

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

Opere Minori

Scalo Boschetto - Soletta di fondazione per platea prefabbricata sottobinario - Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L R I 0 0 3 0 0 0 5 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Ingletti	Maggio 2021	M. Milovanovic 	Maggio 2021	F. Perrone 	Maggio 2021	D. Maranzano Maggio 2021


INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
2.1	SOLETTA DI FONDAZIONE PER PLATEA PREFABBRICATA SOTTOBINARIO	4
3.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.2	DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE DI RIFERIMENTO	9
3.3	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	10
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
4.1	CALCESTRUZZO	11
4.2	ACCIAIO PER C.A.	12
5.	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	15
5.1	VITA NOMINALE	15
5.2	CLASSE D'USO	15
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	16
6.	PARAMETRI GEOTECNICI	17
7.	ANALISI DEI CARICHI	19
7.1	PESO PROPRIO STRUTTURE.....	19
7.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	19
7.3	CARICO VARIABILE PER TRAFFICO FERROVIARIO	20
	7.3.1 <i>Treno di carico LM71</i>	20
	7.3.2 <i>Treno di carico SW</i>	21
7.4	AZIONE DI AVVIAMENTO / FRENATURA	22
7.5	RITIRO DEL CALCESTRUZZO	22

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	3 di 91

7.6	VARIAZIONE TERMICA	23
7.7	AZIONE SISMICA.....	23
8.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	29
9.	VERIFICHE STRUTTURALI.....	39
9.1	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE	39
9.2	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO	39
9.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO.....	41
10.	ANALISI E VERIFICHE	43
10.1	MODELLO DI CALCOLO	43
10.2	RISULTATI DELLE ANALISI	55
10.3	VERIFICHE STRUTTURALI.....	64
11.	VERIFICHE GEOTECNICHE	77
	11.1.1 <i>Verifica di capacità portante verticale</i>	77
	11.1.1 <i>Verifica dei cedimenti</i>	88
12.	RIEPILOGO INCIDENZE.....	91

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

1. **PREMESSA**

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del nodo di Novara della linea AC Torino - Venezia nella tratta di Novara Boschetto.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE MINORI".

Le opere in esame sono le solette di fondazione per le platee prefabbricate sottobinario che si sviluppano su un tratto di circa 750m dalla pk 63+950 alla pk 64+700, nell'area di stazionamento treni in A/P dello scalo di Boschetto.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

Di seguito si mostra una planimetria generale dell' intervento:

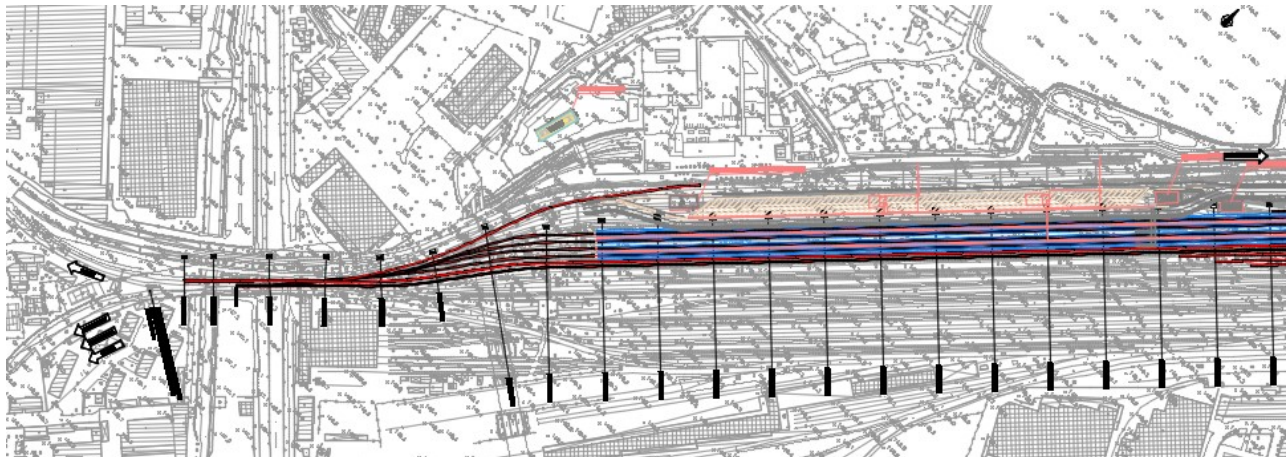


Fig. 1 – Planimetria generale intervento

2. **DESCRIZIONE DELLE OPERE**

2.1 **Soletta di fondazione per platea prefabbricata sottobinario**

Le solette di fondazione e i soprastanti elementi prefabbricati sono realizzati in cemento armato.

La soletta di fondazione ha una sezione trasversale rettangolare di dimensioni 388x35cm; l'elemento prefabbricato ha una sezione opportunamente conformata per i binari e per convogliare le acque e assimilabile ad una sezione rettangolare di circa 318x25cm.

Nella tabella che segue si riportano le geometrie delle opere in esame:

PLATEE SOTTOBINARIO km 63+950-64+700			
GEOMETRIA			
Larghezza	B	3.88	[m]
Lunghezza	L	26.40	[m]
Spessore della soletta di fondazione	Sf	0.35	[m]
Spessore della soletta prefabbricata	Sp	0.25	[m]

I conci prefabbricati sono lunghi 6,59m e sono accostati tra loro in modo che i giunti delle solette di fondazione, normalmente di lunghezza 4 conci ovvero 26,40m, si trovino nella mezzeria degli elementi prefabbricati.

Come detto in precedenza le opere in esame sono le solette di fondazione per le platee prefabbricate sottobinario che si sviluppano su un tratto di circa 750m dalla pk 63+950 alla pk 64+700, nell'area di stazionamento treni in A/P dello scalo di Boschetto. In particolare, nell'area sono presenti quattro binari posti ad un interasse di 6.50m, per ognuno dei quali è prevista la realizzazione della platea prefabbricata e della soletta di fondazione sottobinario.

Di seguito si mostrano una planimetria generale delle opere, una sezione trasversale dell'area di stazionamento ed una sezione trasversale tipica delle opere analizzata nella presente relazione:

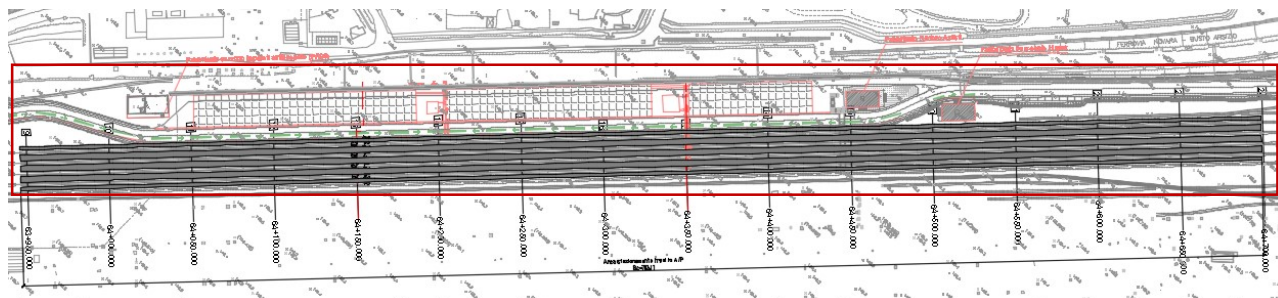



Fig. 2 – Planimetria generale dell' opera – Platee e fondazioni sottobinari


	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A	FOGLIO 8 di 91

3. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **Normativa di riferimento**

Si riporta di seguito la normativa di riferimento per la redazione del seguente documento:

- [1] LEGGE n. 1086 del 05.11.1971 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] Circolare n.11951 del 14.02.1974 - “Istruzioni per l’applicazione della legge 5/11/1971 n. 1086”.
- [3] D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [4] Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l’applicazione dell’ “Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- [5] Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [6] UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [7] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [8] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [9] UNI EN 206-1:2016 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- [10] UNI 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”.
- [11] RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20.12.2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [12] RFI DTC SI PS MA IFS 001 D del 20.12.2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture.
- [13] RFI DTC SI CS MA IFS 001 D del 20.12.2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale.
- [14] RFI DTC SI SP IFS 001 D del 20.12.2019 - “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”.
- [15] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.
- [16] Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 772/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>9 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	9 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	9 di 91								

[17] Regolamento di Esecuzione (UE) 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1474 della Commissione

[18] Regolamento di Esecuzione (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità.

3.2 Documentazione progettuale di riferimento

GEOTECNICA			
Relazione geotecnica generale	-	1	NMOY 0 0 D 1 1 G E OC 0 0 0 1 0 0 1 A
Plano profilo geotecnico tav 1/4	1:2000	1	NMOY 0 0 D 1 1 F 6 OC 0 0 0 1 0 0 1 A
Plano profilo geotecnico tav 2/4	1:2000	1	NMOY 0 0 D 1 1 F 6 OC 0 0 0 1 0 0 2 A
Plano profilo geotecnico tav 3/4	1:2000	1	NMOY 0 0 D 1 1 F 6 OC 0 0 0 1 0 0 3 A
Plano profilo geotecnico tav 4/4	1:2000	1	NMOY 0 0 D 1 1 F 6 OC 0 0 0 1 0 0 4 A

OPERE MINORI			
Scalo Boschetto - Soletta di fondazione per platea prefabbricata sottobinario - Elaborato d'insieme	varie	1	NMOY 0 0 D 1 1 B X RI 0 0 0 3 0 0 1 A

3.3 Unità di misura e simbologia

Corpo del testo

Unità di misura principali

N	(Newton)	unità di forza
m	(metro)	unità di lunghezza
kg	(kilogrammo-massa)	unità di massa
s	(secondo)	unità di tempo

Unità di misura derivate

kN (kiloNewton)	10^3 N
MN	(megaNewton) 10^6 N
kgf	(kilogrammo-forza) 1 kgf = 9.81 N
cm	(centimetro) 10^{-2} m
mm	(millimetro) 10^{-3} m
Pa (Pascal)	1 N/m ²
kPa	(kiloPascal) 10^3 N/m ²
MPa	(megaPascal) 10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

Corrispondenze notevoli


$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ϵ (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>11 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	11 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	11 di 91								

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere in esame si impiegheranno calcestruzzo e acciaio in accordo ai p.ti. 11.2 e 11.3 delle NTC2018.

Nell'approccio agli stati limite, i valori di calcolo delle resistenze dei materiali per le verifiche agli SLU si ottengono dividendo il valore caratteristico della generica resistenza r_k per il coefficiente di sicurezza del materiale relativo γ :

$$r_d = r_k / \gamma$$

È previsto, pertanto, l'utilizzo dei materiali riportati nei successivi paragrafi, in cui si illustrano le caratteristiche meccaniche.

4.1 Calcestruzzo

Le caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi distinte per parte d'ora sono di seguito riportate:

Magroni

- Classe di resistenza: C12/15
- Resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica: $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione: X0
- Classe di consistenza slump: S3
- Contenuto minimo di cemento: 150 Kg/m^3
- Rapporto A/C: ≤ 0.60
- Acqua: Conforme a UNI EN 1008
- Cemento: CEM II/B-M 32.5 R

Strutture in c.a. fondazione gettata in opera:

- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di esposizione: XC2
- Classe di consistenza slump: S4
- Contenuto minimo di cemento: 300 Kg/m^3
- Rapporto A/C: ≤ 0.60

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	12 di 91

- Aggregato: Conforme a UNI EN 12620
- Massima dimensione aggregato: 32 mm
- Copriferro: 40 mm
- Acqua: Conforme a UNI EN 1008
- Cemento: CEM III/IV
- Resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente sicurezza SLU $\gamma_C = 1,50$
- Resistenza di calcolo a compressione SLU $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 14.10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 0.83 \text{ N/mm}^2$


Strutture in c.a. fondazione prefabbricata:

- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di esposizione: XC4
- Classe di consistenza slump: S4
- Contenuto minimo di cemento: 340 Kg/m³
- Rapporto A/C: ≤ 0.50
- Aggregato: Conforme a UNI EN 12620
- Massima dimensione aggregato: 32 mm
- Copriferro: 40 mm
- Acqua: Conforme a UNI EN 1008
- Cemento: CEM III/IV
- Resistenza caratteristica cubica: $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente sicurezza SLU $\gamma_C = 1,50$
- Resistenza di calcolo a compressione SLU $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_C = 18.80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU $f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 1.01 \text{ N/mm}^2$

4.2 Acciaio per c.a.

Acciaio per c.a. tipo B 450 C secondo DM 14.01.2018 avente le seguenti caratteristiche:

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

- Rapporto $1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$ (frattile 10%)
- Rapporto $(f_y/f_{y,nom})_k < 1,25$ (frattile 10%)
- Allungamento $(A_{gt})_k > 7,5\%$ (frattile 10%)
- Coefficiente sicurezza SLU $\gamma_s = 1,15$
- Resistenza di calcolo SLU $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di calcolo SLE $\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

La rispondenza dei materiali ai requisiti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione. Con riferimento al p.to 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare n.7 del 21.1.2019 (Tab. 1), riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC 2018 (Tab. 2).

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tab. 1 – Tabella C4.1.IV della Circolare n.7 del 21.1.2019

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 2 – Tabella 4.1.III delle NTC 2018




NODO DI NOVARA
1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	14 di 91

La classe di esposizione delle strutture in conglomerato cementizio delle fondazioni gettate in opera è XC2; la corrispondente condizione ambientale desunta da Tab. 2 è “*Ordinaria*”. Il copriferro di progetto è pari a **40 mm**.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

5. VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

5.1 Vita nominale

La vita nominale di una costruzione, così come definita al punto 2.4.1 delle NTC 2018, è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata per lo scopo al quale è destinata. Essa è la durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, in relazione alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle eventuali applicazioni e misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità. Facendo riferimento al punto 2.5.1.1.1 del Manuale 2 di Progettazione di RFI, la vita nominale V_N delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato in Tab. 3

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V \geq 250$ km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾

(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.

(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.


Tab. 3 – Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie

In particolare, visto che la linea ferroviaria in esame non rientra nell'elenco delle linee e tratte ferroviarie facenti parte del sistema "Sistema di grande viabilità ferroviaria" ai sensi dell'OPCM N°3274 del 2003 (cfr. Allegato 5 della parte II – Sezione 2 del MdP RFI [12]) l'opera in oggetto avrà una vita nominale V_N pari a 75 anni.

5.2 Classe d'uso

La norma attribuisce alle costruzioni, in funzione della loro destinazione d'uso e quindi delle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico, diverse classi d'uso; a ciascuna classe corrisponde un coefficiente d'uso C_U .

Facendo riferimento al punto 2.5.1.1.2 del Manuale 2 di Progettazione di RFI., la classe d'uso delle infrastrutture

	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato in Tab. 4:

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE NON STRATEGICHE	C II	1,0


Tab. 4 – Tabella della Classe d'uso e del coefficienti d'uso per le infrastrutture ferroviarie

In particolare, per l'opera in oggetto la classe d'uso a cui far riferimento sarà C = II, a cui corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a 1,0.

5.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

In riferimento a quanto detto nei paragrafi precedenti, il periodo di riferimento V_R da prendere a riferimento per valutare le azioni sismiche sulla struttura è pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1,0 = 75 \text{ anni}$$

	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>17 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	17 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	17 di 91								

6. PARAMETRI GEOTECNICI

I valori caratteristici dei parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento sono stati ottenuti mediante l'interpretazione di prove e misure effettuate in sito tenendo in conto dello studio riportato nella relazione geotecnica e nei profili geotecnici.

