40x30

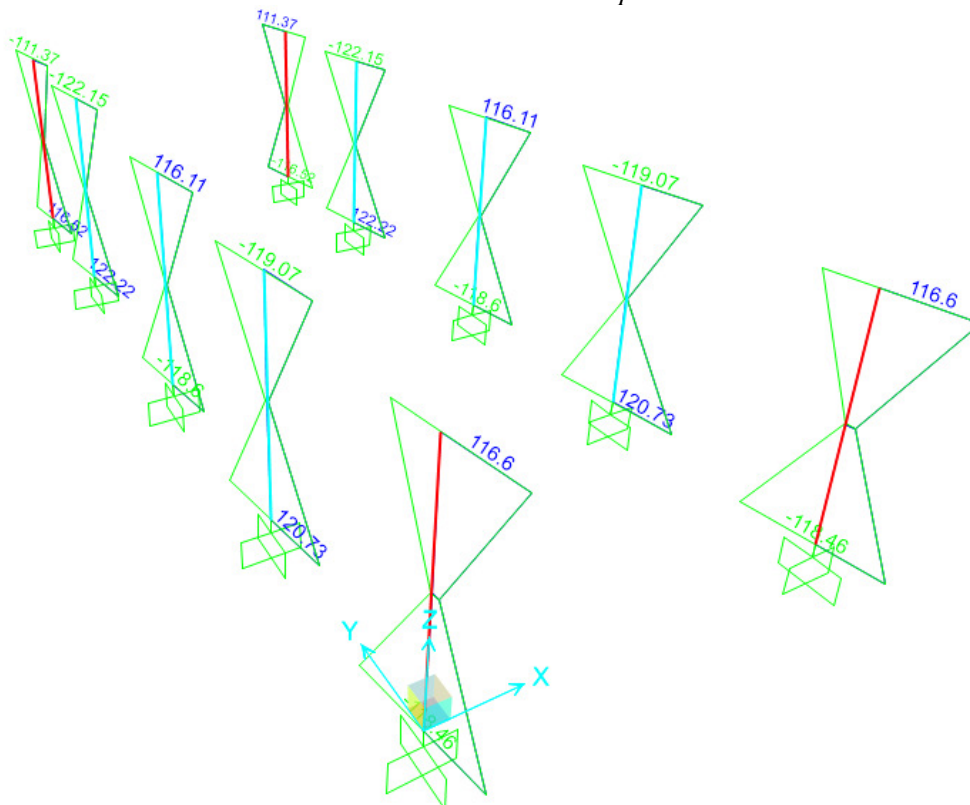


Diagramma del momento M33 – combinazione ENVE

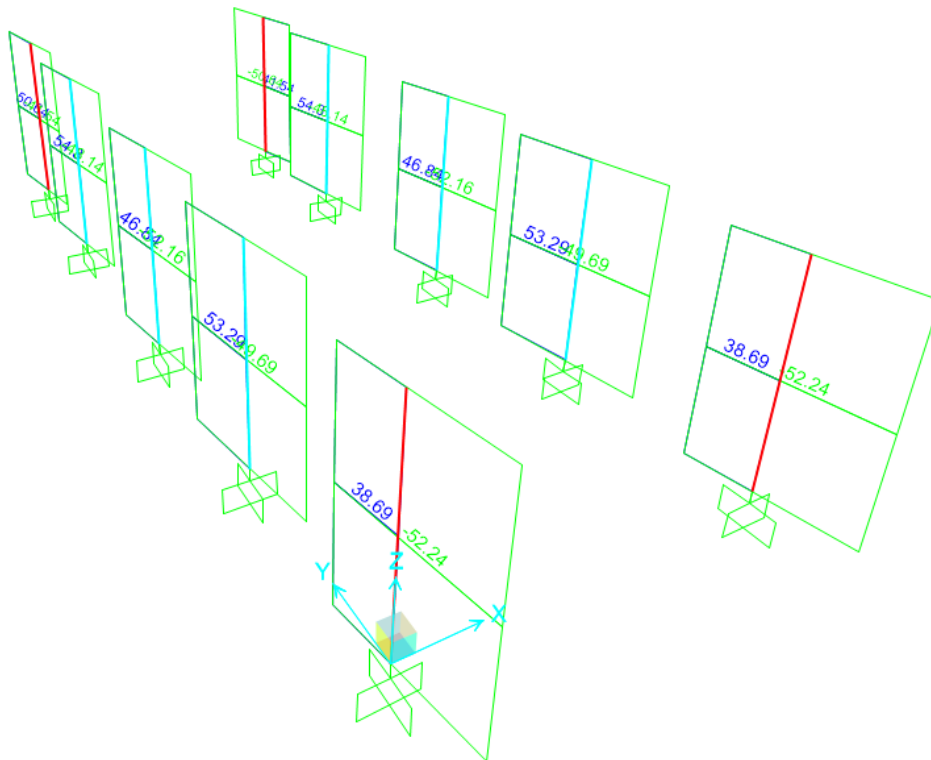


Diagramma del taglio T22 – combinazione ENVE

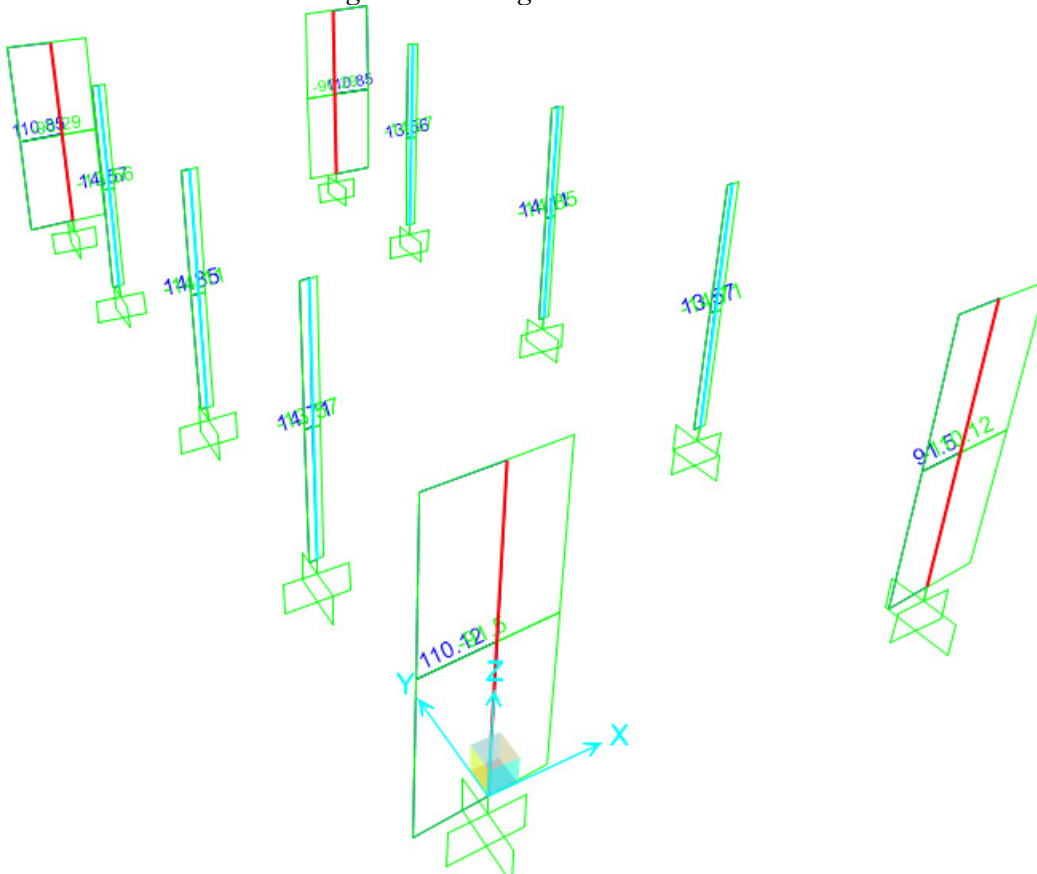


Diagramma del taglio T33 – combinazione ENVE

9.1.1 Pilastri 30x70

Presso-flessione

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione dei pilastri. Le sollecitazioni considerate sono quelle ricavate dalle analisi dei modelli. A vantaggio di sicurezza sono considerati come contemporanei i valori massimi di M_x e M_y con i valori di sforzo assiale massimo e minimo.

Armatura presente 14 $\varnothing 20$

Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x70

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

Titolo : **PILASTRO 30X70 - Pressoflessione deviata Nmax**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	15	35	1	3.142	-9	29
2	-15	35	2	3.142	0	29
3	-15	-35	3	3.142	9	29
4	15	-35	4	3.142	-9	18.6
			5	3.142	9	18.6
			6	3.142	-9	6.2

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

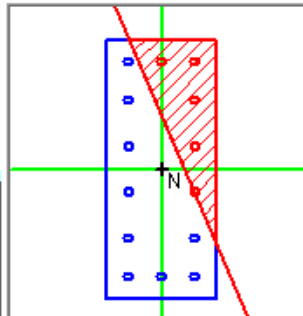
Precompresso

Materiali

B450C **C30/37**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 M_{yRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ



Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x70

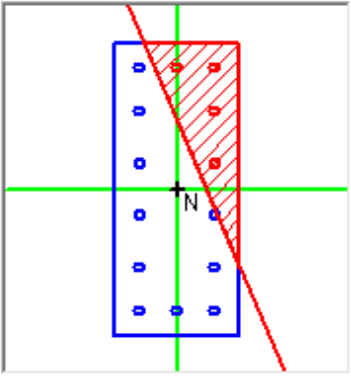
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : PILASTRO 30X70 - Pressoflessione deviata Nmin

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	15	35	1	3.142	-9	29
2	-15	35	2	3.142	0	29
3	-15	-35	3	3.142	9	29
4	15	-35	4	3.142	-9	18.6
			5	3.142	9	18.6
			6	3.142	-9	6.2

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



Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="105"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="314"/>	<input type="text" value="0"/>	kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="117"/>	<input type="text" value="0"/>	

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 M_{yRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x70

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

Titolo : **PILASTRO 30X70 - Pressoflessione retta**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	15	35	1	3.142	-9	29
2	-15	35	2	3.142	0	29
3	-15	-35	3	3.142	9	29
4	15	-35	4	3.142	-9	18.6
			5	3.142	9	18.6
			6	3.142	-9	6.2

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 8.426 ‰
 d 64 cm
 x 18.78 x/d 0.2935
 δ 0.8068

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

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
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

Gerarchia delle resistenze

Il criterio di gerarchia delle resistenze non si applica alle sezioni in sommità dei pilastri. Per la verifica dei pilastri, e in particolare per la sezione di base dei pilastri si adotta come momento di calcolo il maggiore tra il momento risultante dall'analisi ed il momento $M_{C,Rd}$ della sezione di sommità del pilastro. L'armatura nel pilastro viene mantenuta costante, quindi la verifica è automaticamente soddisfatta.

Taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per le verifiche e il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore $M_{e,Rd}^s$ e $M_{c,Rd}^i$ secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{c,Rd}^s + M_{c,Rd}^i}{l_p}$$

In cui:

- $\gamma_{Rd} = 1.1$ per strutture progettate in CD" B"
- $M_{c,Rd}^s = M_{c,Rd}^i = 481.6$ kNm
- $l_p = 4.5 - 0.70 = 3.80$ m
-

DATI SEZIONE		
Base	30	[cm]
Altezza	70	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	10	157	10	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	279	[kN]

RISULTATI		
σ_{cp}	0.00	
α_c	1.00	
ω_{st}	0.12	
cotg Θ	1.00	
V _{Rsd}	365.11	kN
V _{Rcd}	775.27	kN
V _{Ed}	278.82	kN
V _{Rd}	365.11	

SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg Θ	x	
Valore	1	Menù

Il pilastro è stato verificato con armatura trasversale pari a $\emptyset 10$ /passo 10.

$$V_{Ed} < V_{RD} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

La verifica è soddisfatta.

Prescrizioni costruttive

Di seguito si riportano gli estratti del software impiegato per la verifica del rispetto delle prescrizioni costruttive nei pilastri. Nelle figure è riportato il reale quantitativo di armatura a taglio e la corretta disposizione di staffe e spille.

9.1.2 Pilastri 30x40

Presso-flessione

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione dei pilastri. Le sollecitazioni considerate sono quelle ricavate dalle analisi dei modelli. A vantaggio di sicurezza sono considerati come contemporanei i valori massimi di M_x e M_y con i valori di sforzo assiale massimo e minimo.

Armatura presente 10 $\varnothing 20$

Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x40

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

Titolo : **PILASTRO 30X40 - pressoflessione deviata Nmax**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-15	-20	6	3.14	9	-14
2	-15	20	7	3.14	9	-5.32
3	15	20	8	3.14	0	-14
4	15	-20	9	3.14	-9	5.32
			10	3.14	9	5.32

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Materiali

B450C **C30/37**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 M_{yRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x40

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

Titolo : **PILASTRO 30X40 - pressoflessione deviata Nmin**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-15	-20
2	-15	20
3	15	20
4	15	-20

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	9	-14
7	3.14	9	-5.32
8	3.14	0	-14
9	3.14	-9	5.32
10	3.14	9	5.32

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Materiali

B450C **C30/37**

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd}
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 M_{yRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica C.A. S.L.U. - File: PILASTRO 30x40

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

Titolo : PILASTRO 30X40 - pressoflessione retta

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-15	-20
2	-15	20
3	15	20
4	15	-20

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
6	3.14	9	-14
7	3.14	9	-5.32
8	3.14	0	-14
9	3.14	-9	5.32
10	3.14	9	5.32

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

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
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 5.57 ‰
 d 34 cm
 x 13.12 x/d 0.3859
 δ 0.9224

Gerarchia delle resistenze

Il criterio di gerarchia delle resistenze non si applica alle sezioni in sommità dei pilastri. Per la verifica dei pilastri, e in particolare per la sezione di base dei pilastri si adotta come momento di calcolo il maggiore tra il momento risultante dall'analisi ed il momento $M_{c,Rd}$ della sezione di sommità del pilastro. L'armatura nel pilastro viene mantenuta costante, quindi la verifica è automaticamente soddisfatta.

Taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio da utilizzare per le verifiche e il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore $M_{c,Rd}^s$ e $M_{c,Rd}^i$ secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \frac{M_{c,Rd}^s + M_{c,Rd}^i}{l_p}$$

In cui:

- $\gamma_{Rd} = 1.1$ per strutture progettate in CD"B"
- $M_{c,Rd}^s = M_{c,Rd}^s = 190.8 \text{ kNm}$
- $l_p = 4.5 - 0.70 = 3.80 \text{ m}$

Il pilastro è stato verificato con armatura trasversale pari a $\emptyset 8$ /passo 15

$$V_{Ed} < V_{RD} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

DATI SEZIONE		
Base	30	[cm]
Altezza	70	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	8	101	15	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	37	[MPa]
f _{ck}	30.71	[MPa]
f _{cd}	17.40	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	110	[kN]

RISULTATI		
σ_{cp}	0.00	
α_c	1.00	
ω_{st}	0.05	
cotg \emptyset	1.00	
V _{Rsd}	155.78	kN
V _{Rcd}	775.27	kN
V _{Ed}	110.46	kN
V _{Rd}	155.78	

SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg \emptyset	x	
Valore	1	Menù

La verifica è soddisfatta.

Prescrizioni costruttive

Di seguito si riportano gli estratti del software impiegato per la verifica del rispetto delle prescrizioni costruttive nei pilastri. Nelle figure è riportato il reale quantitativo di armatura a taglio e la corretta disposizione di staffe e spille.

9.1 Verifiche fondazioni

Come indicato nel DM 17 gennaio 2018 al § 7.2.5, le strutture di fondazione devono essere verificate considerando come azioni le resistenze degli elementi strutturali soprastanti, amplificate per il fattore di sovrarresistenza ($\gamma_{RD} = 1.1$ per edifici in CD" B"). Nel caso in esame, tale effetto è stato conseguito individuando delle combinazioni di carico apposite, corrispondenti a quelle definite per lo SLV, nelle quali però le azioni sismiche in ogni direzione sono state amplificate per γ_{RD} e per il maggiore tra i rapporti tra le sollecitazioni di flessione individuate dal modello per lo SLV ed la resistenza a flessione dei pilastri. In particolare:

- direzione longitudinale (pilastro 30x40): $\alpha_x = M_{Rd} / M_{Sd} \times \gamma_{RD} = 184 / 123 \times 1.1 = 1.646$
- direzione trasversale (pilastro 30x70): $\alpha_y = M_{Rd} / M_{Sd} \times \gamma_{RD} = 479 / 314 \times 1.1 = 1.678$

I valori di M_{Rd} degli elementi sono stati dedotti da apposite verifiche a pressoflessione retta, sopra riportate. I valori di M_{Sd} degli elementi (nella direzione considerata) sono stati dedotti dalle analisi del modello con pilastri incastrati al piede nelle combinazioni di carico agli SLV (in direzione X e Y).