Di seguito si riporta la stratigrafia del terreno ed i valori caratteristici dei parametri geotecnici delle differenti unità geotecniche presenti:

- Terreno di riporto – Rilevato di progetto

Nel tratto di linea in esame il presente strato va allocarsi in corrispondenza del fascio binari esistente e di progetto.

- Coesione efficace $c' = 0$ kPa
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 34^\circ\text{-}35^\circ$
- Modulo di deformabilità $E = 20\text{-}30$ MPa
- Peso per unità di volume $\gamma = 20.0$ kN/m³

- Terreno di riporto – Rilevato di progetto

Descrizione: Unità A Terreno di riporto o terreno vegetale, composto da sabbia fine con limo e ghiaia.

- Coesione efficace $c' = 0$ kPa
- Resistenza non drenata $c_u = -$ kPa
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 26^\circ\text{-}30^\circ$
- Modulo di deformabilità $E = 4\text{-}10$ MPa
- Peso per unità di volume $\gamma = 18.0 - 19.0$ kN/m³

- Terreno - Strato D


Descrizione: Limo con argilla, debolmente sabbioso.

- Coesione efficace $c' = 0-10$ kPa
- Resistenza non drenata $c_u = 50-60$ kPa
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 26^\circ-28^\circ$
- Modulo di deformabilità $E = 8-10$ MPa
- Peso per unità di volume $\gamma = 18.0 - 19.0$ kN/m³

- Terreno - Strato B

Descrizione: ghiaia eterometrica, con clasti poligenici arrotondati, con sabbia da grossolana, talora debolmente limosa.

- Coesione efficace $c' = 0$ kPa
- Resistenza non drenata $c_u = -$ kPa
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 40^\circ-44^\circ$
- Modulo di deformabilità $E = 35-60$ ($0 < z < 10$) Mpa
45-70 ($z > 10$) MPa
- Peso per unità di volume $\gamma = 20$ kN/m³

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

7. ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulla struttura in oggetto.

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- Peso proprio strutture;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carico variabile per traffico ferroviario;

7.1 Peso proprio Strutture

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e sono valutati automaticamente dal programma di calcolo a partire dalla geometria del problema e dai pesi specifici dei materiali.

Pesi propri

Peso specifico del calcestruzzo	γ_c	=	25,00	[kN/m ³]
---------------------------------	------------	---	-------	----------------------

Il peso dei differenti elementi strutturali riguarda:

- soletta di fondazione gettata in opera.


7.2 Carichi Permanenti non Strutturali

Si considerano i seguenti pesi permanenti portati:

- il peso degli elementi prefabbricati:

$$\text{area} = 0.8853 \text{ m}^2 \quad \text{larghezza} = 3.18 \text{ m} \quad (\gamma = 25 \text{ kN/ m}^3) \quad G_{2P} = 7.00 \text{ kN/m}^2$$

- il peso delle rotaie:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

$$G_{2R} = 0.60 \text{ kN/m}$$

- il peso della malta di livellamento presente tra soletta di fondazione ed elementi prefabbricati:

$$\text{spessore} = 0.05\text{m} \quad (\gamma = 20 \text{ kN/m}^3) \quad G_{2M} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

7.3 Carico variabile per traffico ferroviario

Il carico variabile associato al traffico ferroviario si determina in accordo con il paragrafo 5.2.2.2.1 delle NTC2018, considerando il peggiore tra il carico verticale del treno LM71 (traffico normale) e il carico verticale del treno SW/2 (traffico pesante).

7.3.1 Treno di carico LM71

Il modello di carico LM71 è costituito dalla presenza di 4 assi Q_{vk} da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito q_{vk} di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.8m dagli assi di estremità e per una lunghezza illimitata.

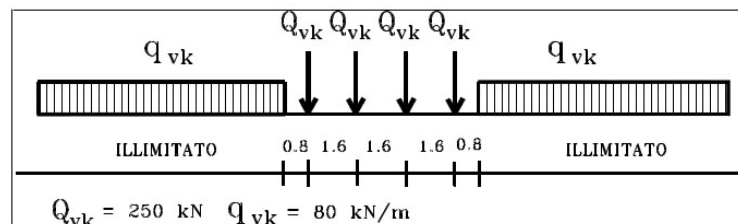


Fig. 6 – Treno di carico LM71

I quattro carichi concentrati sono stati diffusi su una lunghezza complessiva di 6.40 m per ottenere un valore distribuito pari a $1000 \text{ kN} / 6.4 \text{ m} = 156.25 \text{ kN/m}$; quest'ultimo valore è stato ulteriormente ripartito sulle due rotaie per un valore finale pari a 78.125 kN/m.

Analogamente, il carico distribuito di 80 kN/m è stato suddiviso tra le due rotaie per un carico finale pari a 40 kN/m.

Il carico distribuito longitudinalmente si distribuisce trasversalmente in modo da definire il carico per unità di superficie associato. La diffusione del carico si sviluppa su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano d'asse della soletta di fondazione. La diffusione dei carichi nella soletta avviene con pendenza 1:1:

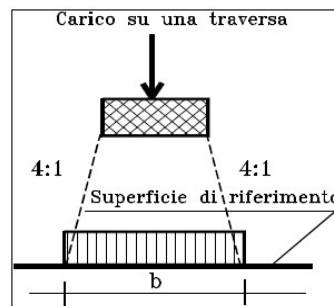


Fig. 7 – Diffusione trasversale del carico ferroviario

La larghezza di diffusione del carico mobile in corrispondenza dell'asse della soletta di fondazione è pari a quanto segue:

$$L_{\text{diff_asse soletta fondazione}} = [2 \times (0.25) / 2 + 2 \times (0.05) / 2] + 2 \times 0.35 / 2 = 2 \times [0.30 + 0.175] = 0.95 \text{ m}$$

Si riporta di seguito il valore del carico mobile diffuso sull'asse della soletta di fondazione:

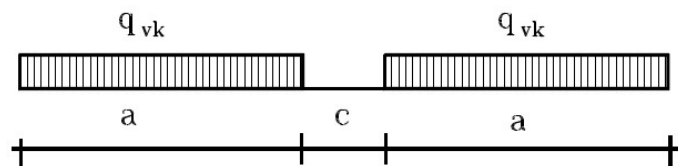
$$Q_{vk} = 78.125 \text{ kN/m} / 0.95 \text{ m} = 82.25 \text{ kN/m}^2$$


$$q_{vk} = 40 \text{ kN/m} / 0.95 \text{ m} = 42.10 \text{ kN/m}^2$$

7.3.2 Treno di carico SW

Il modello di carico SW prevede 2 distinte configurazioni denominate SW/0 e SW/2.

Il modello SW/0 viene utilizzato per i ponti ferroviari a travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71 e pertanto non viene considerato nelle analisi.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

Tab. 5.2.I - *Caratteristiche Modelli di Carico SW*

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 8 – *Treno di carico SW*

Il modello SW/2, spesso dimensionante, è costituito da due carichi distribuiti $q_{vk} = 150$ KN/m su tratti $a=25,0$ m, intervallati da una zona “scarica” pari a $c=7,0$ m; anche in questo caso i carichi vengono ripartiti sulle due rotaie per un valore finale pari a 75.00 KN/m.

La larghezza di diffusione del carico mobile in corrispondenza dell’asse della soletta di fondazione è pari a quanto segue:

$$L_{diff_asse\ soletta\ fondazione} = [2 \times (0.25) / 2 + 2 \times (0.05) / 2] + 2 \times 0.35 / 2 = 2 \times [0.30 + 0.175] = 0.95 \text{ m}$$

Si riporta di seguito il valore del carico mobile diffuso sull’asse della soletta di fondazione:

$$q_{vk} = 75 \text{ kN/m} / 0.95 \text{ m} = 78.95 \text{ kN/m}^2$$

7.4 Azione di avviamento / frenatura

Si associano al convoglio di progetto le azioni di avviamento del carico LM71 in quanto maggiormente gravose per la struttura in esame. Visto che il treno sfavorevole è quello LM71, anche per il calcolo della frenatura si considera il carico LM71 in avviamento, determinato in accordo con il paragrafo 5.2.2.3.3 delle NTC 2018.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento: $Q_{la,k} = 33$ [kN/m] · L[m] ≤ 1000 kN per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2

frenatura: $Q_{fb,k} = 20$ [kN/m] · L[m] ≤ 6000 kN per modelli di carico LM 71, SW/0

$Q_{fb,k} = 35$ [kN/m] · L[m] per modelli di carico SW/2

Tab. 5 – *valori caratteristici azioni di avviamento e frenatura*


Si ha:

Avviamento (LM71): 33 kN/m

Frenatura (LM71): 20 kN/m

Frenatura (SW/2): 35 kN/m

7.5 Ritiro del calcestruzzo

	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC 2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno.

Il fenomeno del ritiro per i conci di platea prefabbricata di lunghezza limitata (6.59m) appoggiati sulle solette di fondazione non hanno effetti. Per le solette di fondazione essendo strutture interrato il fenomeno del ritiro è di entità contenuta.

7.6 Variazione termica

Le variazioni termiche per i conci di platea prefabbricata di lunghezza limitata (6.59m) appoggiati sulle solette di fondazione non hanno effetti. Per le solette di fondazione essendo strutture interrato gli effetti delle variazioni termiche sono di entità contenuta.

7.7 Azione Sismica

Descrizione generale dell'opera	
Ubicazione	Comune di NOVARA (NO) (Regione PIEMONTE)
	Località NOVARA BOSCHETTO (NO)
	Longitudine 8.6179, Latitudine 45.4415

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
II	75.0	1.0	75.0

In questo paragrafo si riporta il calcolo dell'azione sismica secondo le modalità previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17 gennaio 2018".

In base alla collocazione geografica del sito più gravoso si ritrovano i seguenti valori della griglia dei dati sismici:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE
8.6179

LATITUDINE
45.4415

REGIONE
Piemonte

PROVINCIA
Novara

COMUNE
Novara

Elaborazioni grafiche

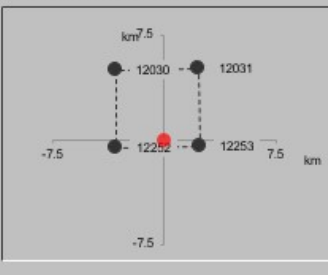
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

ed i relativi parametri caratteristici:

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	45	0.017	2.503	0.168
SLD	75	0.021	2.554	0.180
SLV	712	0.041	2.647	0.293
SLC	1462	0.048	2.702	0.316

In merito alla scelta della vita nominale il progetto colloca le opere all'interno del seguente tipo di costruzione:

- Opere ordinarie $V_N \geq 50$ anni

Nel caso specifico in studio si assume quanto segue:

$V_N = 75$ anni

Classe d'uso II

$C_U = 1.0$



Si considera il terreno di fondazione all'interno della classe di sottosuolo di tipo B.

Si collocano il sito nella categoria topografica T1.

Seguono gli spettri in SLV:

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: SLV [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: B [info](#)

Categoria topografica: T1 [info](#)

$S_y = 1.200$ [info](#) $C_c = 1.406$ [info](#)

$h/H = 0.000$ [info](#) $S_T = 1.000$ [info](#)

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): 5 $\eta = 1.000$ [info](#)

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q: 1 Regol. in altezza: si [info](#)

Compon. verticale

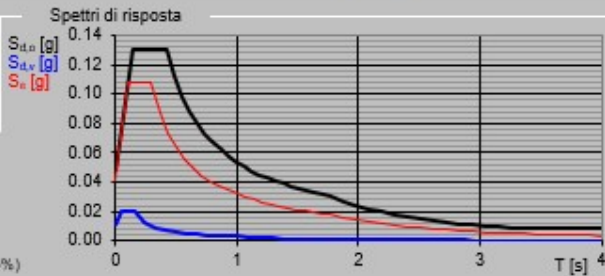
Spettro di progetto Fattore q: 1.5 $\eta = 1/q = 0.667$ [info](#)

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta [»](#)

Parametri e punti spettri di risposta [»](#)

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

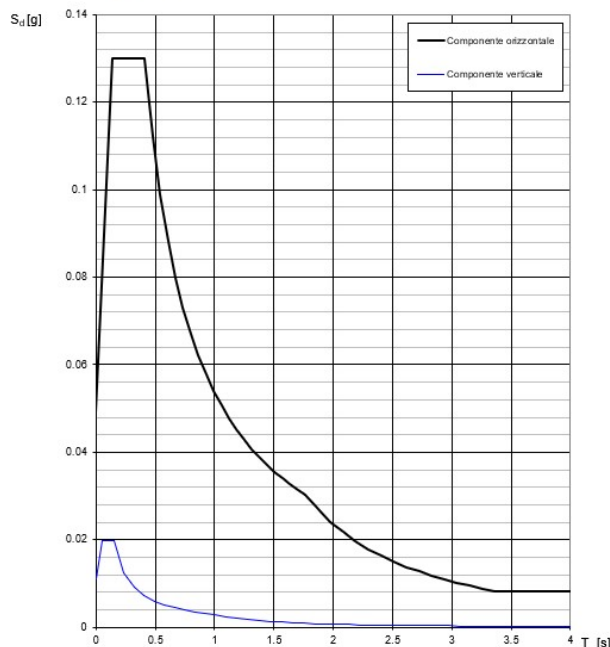
— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo spettro di progetto per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV relativamente alle componenti orizzontali, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

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



Seguono gli spettri in SLD:

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: SLD info

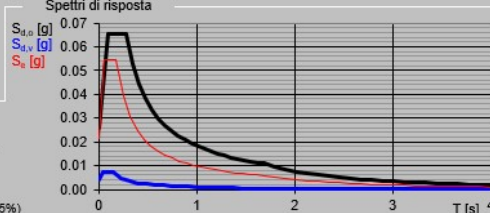
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: B info $S_B = 1.200$ $C_C = 1.549$ info
 Categoria topografica: T1 info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(in quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta_1 = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s 1 Regol. in altezza si info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v 1.5 $\eta_1 = 1/q_v = 0.667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta ⇨
 Parametri e punti spettri di risposta ⇨

Spettri di risposta



$S_{d,h}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

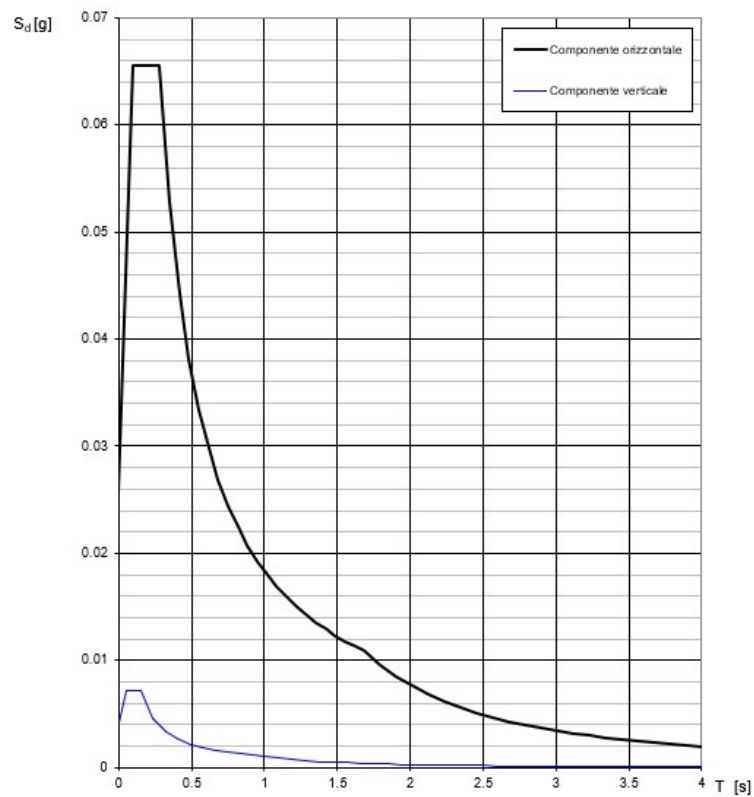
— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

T [s] 4

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo spettro elastico per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita SLD relativamente alle componenti orizzontali, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

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



8. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (§ 2.5.3 delle NTC 2018):

- combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	†	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc.)
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tab. 6 – Valutazione dei carichi da traffico

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tab. 7 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Per la sovrastruttura ferroviaria si considerano i coefficienti in tabella 5.2.VI e 5.2.VII delle NTC 2018.


Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	g^*_1	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g^*_2	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	g^*_3	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	g^*_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 8 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni da traffico ferroviario

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione ψ delle azioni

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM71	0,80 ⁽¹⁾	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽¹⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 ⁽¹⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽¹⁾	-	-
	Centrifuga	(2) (3)	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽¹⁾	0,80	0,0

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

⁽³⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 9 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni da traffico ferroviario

Cautelativamente, per le verifiche a fessurazione svolte allo SLE Frequente si sono considerati totalmente i carichi ferroviari, a differenza di quanto indicato per il Gruppo 4 (Fessurazione) della tabella 5.2.IV del paragrafo 5.2.3.1.3 (l'80% dei carichi ferroviari).

Al modello di calcolo sono stati applicati, oltre al peso proprio degli elementi e al permanente portato, i sovraccarichi ferroviari costituiti, per quanto riguarda i carichi verticali (pesi), da 10 condizioni elementari: in particolare, 5 posizioni per il carico Qvk del treno LM71 e 5 posizioni per il carico SW/2 per ricercare le massime sollecitazioni per la soletta di fondazione.

Per quanto riguarda l'azione di frenatura/avviamento, cautelativamente, è stata considerata sull'intera lunghezza del binario indipendentemente dal carico verticale del treno.

Si riportano i singoli casi di carico:

TABLE: Load Case Definitions		
Case	Type	DesignType
Text	Text	Text
DEAD	LinStatic	Dead
G2_M	LinStatic	Dead
G2_P	LinStatic	Dead
G2_R	LinStatic	Dead
LM71_1	LinStatic	Live
LM71_2	LinStatic	Live
LM71_3	LinStatic	Live
LM71_4	LinStatic	Live
LM71_5	LinStatic	Live

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	32 di 91

SW/2_1	LinStatic	Live
SW/2_2	LinStatic	Live
SW/2_3	LinStatic	Live
SW/2_4	LinStatic	Live
SW/2_5	LinStatic	Live
AVV	LinStatic	Live
FREN_LM71	LinStatic	Live
FREN_SW/2	LinStatic	Live

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate per le verifiche strutturali e geotecniche.

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
SLU_LM71_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_LM71_1			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_LM71_1			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_LM71_1			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_LM71_1			Linear Static	LM71_1	1.45
SLU_LM71_1			Linear Static	AVV	1.45
SLU_LM71_1			Linear Static	FREN_LM71	1.45
SLU_LM71_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_LM71_2			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_LM71_2			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_LM71_2			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_LM71_2			Linear Static	LM71_2	1.45
SLU_LM71_2			Linear Static	AVV	1.45
SLU_LM71_2			Linear Static	FREN_LM71	1.45
SLU_LM71_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_LM71_3			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_LM71_3			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_LM71_3			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_LM71_3			Linear Static	LM71_3	1.45
SLU_LM71_3			Linear Static	AVV	1.45
SLU_LM71_3			Linear Static	FREN_LM71	1.45
SLU_LM71_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_LM71_4			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_LM71_4			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_LM71_4			Linear Static	G2_R	1.35

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	33 di 91

SLU_LM71_4			Linear Static	LM71_4	1.45
SLU_LM71_4			Linear Static	AVV	1.45
SLU_LM71_4			Linear Static	FREN_LM71	1.45
SLU_LM71_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_LM71_5			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_LM71_5			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_LM71_5			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_LM71_5			Linear Static	LM71_5	1.45
SLU_LM71_5			Linear Static	AVV	1.45
SLU_LM71_5			Linear Static	FREN_LM71	1.45
SLU_SW/2_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_SW/2_1			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_SW/2_1			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_SW/2_1			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_SW/2_1			Linear Static	SW/2_1	1.45
SLU_SW/2_1			Linear Static	AVV	1.45
SLU_SW/2_1			Linear Static	FREN_SW/2	1.45
SLU_SW/2_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_SW/2_2			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_SW/2_2			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_SW/2_2			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_SW/2_2			Linear Static	SW/2_2	1.45
SLU_SW/2_2			Linear Static	AVV	1.45
SLU_SW/2_2			Linear Static	FREN_SW/2	1.45
SLU_SW/2_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_SW/2_3			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_SW/2_3			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_SW/2_3			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_SW/2_3			Linear Static	SW/2_3	1.45
SLU_SW/2_3			Linear Static	AVV	1.45
SLU_SW/2_3			Linear Static	FREN_SW/2	1.45
SLU_SW/2_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_SW/2_4			Linear Static	G2_M	1.35
SLU_SW/2_4			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_SW/2_4			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_SW/2_4			Linear Static	SW/2_4	1.45
SLU_SW/2_4			Linear Static	AVV	1.45
SLU_SW/2_4			Linear Static	FREN_SW/2	1.45
SLU_SW/2_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.35
SLU_SW/2_5			Linear Static	G2_M	1.35

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	34 di 91

SLU_SW/2_5			Linear Static	G2_P	1.35
SLU_SW/2_5			Linear Static	G2_R	1.35
SLU_SW/2_5			Linear Static	SW/2_5	1.45
SLU_SW/2_5			Linear Static	AVV	1.45
SLU_SW/2_5			Linear Static	FREN_SW/2	1.45
SLE_RARA_LM71_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	LM71_1	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_LM71_1			Linear Static	FREN_LM71	1
SLE_RARA_LM71_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	LM71_2	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_LM71_2			Linear Static	FREN_LM71	1
SLE_RARA_LM71_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	LM71_3	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_LM71_3			Linear Static	FREN_LM71	1
SLE_RARA_LM71_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	LM71_4	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_LM71_4			Linear Static	FREN_LM71	1
SLE_RARA_LM71_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	LM71_5	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_LM71_5			Linear Static	FREN_LM71	1

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	35 di 91

SLE_RARA_SW/2_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	SW/2_1	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_SW/2_1			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_RARA_SW/2_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	SW/2_2	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_SW/2_2			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_RARA_SW/2_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	SW/2_3	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_SW/2_3			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_RARA_SW/2_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	SW/2_4	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_SW/2_4			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_RARA_SW/2_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	G2_M	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	G2_P	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	G2_R	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	SW/2_5	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	AVV	1
SLE_RARA_SW/2_5			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_FRE_LM71_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	G2_M	1
SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	G2_P	1
SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	G2_R	1
SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	LM71_1	1

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	36 di 91

SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_LM71_1			Linear Static	FREN_LM71		1
SLE_FRE_LM71_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	G2_P		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	G2_R		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	LM71_2		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_LM71_2			Linear Static	FREN_LM71		1
SLE_FRE_LM71_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	G2_P		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	G2_R		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	LM71_3		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_LM71_3			Linear Static	FREN_LM71		1
SLE_FRE_LM71_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	G2_P		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	G2_R		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	LM71_4		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_LM71_4			Linear Static	FREN_LM71		1
SLE_FRE_LM71_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	G2_P		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	G2_R		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	LM71_5		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_LM71_5			Linear Static	FREN_LM71		1
SLE_FRE_SW/2_1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	G2_P		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	G2_R		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	SW/2_1		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	AVV		1
SLE_FRE_SW/2_1			Linear Static	FREN_SW/2		1
SLE_FRE_SW/2_2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD		1
SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	G2_M		1
SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	G2_P		1

RELAZIONE DI CALCOLO


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	37 di 91

SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	G2_R	1
SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	SW/2_2	1
SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	AVV	1
SLE_FRE_SW/2_2			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_FRE_SW/2_3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	G2_M	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	G2_P	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	G2_R	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	SW/2_3	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	AVV	1
SLE_FRE_SW/2_3			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_FRE_SW/2_4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	G2_M	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	G2_P	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	G2_R	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	SW/2_4	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	AVV	1
SLE_FRE_SW/2_4			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_FRE_SW/2_5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	G2_M	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	G2_P	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	G2_R	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	SW/2_5	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	AVV	1
SLE_FRE_SW/2_5			Linear Static	FREN_SW/2	1
SLE_QP	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
SLE_QP			Linear Static	G2_M	1
SLE_QP			Linear Static	G2_P	1
SLE_QP			Linear Static	G2_R	1
ENVE_SLU	Envelope	No	Response Combo	SLU_LM71_1	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_LM71_2	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_LM71_3	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_LM71_4	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_LM71_5	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_SW/2_1	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_SW/2_2	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_SW/2_3	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_SW/2_4	1
ENVE_SLU			Response Combo	SLU_SW/2_5	1
ENVE_SLE_RARA	Envelope	No	Response Combo	SLE_RARA_LM71_1	1

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	38 di 91

ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_LM71_2	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_LM71_3	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_LM71_4	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_LM71_5	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_SW/2_1	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_SW/2_2	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_SW/2_3	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_SW/2_4	1
ENVE_SLE_RARA			Response Combo	SLE_RARA_SW/2_5	1
ENVE_SLE_FRE	Envelope	No	Response Combo	SLE_FRE_LM71_1	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_LM71_2	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_LM71_3	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_LM71_4	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_LM71_5	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_SW/2_1	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_SW/2_2	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_SW/2_3	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_SW/2_4	1
ENVE_SLE_FRE			Response Combo	SLE_FRE_SW/2_5	1
ENVE_SLE_QP	Envelope	No	Response Combo	SLE_QP	1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO												
RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>39 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	39 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	39 di 91								

9. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nel paragrafo 4.1.2 delle NTC 2018.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli specifici, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

9.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.


9.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglienti si esegue nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3 delle NTC 2018.

Per prima cosa si valuta il soddisfacimento delle verifiche considerando elementi strutturali senza armature trasversali resistenti a taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018). Qualora tale verifica non risultasse soddisfatta si procede con il calcolo del taglio resistente considerando il caso di elementi con armature trasversali resistenti al taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018).

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>40 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	40 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	40 di 91								

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza}$$

di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può}$$

essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di}$$

taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \text{con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;


A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>41 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	41 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	41 di 91								

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

9.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio secondo quanto riportato nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione;

Le verifiche si eseguono considerando la sola combinazione rara. Per la verifica sullo stato tensionale si prendono a riferimento le prescrizioni riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del Manuale 2 di Progettazione di RFI.

Per la verifica sullo stato tensionale si prendono a riferimento le prescrizioni riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del Manuale 2 di Progettazione di RFI. Nel caso in esame considerando condizioni ambientali aggressive.


Stato limite delle tensioni in esercizio

Si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando:

$$\sigma_c < 0.55 \cdot f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente}$$

$$\sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

Stato limite di fessurazione

Si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura determinato in funzione della classe di esposizione e delle condizioni ambientali del singolo elemento:

Tab. 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 10 - Condizioni ambientali

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tab. 11 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara)(a vantaggio di sicurezza rispetto alla frequente) per gli SLE, dovrà risultare inferiore al valore nominale di riferimento w_3 per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno:


$$w_3 = 0.40 \text{ mm}$$

mentre per le quasi permanenti

$$w_2 = 0.30 \text{ mm}$$

In particolare si effettuano le seguenti verifiche:

VERIFICA A FESSURAZIONE	VALORI LIMITE DELLE APERTURE		
	CLASSE ESPOSIZIONE	CONDIZIONI AMBIENTALI	RARA
	XC2	ORDINARIE	w_3
			QUASI PERMANENTE
			w_2

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>43 di 91</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	43 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	43 di 91								

10. ANALISI E VERIFICHE

10.1 Modello di calcolo

La modellazione e l'analisi della struttura del vano ascensore sono state condotte mediante una modellazione agli elementi finiti con il programma agli elementi finiti "SAP2000 Plus v. 22.0.0", della "Computers and Structures, Inc.", Berkley, CA..

La struttura è stata modellata con un modello tridimensionale il cui sistema di riferimento globale ha l'asse X orientato in direzione longitudinale, l'asse y orientato in direzione trasversale e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

Nel modello di calcolo adottato i vari elementi strutturali sono stati modellati con elementi shell a cui sono state assegnate le sezioni in base alla geometria e alle caratteristiche dei materiali.

Ai nodi sul perimetro sono stati assegnati dei vincoli che impediscono la traslazione nelle direzioni x e y.

L'analisi condotta è di tipo statica lineare.

Il terreno di fondazione è stato modellato secondo la teoria di Winkler, ossia con molle unidirezionali reagenti solo a compressione.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale k_w calcolato a partire dalle dimensioni delle fondazioni.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler è stato determinato con la seguente relazione (Bowles, 1960):

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_f}$$

con:

E: modulo elastico del terreno

ν : coefficiente di Poisson

B: larghezza della fondazione

c_f : fattore di forma

Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler		
Fondazione Rigida	c_t	c_t
Rettangolare con $L/B < 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
Rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$

L = lunghezza della fondazione

COSTANTE DI WINKLER PLATEE SOTTOBINARIO km 63+950-64+700			
L =	26.40	m	
B =	3.88	m	
E =	25000	kN/m ²	modulo elastico del terreno
v =	0.3		coefficiente di Poisson
c_t =	1.877		fattore di forma
k_w =	$E/(1-v^2) \times B \times c_t$	3772.3	kN/m ³

Si assume $k_w = 3775 \text{ KN/m}^3$.