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di involuppo derivanti dall'analisi del modello su suolo elastico. Sono evidenziati gli elementi più sollecitati per ogni tipo di sezione (a T rovescia e rettangolare)

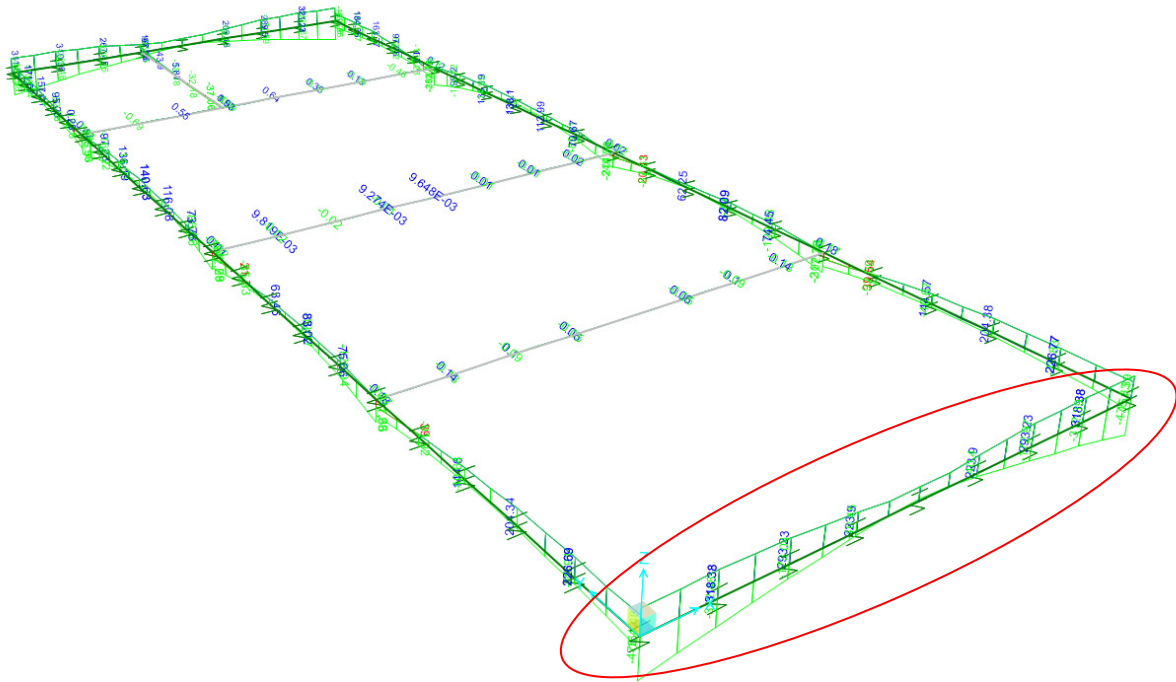


Diagramma del Momento M3 – combinazione ENVE_fond

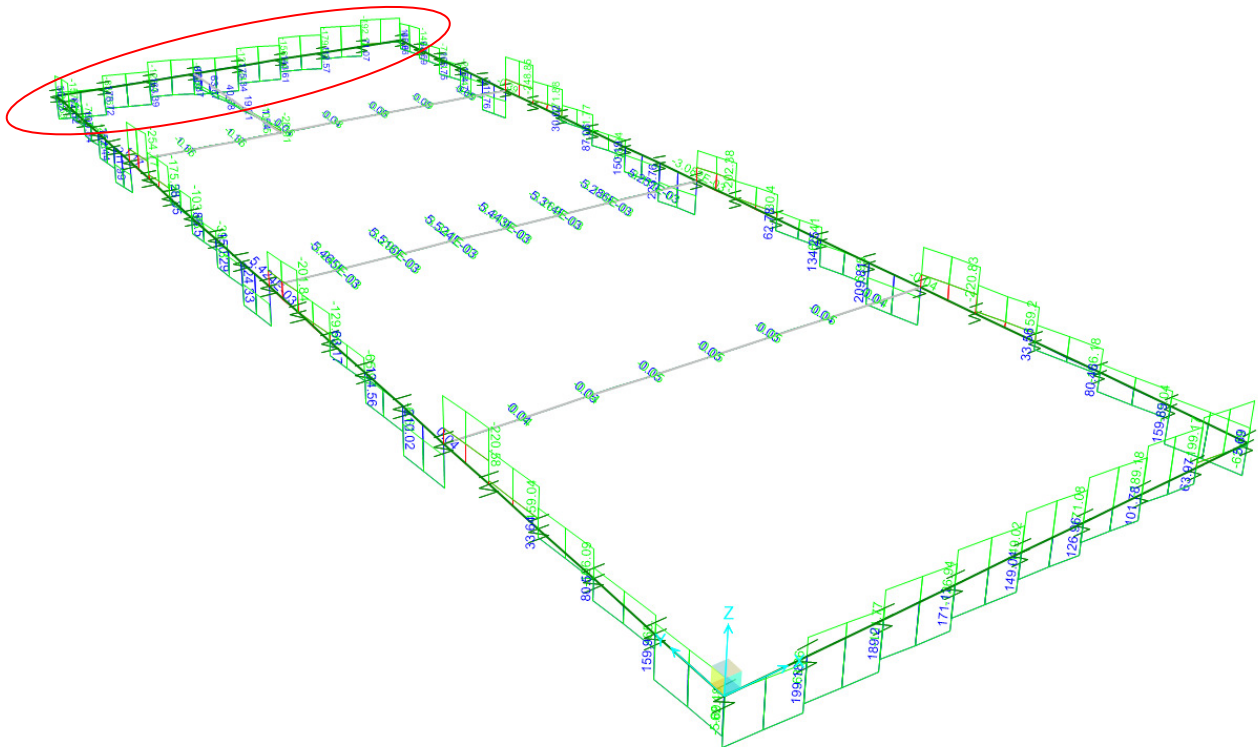


Diagramma del Taglio T2 – combinazione ENVE_fond

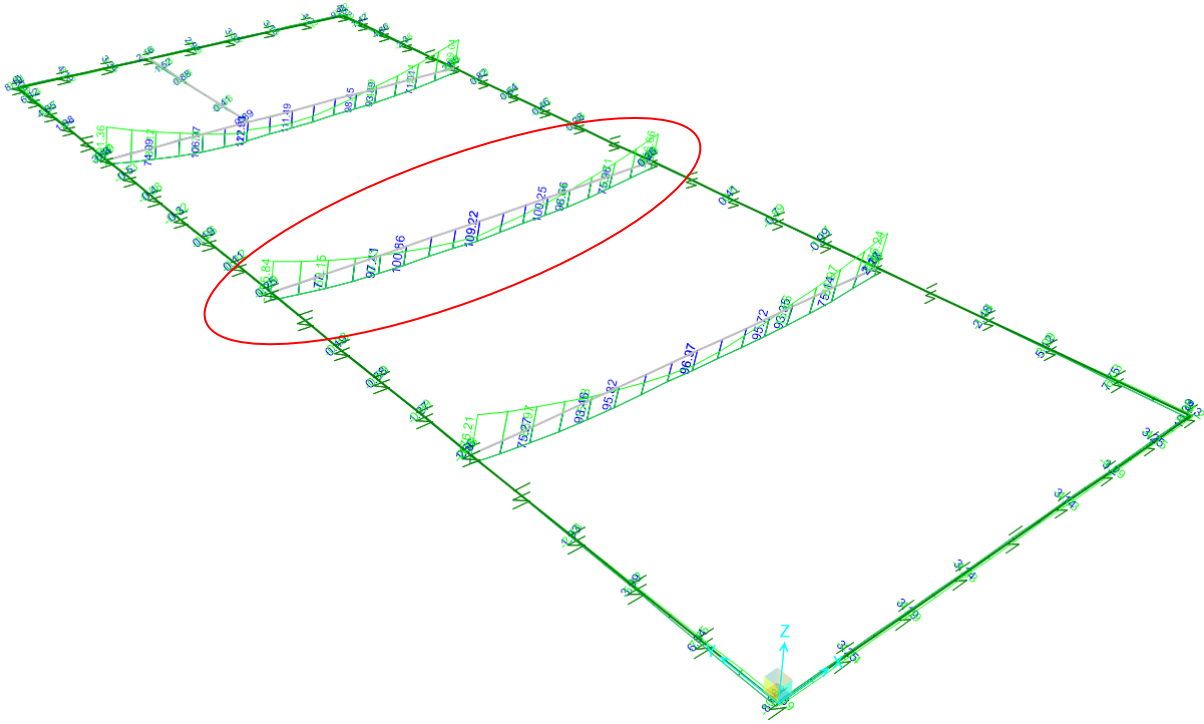


Diagramma del Momento M2 – combinazione ENVE_fond

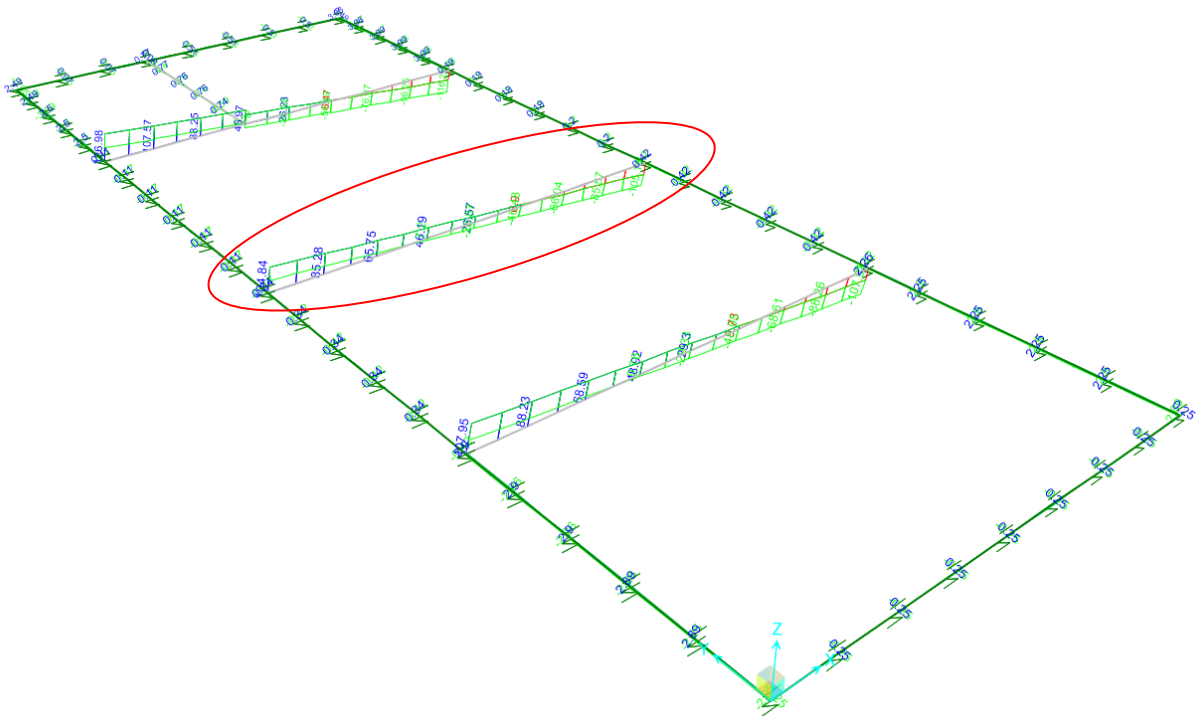


Diagramma del Taglio T3 – combinazione ENVE_fond



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
STAZIONE DI MATERA "LA MARTELLA"
FABBRICATO TECNOLOGICO

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	02	D09 CL FV02 00004	B	64 di 69

I collegamenti orizzontali delle fondazioni devono resistere ad un'azione assiale che per profilo stratigrafico tipo "E" (in assenza di indicazioni più precise si assimila cautelativamente ad un terreno tipo "D") vale:

$$\pm 0.6 \times N_{sd} \times a_{max}/g = 10 \text{ kN}$$

Dove

$N_{sd} = \sim 64 \text{ kN}$ (dedotta da modello di calcolo per la combinazione ENVE)