Di seguito si riportano le immagini del modello SAP della fondazione in esame:

Analysis Model - 3-D View

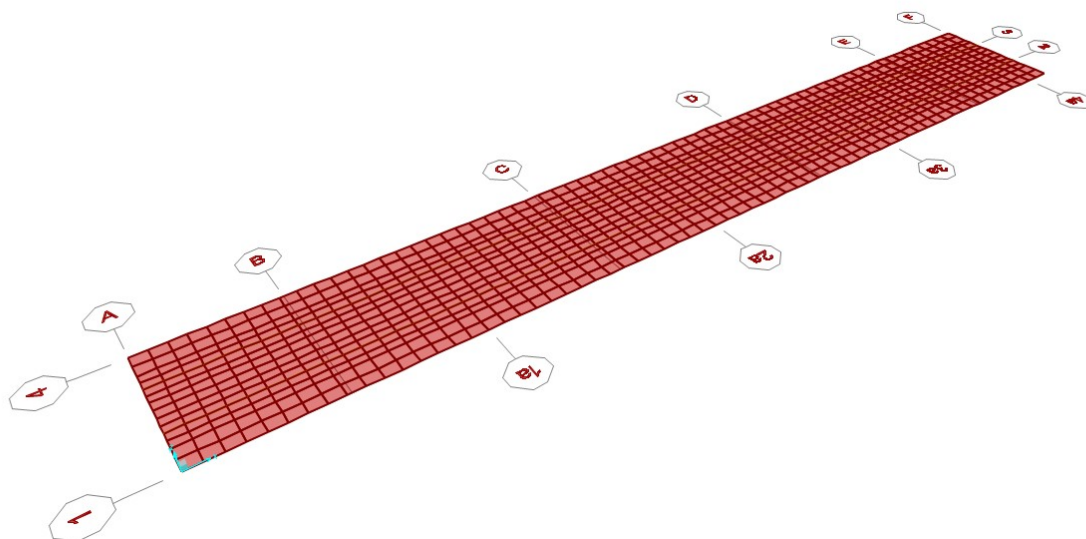


Fig. 12 –Modello di calcolo 3D - vista

Analysis Model - 3-D View

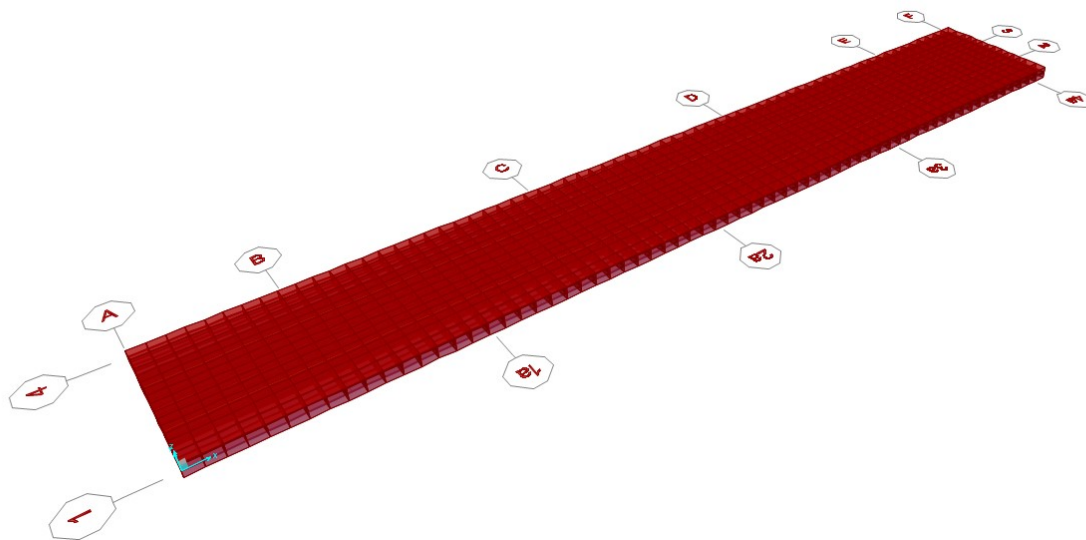


Fig. 13 –Modello di calcolo 3D - vista estrusa

3-D View

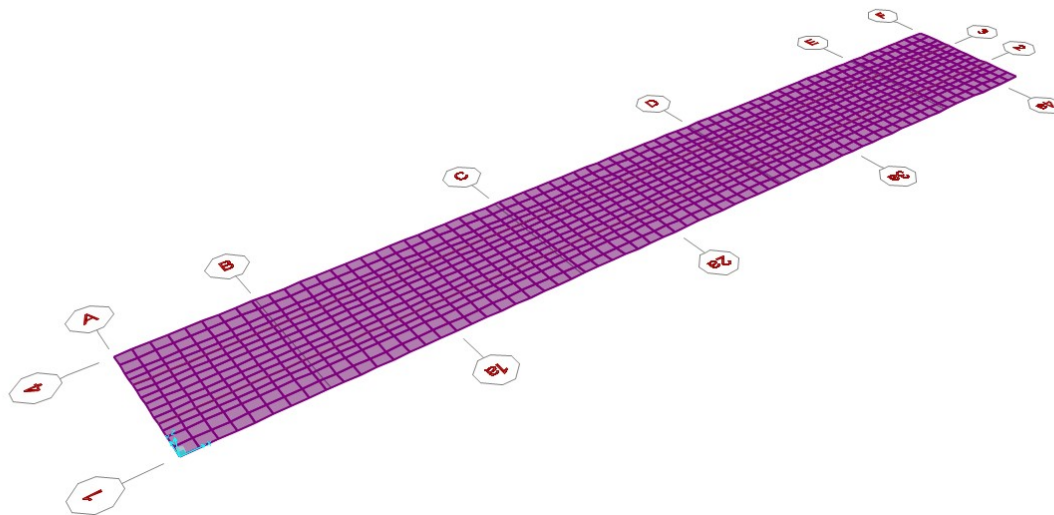


Fig. 14 –Modello di calcolo 3D – vista- sezione assegnata

Analysis Model - 3-D View

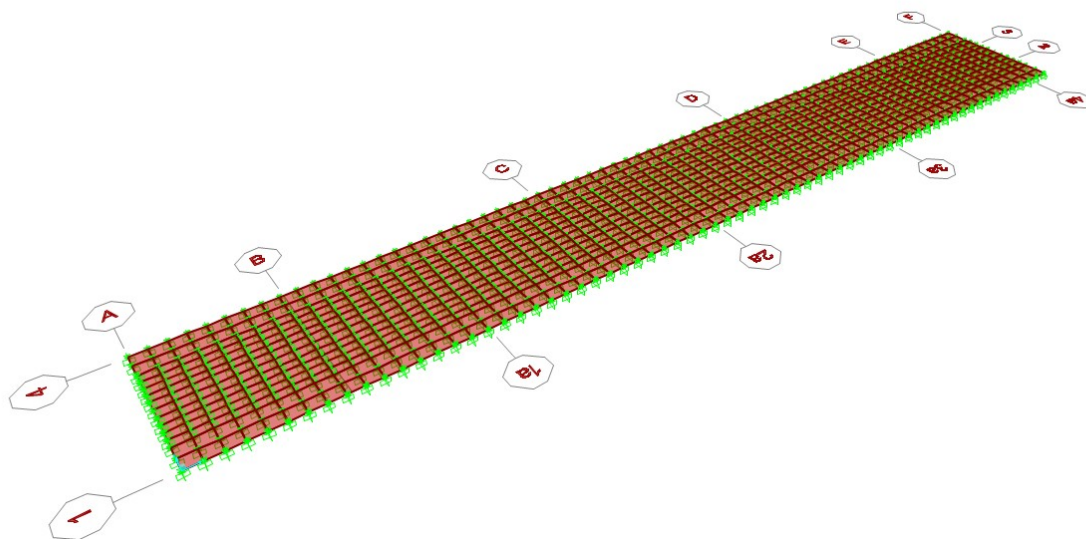


Fig. 15 –Modello di calcolo 3D – vista- molle e vincoli assegnati

Analysis Model - X-Y Plane @ Z=0

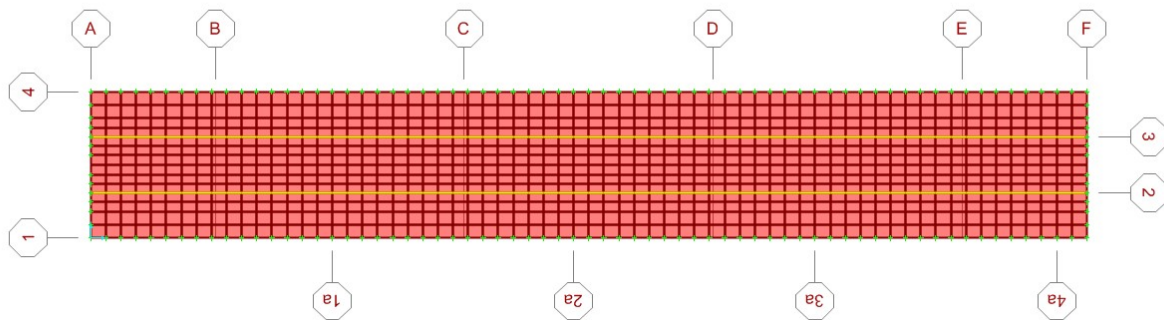


Fig. 16 –Modello di calcolo – allineamenti

Di seguito si riportano le immagini dei singoli casi di carico con i valori applicati al modello:

Analysis Model - Frame Span Loads (G2_R) (GLOBAL CSys)

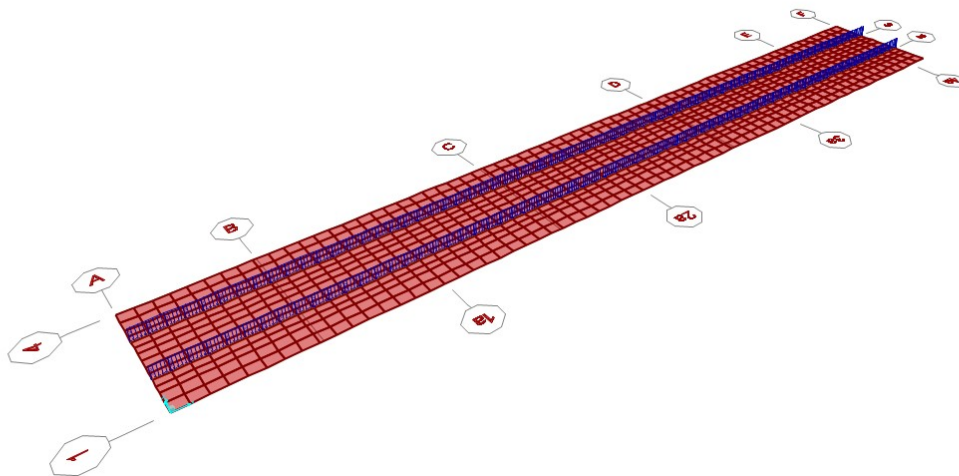


Fig. 17 –Modello di calcolo –G2_R(peso rotaie)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	48 di 91

Analysis Model - Area Uniform (G2_P) (Local - Gravity)

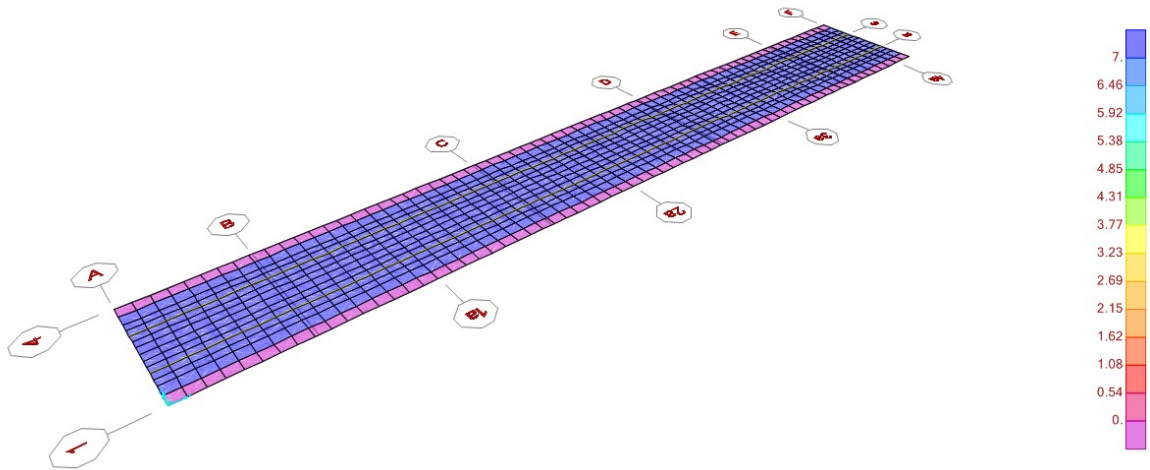


Fig. 18 –Modello di calcolo –G2_P peso platee prefabbricate)

Analysis Model - Area Uniform (G2_M) (Local - Gravity)

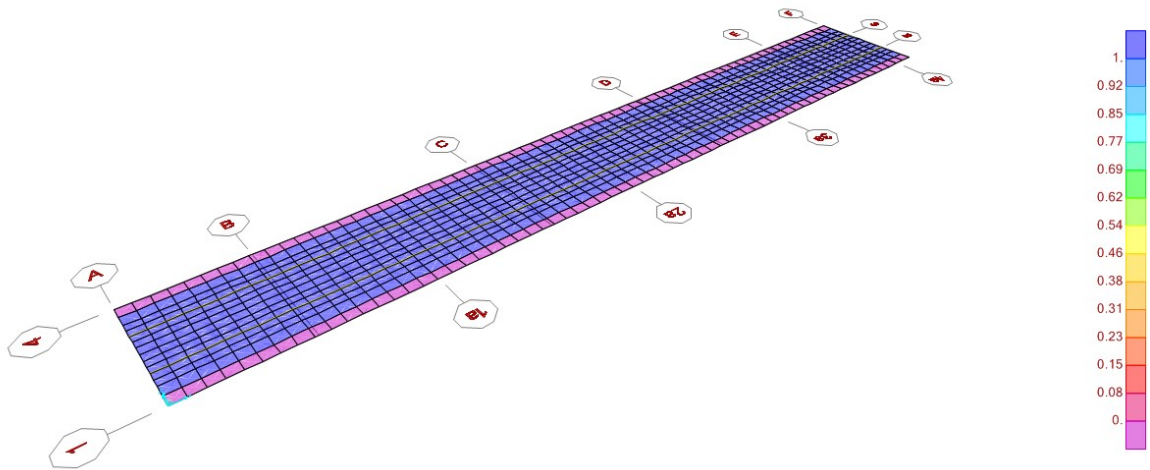


Fig. 19 –Modello di calcolo –G2_M(peso malta di allettamento)

Analysis Model - Area Uniform (LM71_1) (Local - Gravity)

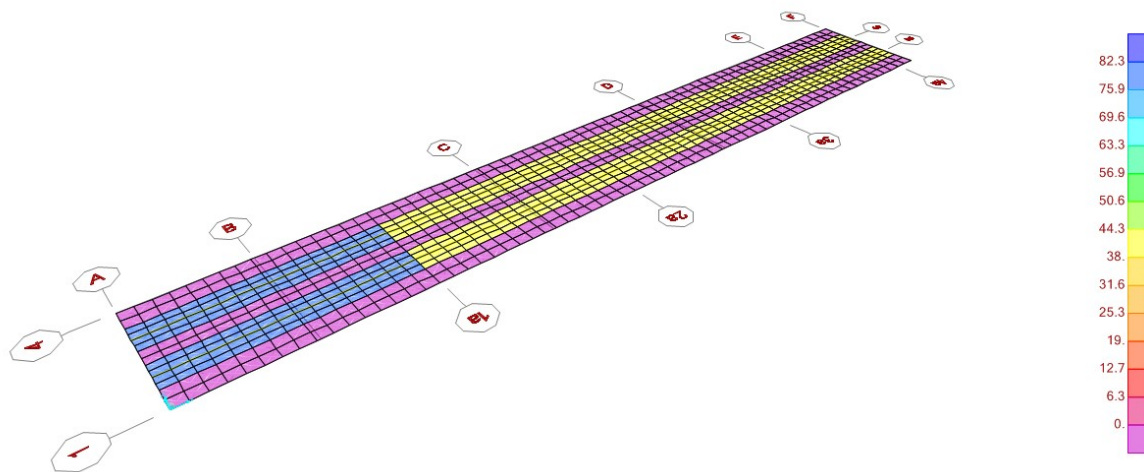


Fig. 20 –Modello di calcolo –LM71_1(carico mobile LM71 - posizione 1)

Analysis Model - Area Uniform (LM71_2) (Local - Gravity)

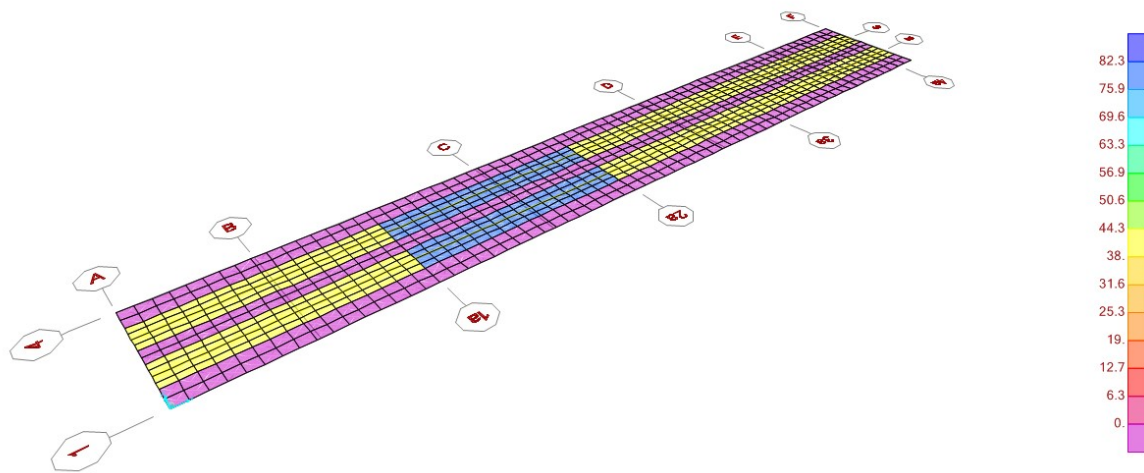


Fig. 21 –Modello di calcolo –LM71_2(carico mobile LM71 - posizione 2)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	50 di 91

Analysis Model - Area Uniform (LM71_3) (Local - Gravity)

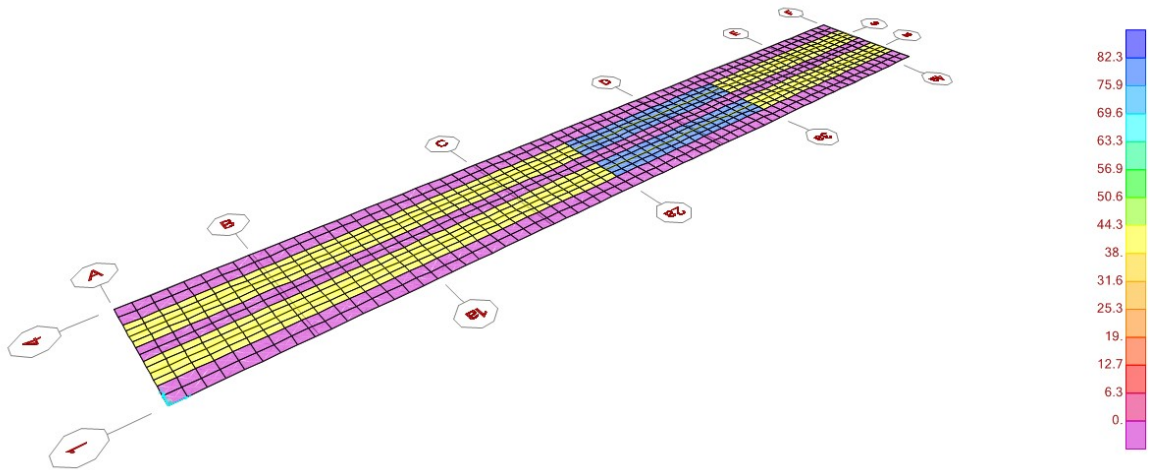


Fig. 22 –Modello di calcolo –LM71_3(carico mobile LM71 - posizione 3)

Analysis Model - Area Uniform (LM71_4) (Local - Gravity)

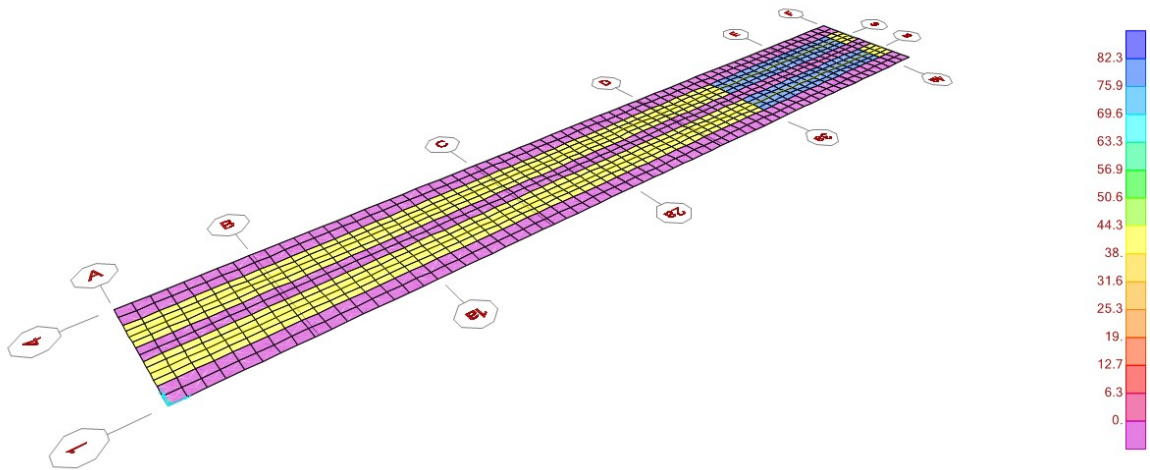


Fig. 23 –Modello di calcolo –LM71_4(carico mobile LM71 - posizione 4)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	51 di 91

Analysis Model - Area Uniform (LM71_5) (Local - Gravity)

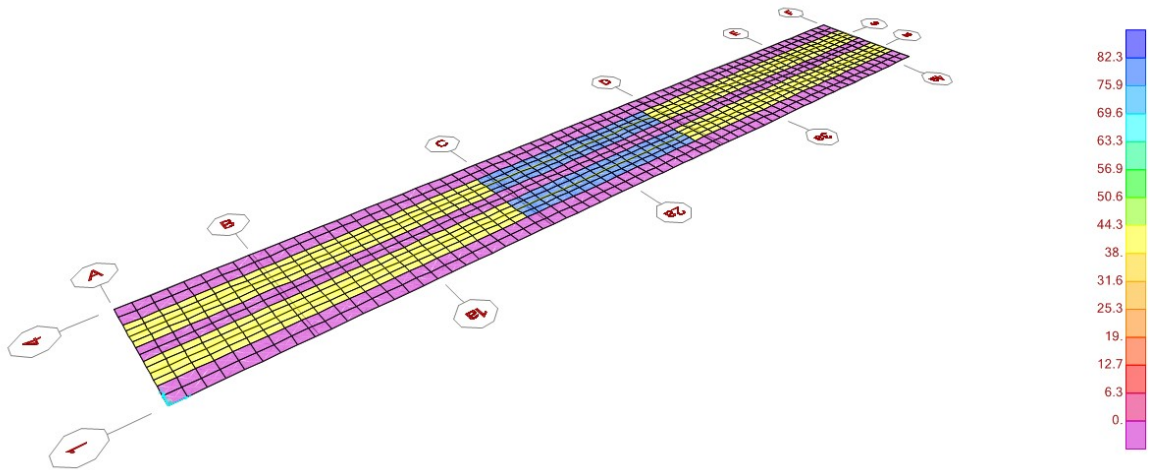


Fig. 24 –Modello di calcolo –LM71_5(carico mobile LM71 - posizione 5)

Analysis Model - Area Uniform (SW/2_1) (Local - Gravity)

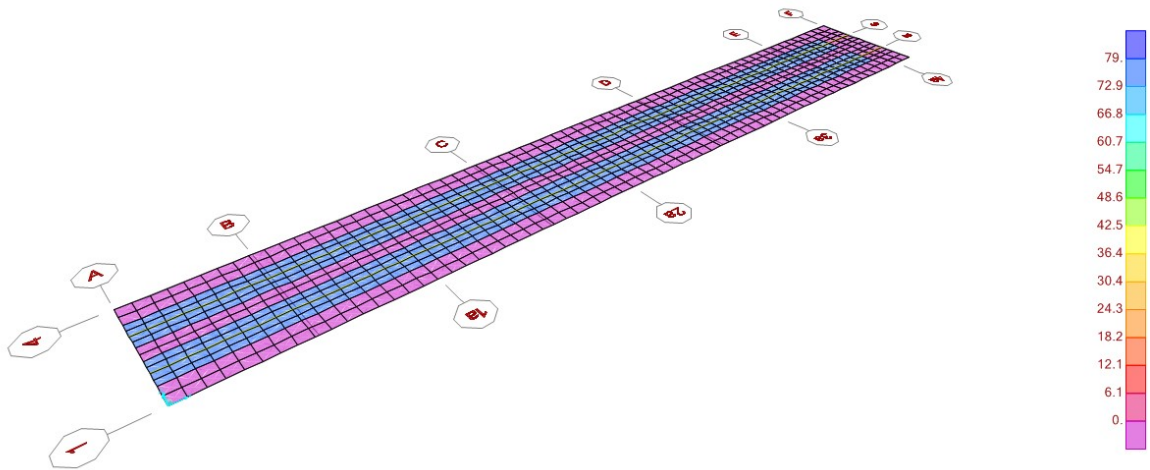


Fig. 25 –Modello di calcolo –SW/2_1(carico mobile SW/2 - posizione 1)

Analysis Model - Area Uniform (SW/2_2) (Local - Gravity)

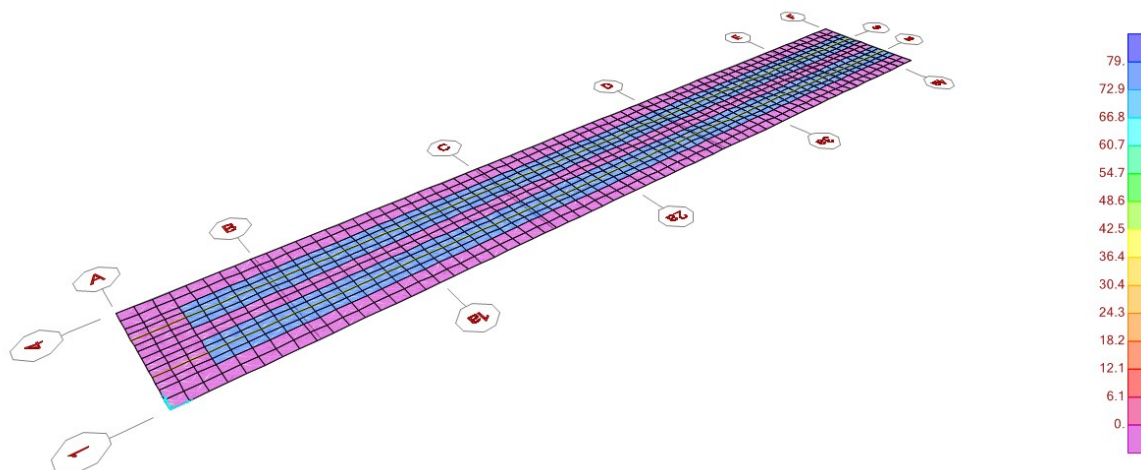


Fig. 26 –Modello di calcolo – SW/2_2(carico mobile SW/2 - posizione 2)

Analysis Model - Area Uniform (SW/2_3) (Local - Gravity)

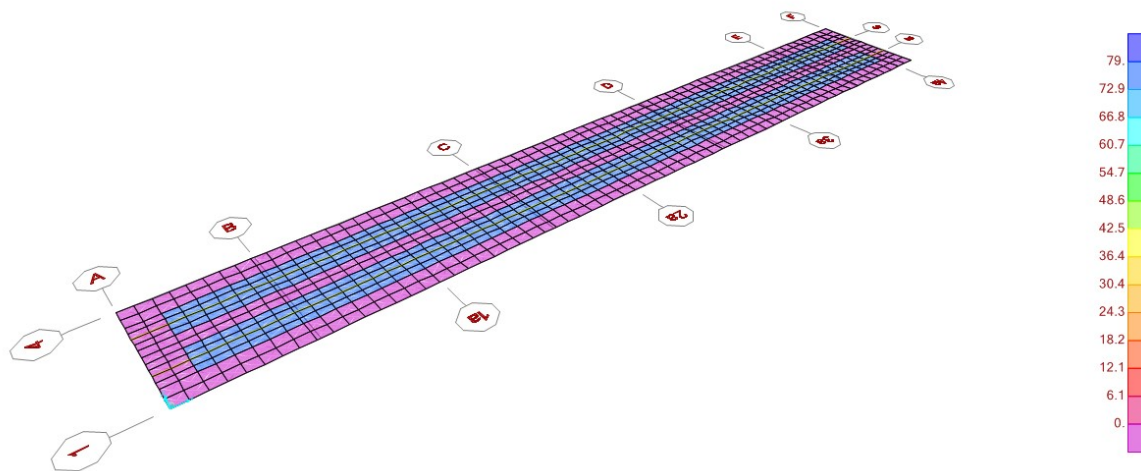


Fig. 27 –Modello di calcolo – SW/2_3(carico mobile SW/2 - posizione 3)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	53 di 91

Analysis Model - Area Uniform (SW/2_4) (Local - Gravity)

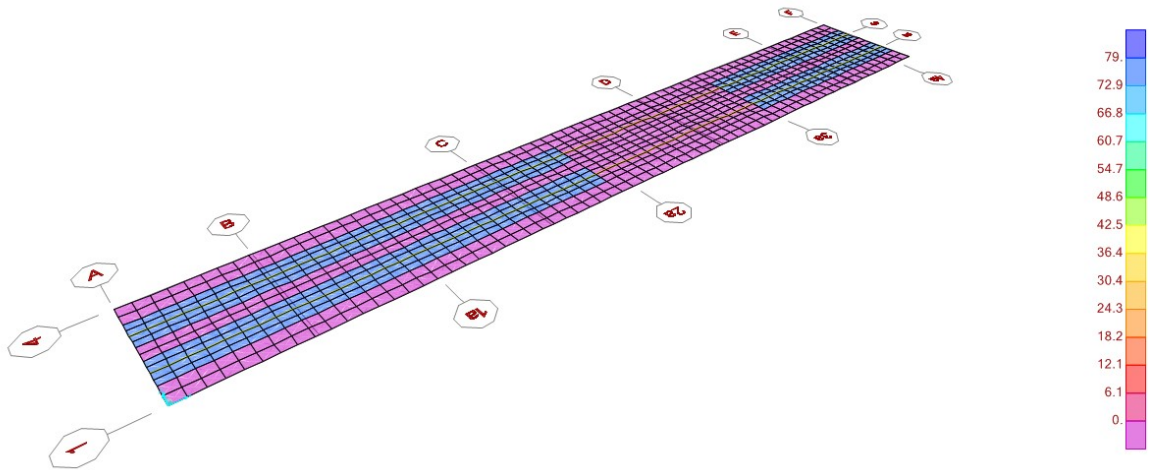


Fig. 28 –Modello di calcolo – SW/2_4(carico mobile SW/2 - posizione 4)