$$a_{max} = a_g \times g \times S = 0.169 \times 1.532 = 0.259 \text{ g}$$

Vista la modesta entità di tale azione, è stata trascurata nelle verifiche.

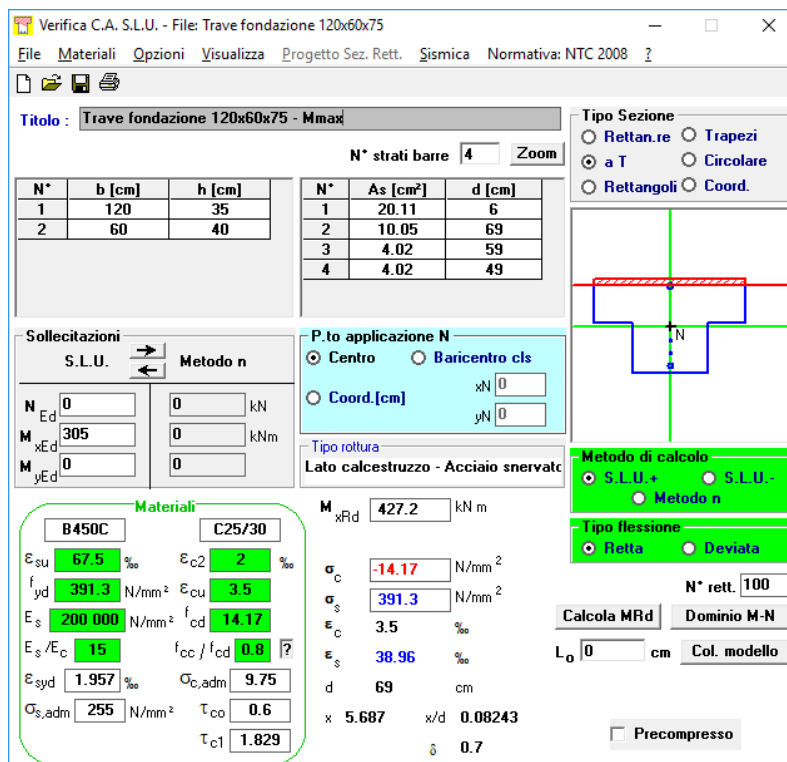
9.1.1 Verifiche trave rovescia (120x60x75)

Pressoflessione

I valori massimi e minimi del momento flettente sulle travi rovesce sono stati dedotti dall'analisi del modello per la combinazione di involuppo ENVE_fond.

Armatura presente: base 10 Ø16

Anima 5 Ø16 + (2+2) Ø16 in parete



Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave fondazione 120x60x75

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

Titolo: Trave fondazione 120x60x75 - Mmax

N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	35	1	20.11	6
2	60	40	2	10.05	69
			3	4.02	59
			4	4.02	49

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 305 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipologia rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 427.2 kNm

Materiali: B450C C25/30

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} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_s 3.5 ‰
ε_s 38.96 ‰
d 69 cm
x 5.687 x/d 0.08243
δ 0.7

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave fondazione 120x60x75

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

Titolo: Trave fondazione 120x60x75 - Mmin

N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	95	1	20.11	6
2	60	40	2	10.05	69
			3	4.02	59
			4	4.02	49

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -475 kNm
M_{yEd} 0

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

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C25/30

E_{su} 67.5 % ε_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 %
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17 %
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.9
E_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

M_{xRd} -551 kNm
σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 %
ε_s 18.53 %
d 69 cm
x 10.96 x/d 0.1589
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
Fletta Deviata

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

Taglio

I valori massimi del taglio sulle travi rovesce sono stati dedotti dall'analisi del modello per la combinazione di involuppo ENVE_fond.

Di seguito si riportano gli estratti del foglio di calcolo impiegato per la verifica.