Analysis Model - Area Uniform (SW/2_5) (Local - Gravity)

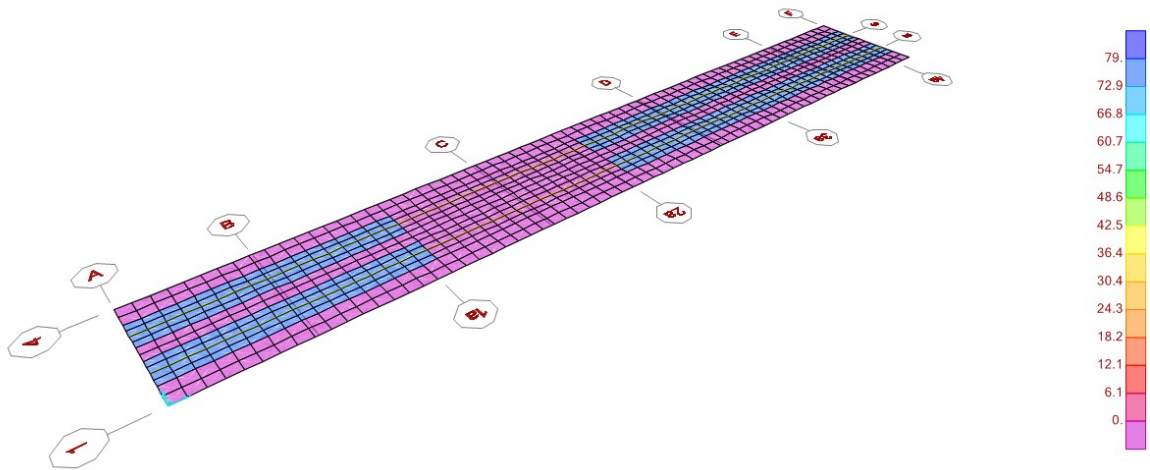


Fig. 29 –Modello di calcolo – SW/2_5(carico mobile SW/2 - posizione 5)

Analysis Model - Frame Span Loads: (AVV) (GLOBAL CSys)

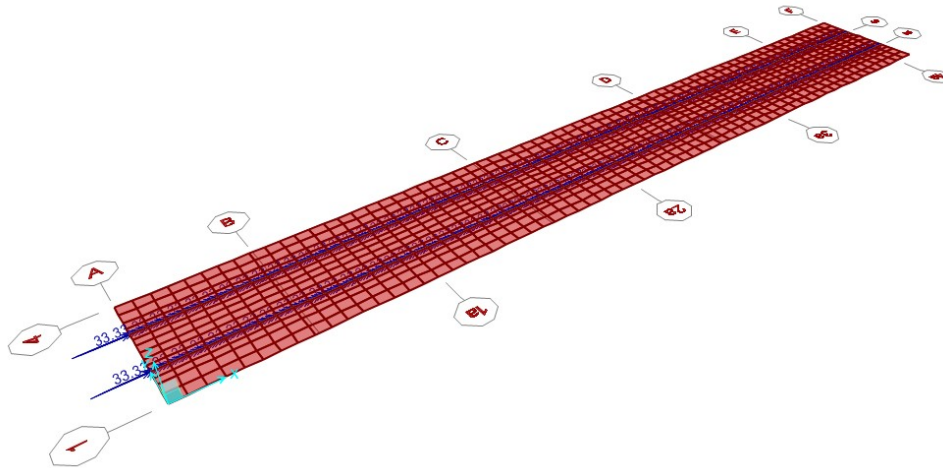


Fig. 30 –Modello di calcolo – AVV (carico mobile - avviamento)

Analysis Model - Frame Span Loads: (FREN_LM71) (GLOBAL CSys)

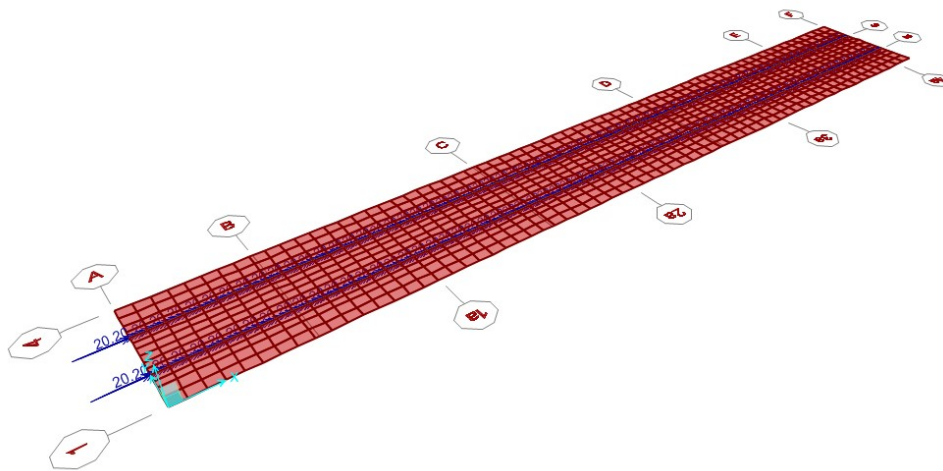


Fig. 31 –Modello di calcolo – FREN_LM71 (carico mobile – frenatura LM71)

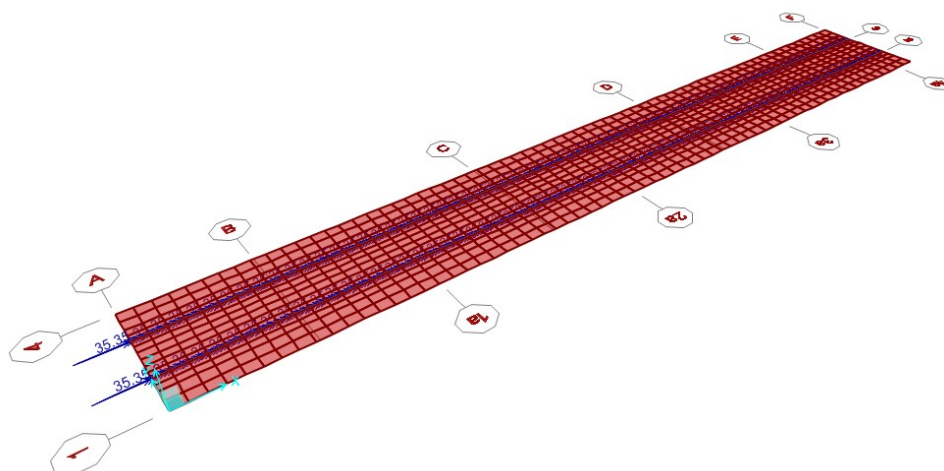


Fig. 32 –Modello di calcolo – FREN_SW/2 (carico mobile – frenatura SW/2)

10.2 Risultati delle analisi

Sulla base della modellazione descritta in precedenza si riportano di seguito i risultati delle analisi in termini di sollecitazioni di progetto.

Il sistema di riferimento per l'interpretazione delle immagini successive è:

- M_{11} il momento utilizzato per il calcolo delle armature in direzione longitudinale (espresso in kNm/m);
- M_{22} il momento utilizzato per il calcolo delle armature in direzione trasversale le solette e in direzione verticale le pareti (espresso in kNm/m);
- V_{13} il taglio utilizzato per il calcolo delle armature in direzione locale 1 (espresso in kN/m);
- V_{23} il taglio utilizzato per il calcolo delle armature in direzione locale 2 (espresso in kN/m).

Nelle successive analisi, con il termine “involuppo minimo” si è voluto indicare l'involuppo delle sollecitazioni che massimizza i valori negativi delle caratteristiche della sollecitazione, mentre con il termine “involuppo massimo” si è voluto indicare l'involuppo delle sollecitazioni che massimizza i valori positivi. Per le azioni assiali i valori negativi si riferiscono ad azioni di compressione.

Nelle immagini che seguono si riportano gli involuppi dei diagrammi delle sollecitazioni ottenuti dall'analisi dei risultati:

Resultant V13 Diagram (ENVE_SLU - Max) x

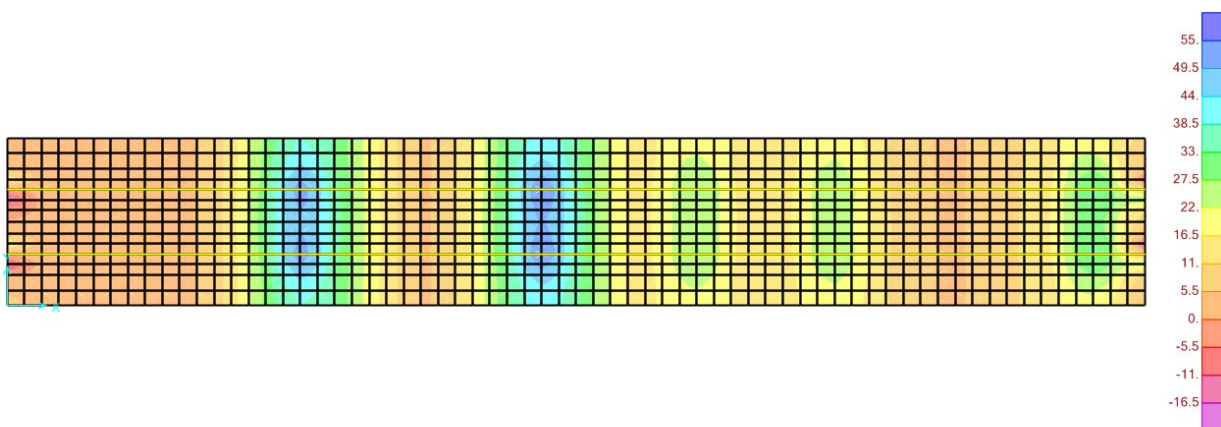


Fig. 33 – Modello di calcolo - Involuppo massimo SLU sforzo di taglio V_{13}

Resultant V13 Diagram (ENVE_SLU - Min) x

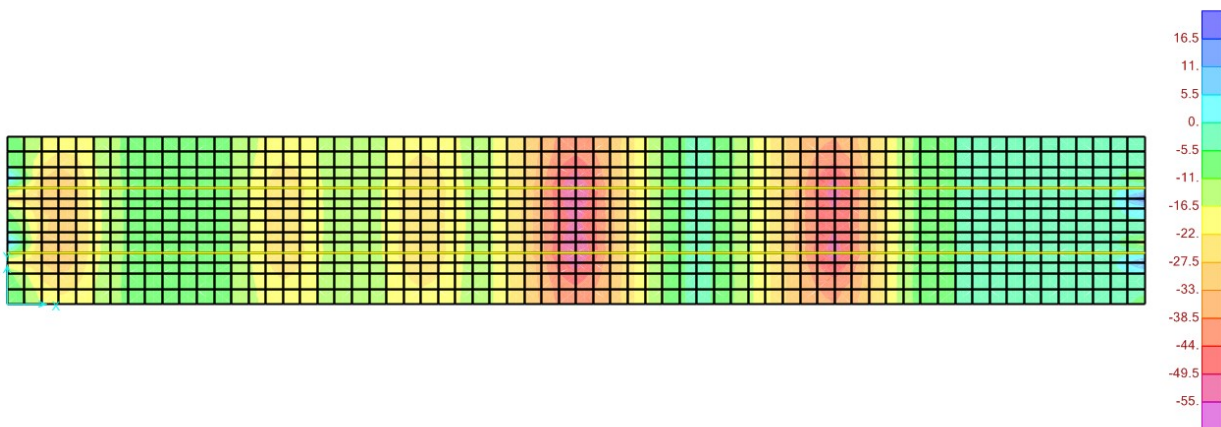


Fig. 34 – Modello di calcolo - Involuppo minimo SLU sforzo di taglio V_{13}

Resultant V23 Diagram (ENVE_SLU - Max)

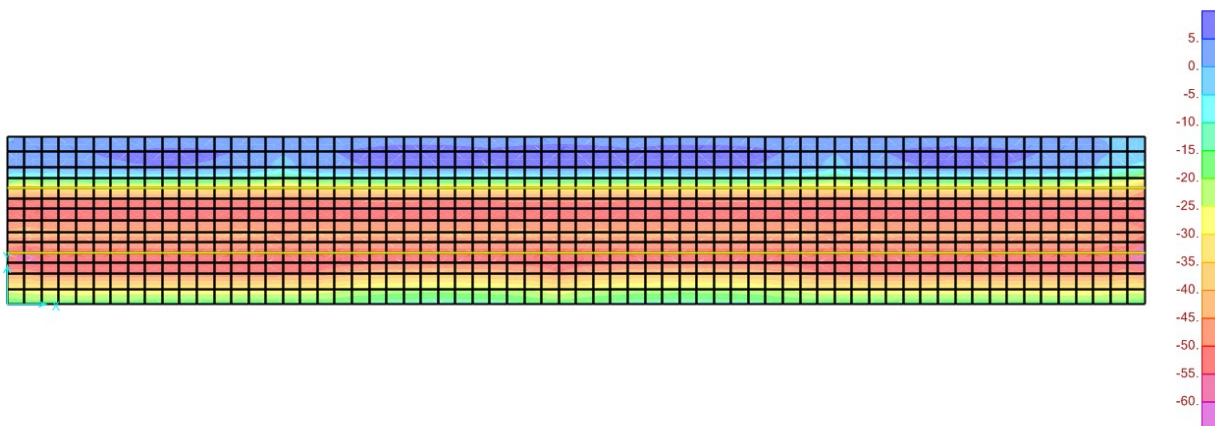


Fig. 35 – Modello di calcolo - Inviluppo massimo SLU sforzo di taglio V₂₃

Resultant V23 Diagram (ENVE_SLU - Min)

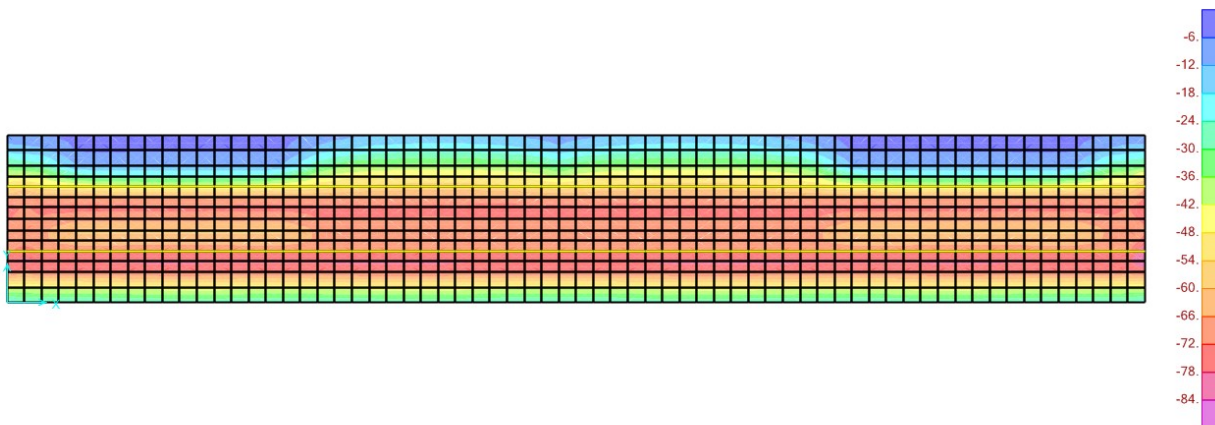


Fig. 36 – Modello di calcolo - Inviluppo minimo SLU sforzo di taglio V₂₃

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	58 di 91

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLU - Max)