DATI SEZIONE		
Base	60	[cm]
Altezza	75	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm²]	[cm]	[°]
2	8	101	10	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	30	[MPa]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	200	[kN]

RISULTATI		
σ _{cp}	0.00	
α _c	1.00	
ω _{st}	0.05	
cotg θ	1.00	
V _{Rsd}	251.37	kN
V _{Rcd}	1352.45	kN
V _{Ed}	200.00	kN
V _{Rd}	251.37	
SEZIONE VERIFICATA		
Clear		Calcola

Imposta Cotg θ	x	
Valore	1	Menù

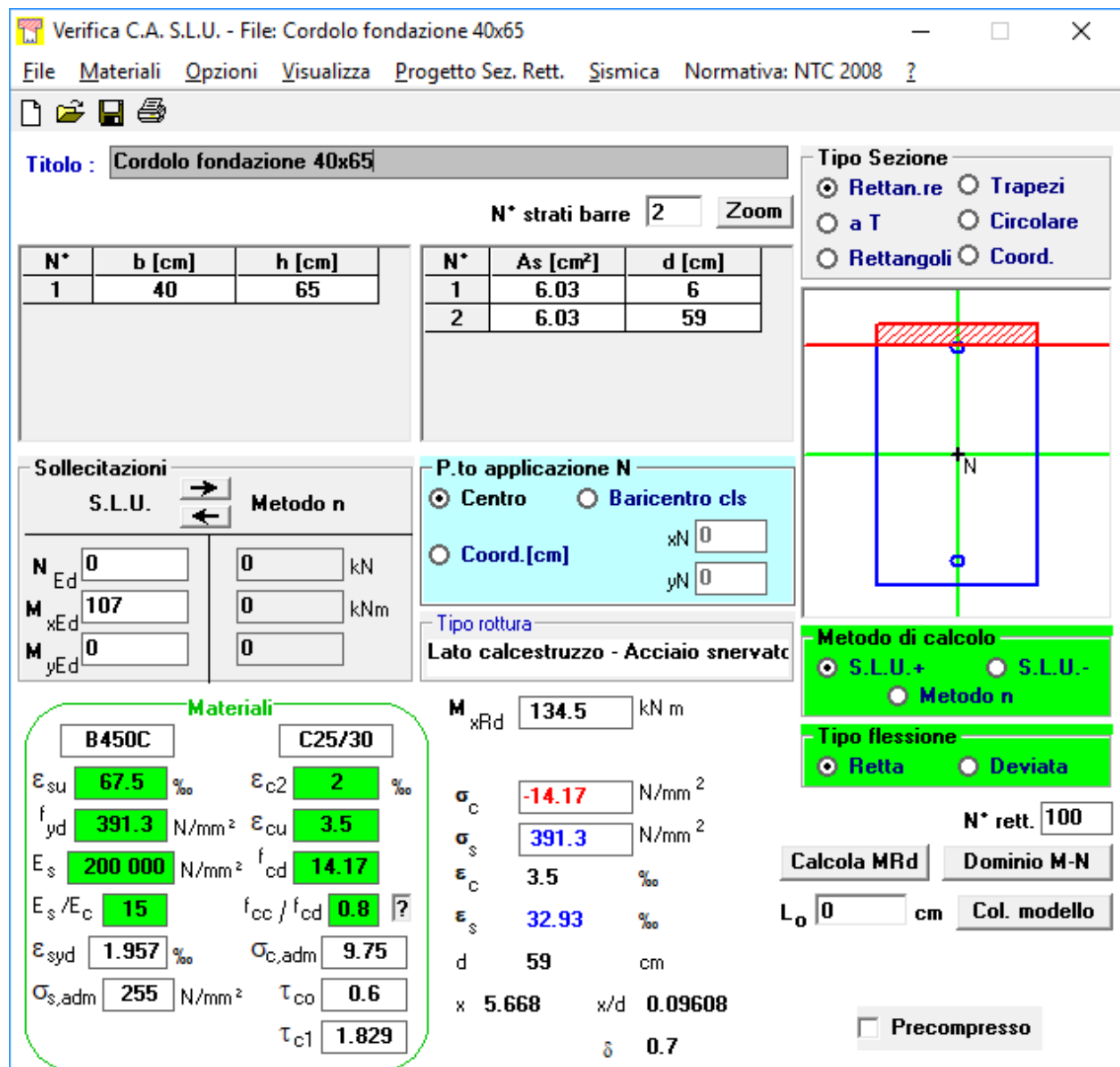
La trave è stata verificata con armatura trasversale pari a Ø8/passi 10

9.1.1 Verifiche trave 40x65

Pressoflessione

I valori massimi e minimi del momento flettente sulle travi rovesce sono stati dedotti dall'analisi del modello per la combinazione di involuppo ENVE_fond.

Armatura presente 3 Ø16 inf 3 Ø16 sup



Verifica C.A. S.L.U. - File: Cordolo fondazione 40x65

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

Titolo: Cordolo fondazione 40x65

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	65	1	6.03	6
			2	6.03	59

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	107	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali

B450C		C25/30	
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}	14.17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8 ?
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	9.75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 134.5 kN m

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 32.93 ‰
d 59 cm
x 5.668 x/d 0.09608
δ 0.7

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

Taglio

I valori massimi del taglio sulle travi rovesce sono stati dedotti dall'analisi del modello per la combinazione di involuppo ENVE_fond.

Di seguito si riportano gli estratti del foglio di calcolo impiegato per la verifica.