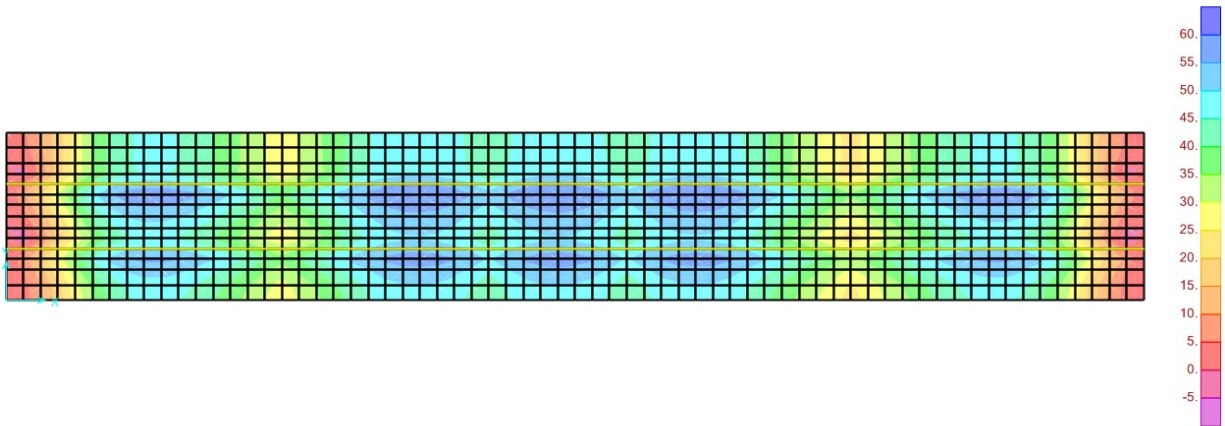


Fig. 37 – Modello di calcolo - Inviluppo massimo SLU momento flettente M_{11}

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLU - Min)

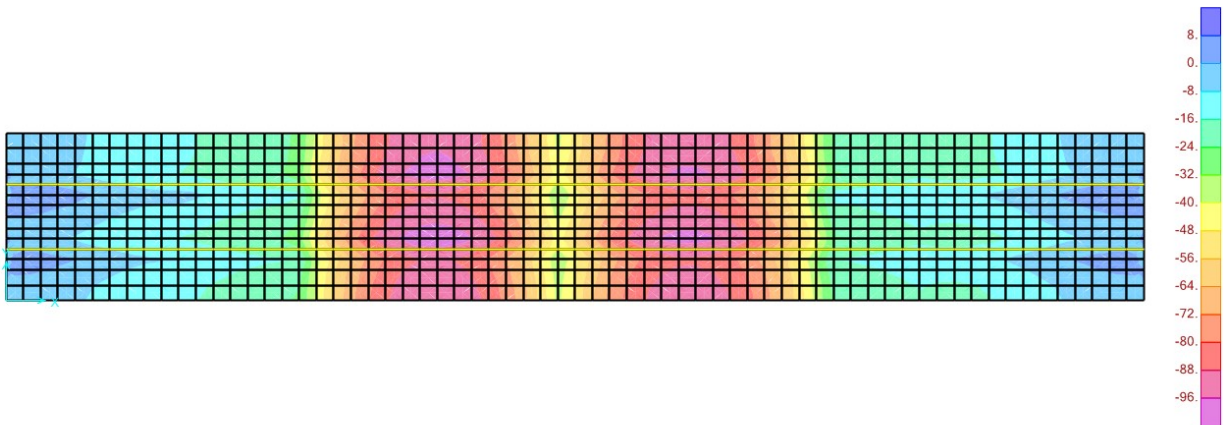


Fig. 38 – Modello di calcolo - Inviluppo minimo SLU momento flettente M_{11}

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	59 di 91

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLU - Max)

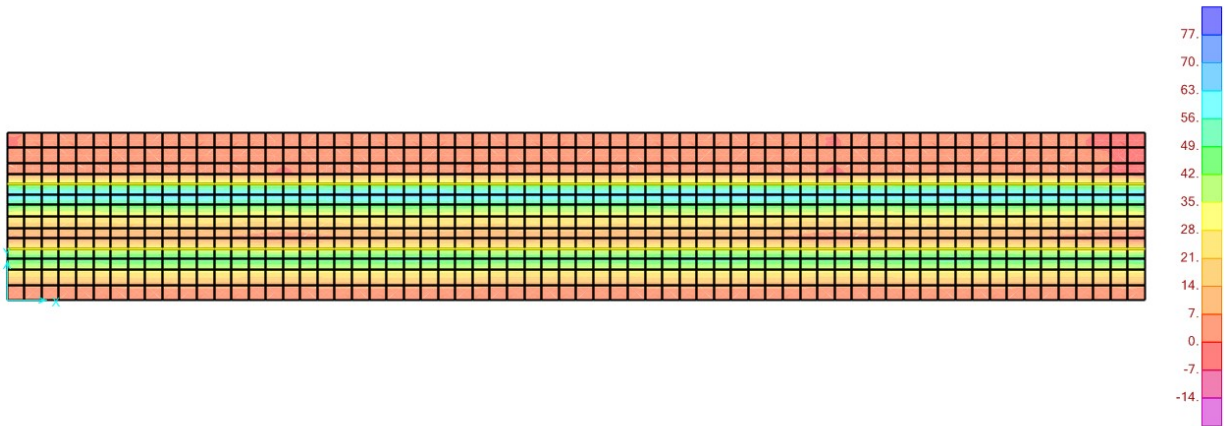


Fig. 39 – Modello di calcolo - Involuppo massimo SLU momento flettente M_{22}

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLU - Min)

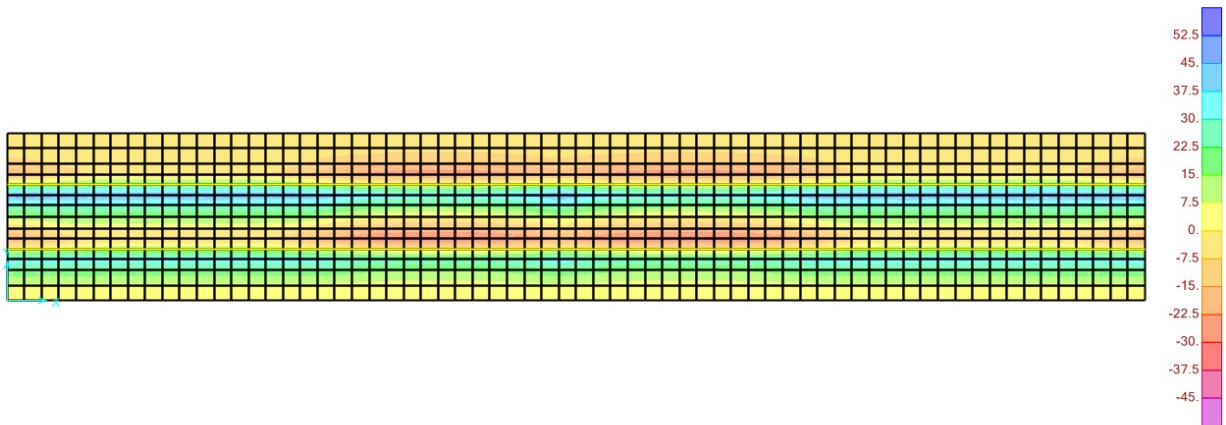


Fig. 40 – Modello di calcolo - Involuppo minimo SLU momento flettente M_{22}

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	60 di 91

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLE_RARA - Max)

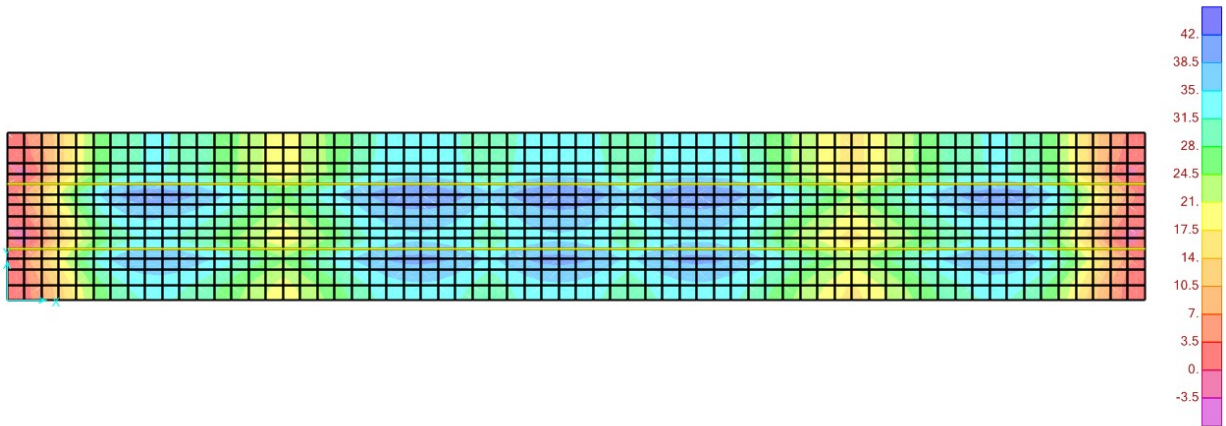


Fig. 41 – Modello di calcolo - Inviluppo massimo SLE RARA momento flettente M_{11}

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLE_RARA - Min)

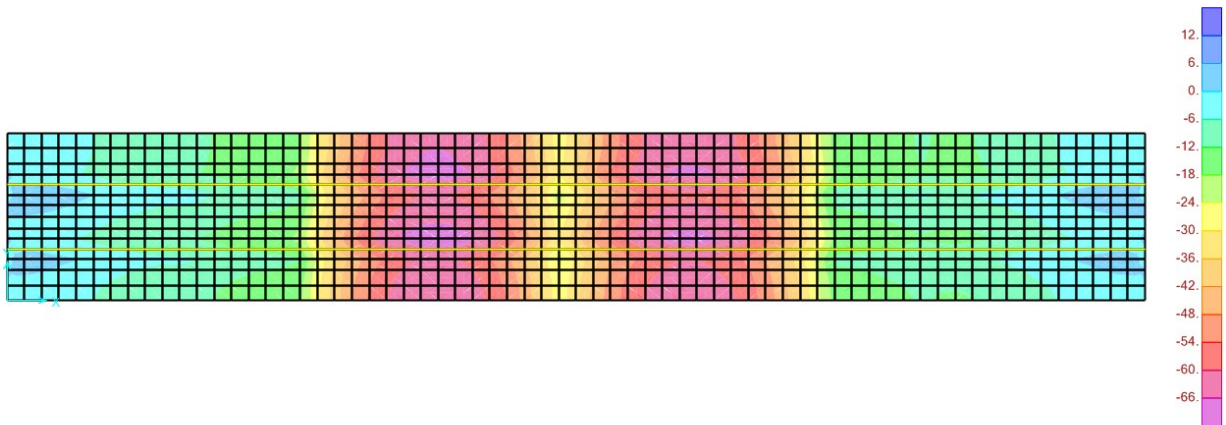


Fig. 42 – Modello di calcolo - Inviluppo minimo SLE RARA momento flettente M_{11}

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	61 di 91

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLE_RARA - Max)

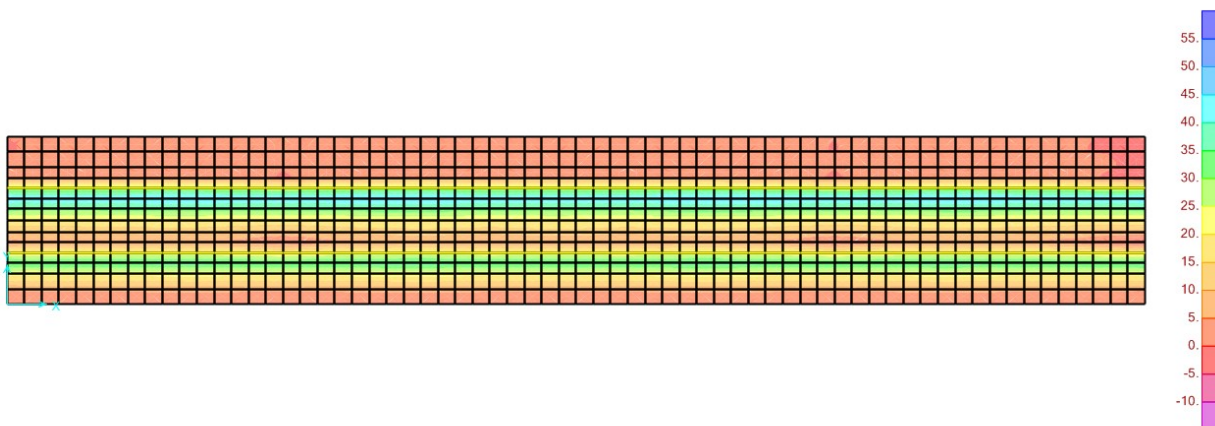


Fig. 43 – Modello di calcolo - Inviluppo massimo SLE RARA momento flettente M_{22}

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLE_RARA - Min)

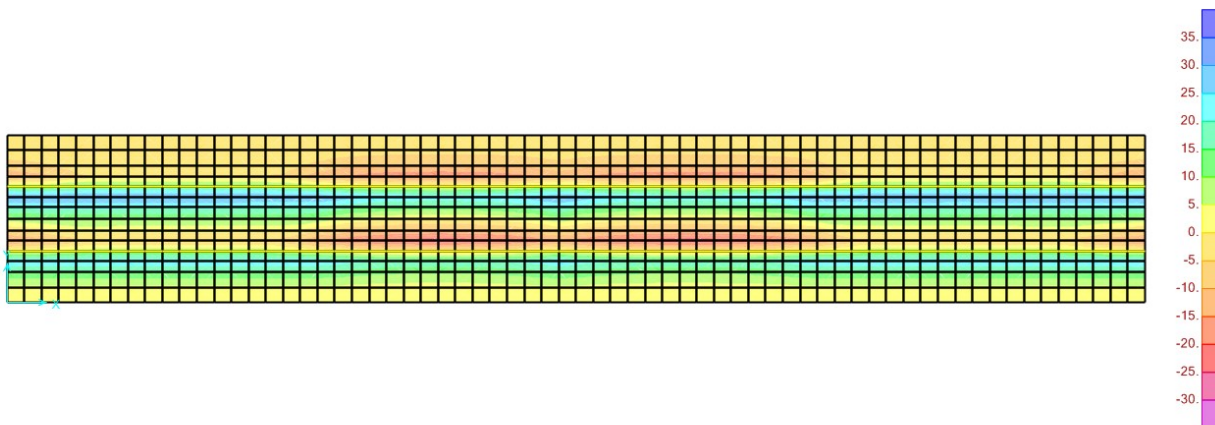


Fig. 44 – Modello di calcolo - Inviluppo minimo SLE RARA momento flettente M_{22}