DATI SEZIONE		
Base	40	[cm]
Altezza	65	[cm]
Copriferro	4	[cm]

ARMATURA TRASVERSALE				
N°	Diametro	Area	Passo	Inclinazione
[-]	[mm]	[mm ²]	[cm]	[°]
2	8	101	10	90

MATERIALI		
Calcestruzzo		
R _{ck}	30	[MPa]
f _{ck}	24.90	[MPa]
f _{cd}	14.11	[MPa]
Acciaio		
f _{yk}	450	[MPa]
f _{yd}	391.30	[MPa]

SOLLECITAZIONI		
N _{ed}	0	[kN]
V _{ed}	105	[kN]

RISULTATI		
σ_{cp}	0.00	
α_c	1.00	
ω_{st}	0.07	
cotg θ	1.00	
V _{Rsd}	215.97	kN
V _{Rcd}	774.64	kN
V _{Ed}	105.00	kN
V _{Rd}	215.97	

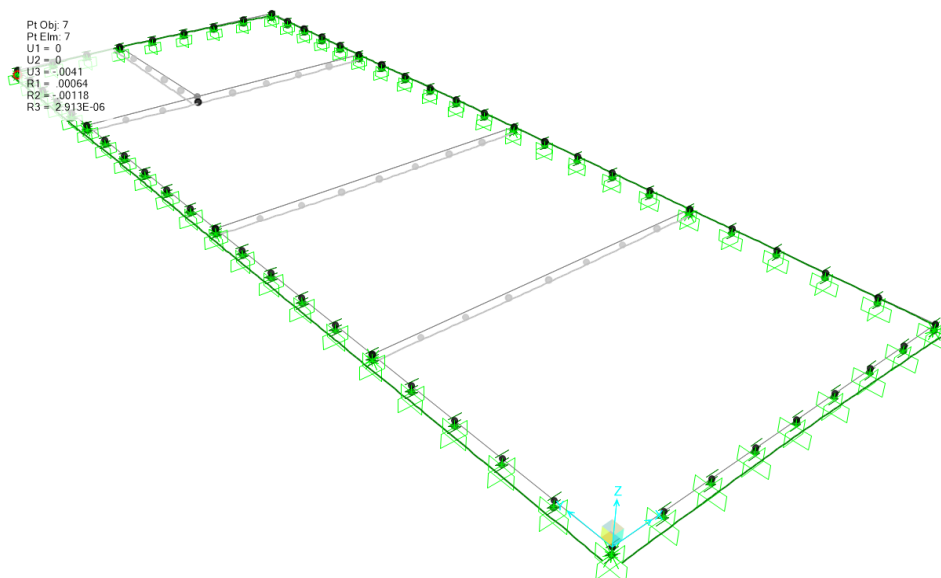
SEZIONE VERIFICATA	
Clear	Calcola

Imposta Cotg θ	x	
Valore	1	Menù

La trave è stata verificata con armatura trasversale pari a $\varnothing 8$ /passo 10

9.1.1 Verifiche carico limite

Il valore massimo di spostamento verticale registrato in fondazione è pari a $\delta = 0.0035\text{m}$ in corrispondenza del nodo 7 (pilastro d'angolo) per effetto della combinazione fond_SLV_Sx+0,3Sy+P..



Il coefficiente di fondazione (Winkler) adottato nel modello è pari a $K = 30000 \text{ kN/m}^3$.

La pressione massima in fondazione è calcolata come di seguito.

$$p = \delta \times K \times b = 0.0041 \times 30000 \times 1.2 = 147.6 \text{ kN/mq} = \sim 15 \text{ t/mq} = 1.5 \text{ daN/cm}^2$$

Il valore del carico limite è calcolato di seguito. Cautelativamente si è posto $c'=0$. Vengono omesse le verifiche di scorrimento.

Calcolo del Carico Limite con il metodo di Meyerhof in presenza di falda acquifera per "a" compreso tra 0 e D			
Parametri geotecnici del terreno			
Peso dell'unità di volume - terr. di fondazione saturo	(γ_{sat})	t/mc	1,90
Peso dell'unità di volume - terr. di fond. immerso	(γ')	t/mc	0,90
Angolo di attrito interno	(φ)	°	30,00
Coesione	(c')	t/m ²	0,00
Kp			3,00000
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto	(γ_r)	t/mc	1,90
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto saturo	$(\gamma_{r sat})$	t/mc	1,90
Peso dell'unità di volume - terreno di riporto immerso	(γ'_r)	t/mc	0,90
Peso specifico dell'acqua	(γ_w)	t/mc	1,00

Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza fondazione	B	m	1,20
Lunghezza fondazione	L	m	16,00
Eccentricità larghezza	e _x	m	0,00
Approfondimento	D	m	1,30
Inclinazione carico	i	°	5,00
Distanza (vedi schema)	a	m	0,75
Larghezza ridotta	B'	m	1,20
Coefficienti di fondazione			
N _q			18,4011 $e^{(\pi \cdot \tan \varphi) \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2)}$
N _γ			15,6680 $(N_q - 1) \tan(1,4 \varphi)$
N _c			30,1396 $(N_q - 1) \cotg(\varphi)$
Fattori di forma			
s _c			1,0450 $1 + 0,2 \cdot K_p (B/L)$
s _q = s _γ			1,0225 $1 + 0,1 \cdot K_p (B/L)$
Fattori di profondità			
d _c			1,3753 $1 + 0,2 K_p^{1/2} \cdot D/B$
d _q = d _γ			1,1876 $1 + 0,1 K_p^{1/2} \cdot D/B$
Fattori di inclinazione del carico			
i _q = i _c			0,8920 $(1 - i^\circ/90)^\circ$
i _γ			0,6944 $(1 - i^\circ/\varphi)^\circ$

Calcolo del carico limite

34,2825	$N_q [\gamma_r(D - a) + \gamma'_r a] \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$
7,1350	$0,5 \cdot B' \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$
0,0000	$c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c$
0,7500	$\gamma_w \cdot a$

q _d	t/m ²	41,4175	TOTALE
----------------	------------------	---------	--------

$$q_{lim} = 41.42 / 2.3 = 18.0 \text{ t/mq} > p = 15 \text{ t/mq}$$