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	62 di 91

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLE_QP - Max)

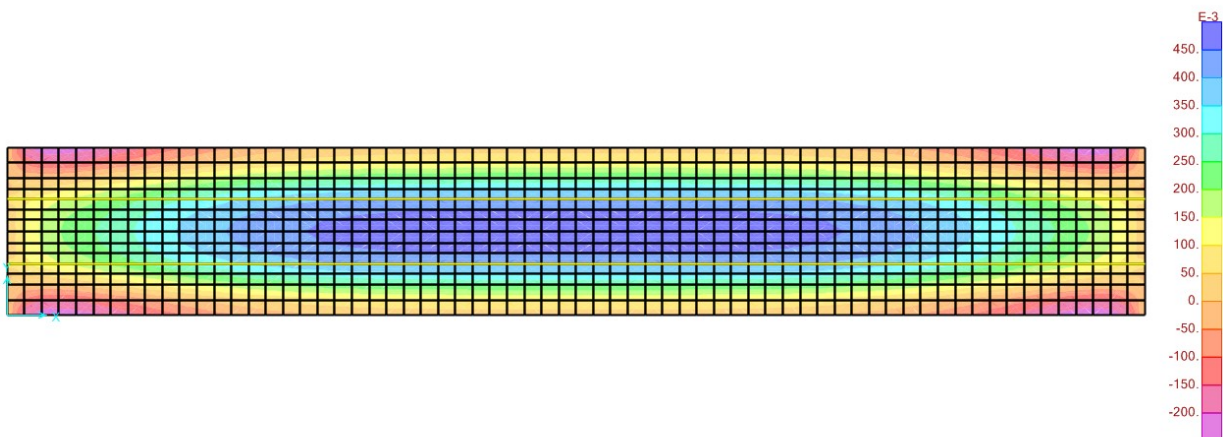


Fig. 45 – Modello di calcolo - Involuppo massimo SLE QUASI PERMANENTE momento flettente M_{11}

Resultant M11 Diagram (ENVE_SLE_QP - Min)

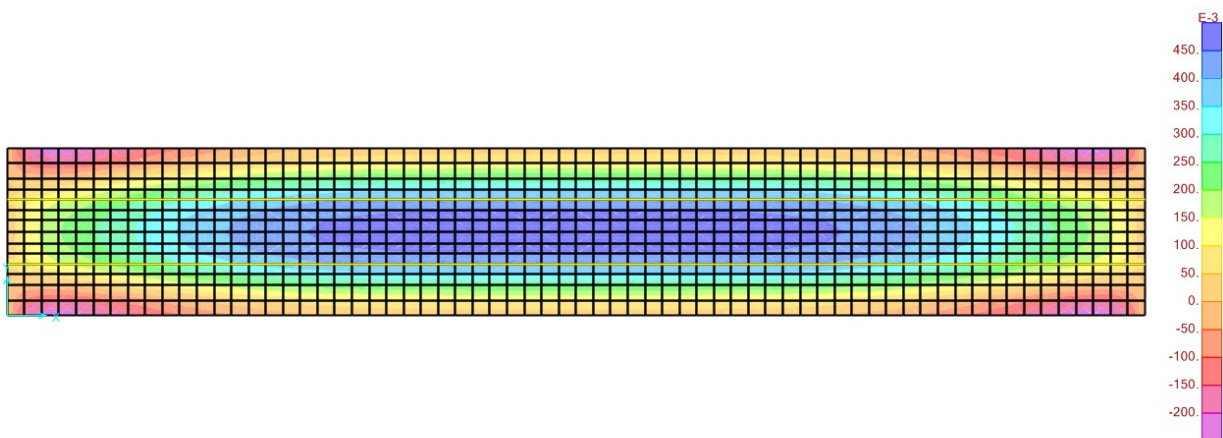


Fig. 46 – Modello di calcolo - Involuppo minimo SLE QUASI PERMANENTE momento flettente M_{11}

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	63 di 91

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLE_QP - Max)

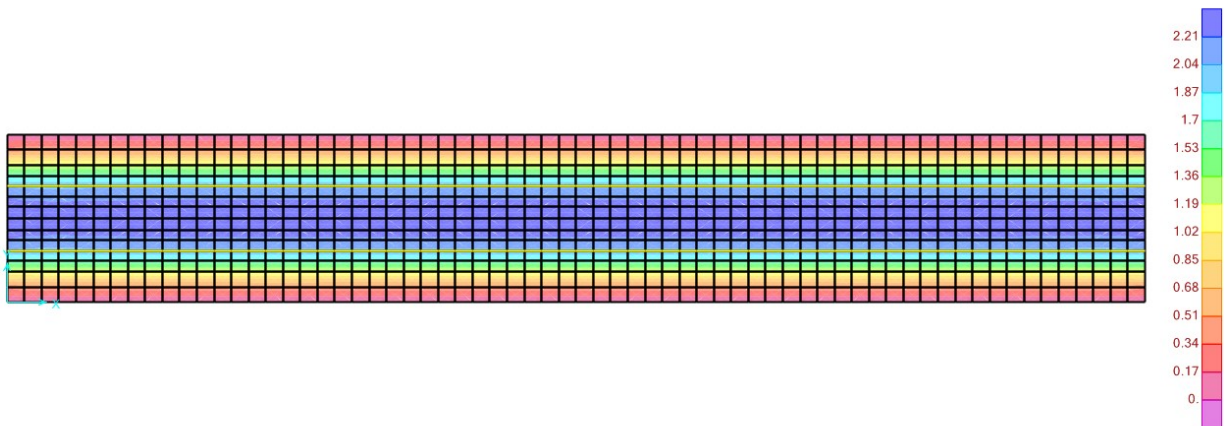


Fig. 47 – Modello di calcolo - Inviluppo massimo SLE QUASI PERMANENTE momento flettente M_{22}

Resultant M22 Diagram (ENVE_SLE_QP - Min)

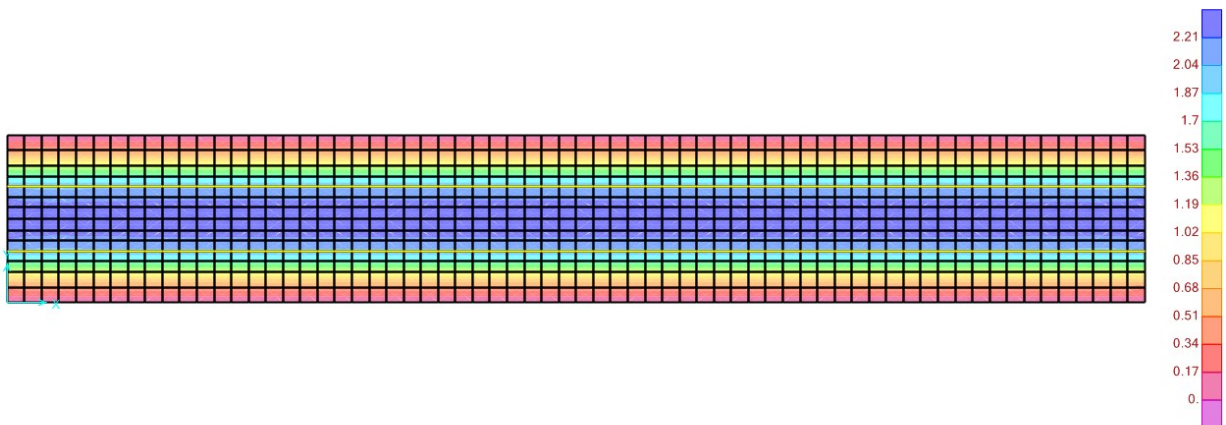


Fig. 48 – Modello di calcolo - Inviluppo minimo SLE QUASI PERMANENTE momento flettente M_{22}

10.3 Verifiche strutturali

Le verifiche riportate nei paragrafi successivi sono effettuate considerando il valore assoluto delle sollecitazioni. In particolare per la soletta di fondazione si riportano le verifiche in assenza di sforzo normale.

- Armatura trasversale: Armatura superiore $\phi 12/20$ cm
Armatura inferiore $\phi 12/20$ cm
- Armatura longitudinale: Armatura superiore $\phi 16/20$ cm
Armatura inferiore $\phi 16/20$ cm

• Verifica SLU

•

Armatura trasversale

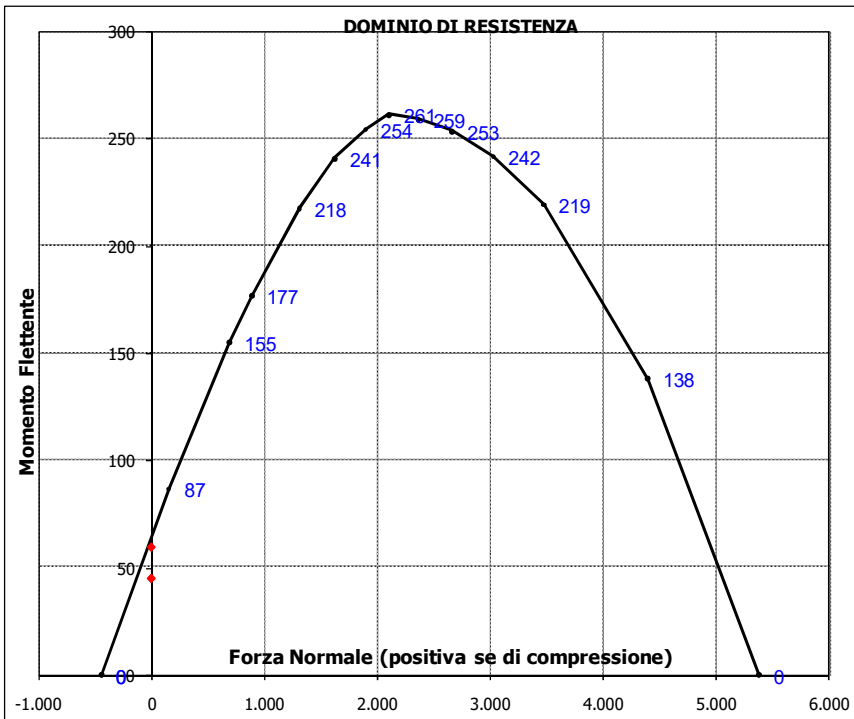
Acciaio			
Tensione car. di rottura	f_{tk}	=	540 N/mm ²
Tensione car. di snervamento	f_{yk}	=	450 N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	γ_s	=	1,15
Resistenza di calcolo	f_{yd}	=	391 N/mm ²
Modulo elastico	E_s	=	205000 N/mm ²
	ϵ_{yd}	=	0,00191

Calcestruzzo			
Tipo	C25/30		
R_{ck}	30	N/mm ²	
f_{ck}	24,9	N/mm ²	
γ_c	1,5		
f_{cd}	16,6	N/mm ²	
f_{cc}	14,1	N/mm ²	

Geometria della sezione			
Altezza geometrica della sezione	h	=	35 cm
Base della sezione	b	=	100 cm
Copriferro netto	c	=	40 mm
Armatura a taglio	ϕ	=	0 mm
Armatura di ripartizione	ϕ	=	16 mm
Copriferro	c'	=	6,2 cm
Altezza utile della sezione	d	=	28,8 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	12	5,65	cm ²
		0,00	cm ²
		0,00	cm ²
		5,65	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	12	5,65	cm ²
		0,00	cm ²
		0,00	cm ²
		5,65	cm²



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
INV SLU	0	60
INV SLU	0	45

DOMINIO DI RESISTENZA
PUNTO NRd [kN] MRd [kNm]

PUNTO	NRd [kN]	MRd [kNm]
1	-443	0
2	-443	0
3	153	87
4	690	155
5	887	177
6	1311	218
7	1625	241
8	1896	254
9	2104	261
10	2363	259
11	2665	253
12	3027	242
13	3472	219
14	4393	138
15	5381	0

Armatura longitudinale

Acciaio

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0,00191$	

Calcestruzzo

Tipo	C25/30
R_{ck}	30 N/mm ²
f_{ck}	24,9 N/mm ²
γ_c	1,5
f_{cd}	16,6 N/mm ²
f_{cc}	14,1 N/mm ²

Geometria della sezione

Altezza geometrica della sezione	$h = 35$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro netto	$c = 40$	mm
Armatura a taglio	$\phi = 0$	mm

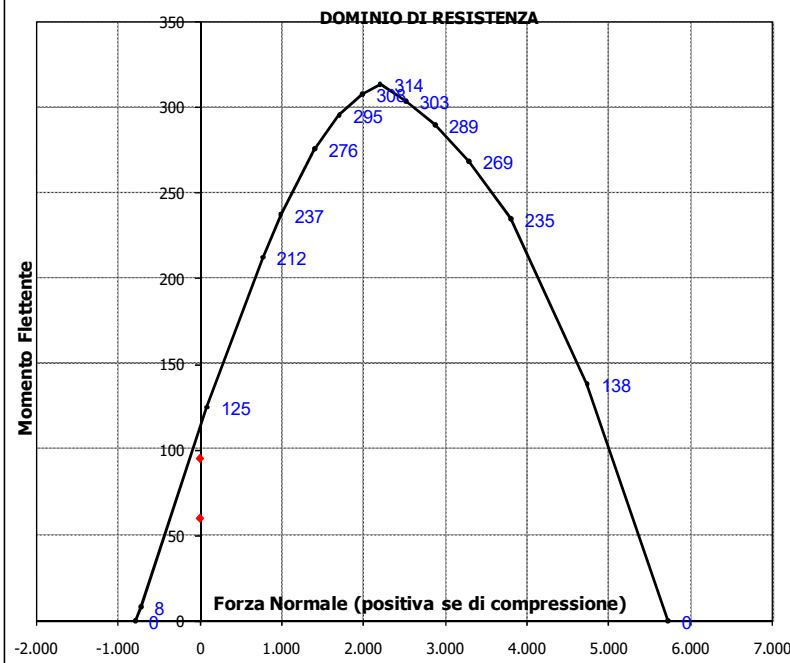
Copriferro	$c' = 4,8$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 30,2$	cm

Armatura tesa

N° ferri	Diametro	Area
5	16	10,05 cm ²
		0,00 cm ²
		0,00 cm ²
		10,05 cm²

Armatura compressa

N° ferri	Diametro	Area
5	16	10,05 cm ²
		0,00 cm ²
		0,00 cm ²
		10,05 cm²



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
INV SLU	0	60
INV SLU	0	95

DOMINIO DI RESISTENZA

PUNTO	NRd [kN]	MRd [kNm]
1	-787	0
2	-721	8
3	89	125
4	769	212
5	989	237
6	1404	276
7	1704	295
8	1989	308
9	2206	314
10	2518	303
11	2875	289
12	3295	269
13	3802	235
14	4738	138
15	5725	0

• **Verifica a taglio**

Elementi senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	67 di 91

V13

Calcestruzzo

Tipo	C25/30	
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	24,9	N/mm ²
γ_c	1,5	
α_{cc}	0,85	
f_{cd}	14,1	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1,15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	55
N_{Ed}	kN	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	0
Numero barre		0
A_{sw}	cm ²	0,00
Passo s	cm	0
Angolo α	°	0

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	16
n_2		-
\varnothing_2	mm	-
Asl	cm ²	10,05

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	35
c	cm	4,8
d	cm	30,2
k	N/mm ²	1,81
v_{min}	N/mm ²	0,43
ρ		0,0033
σ_{cp}	N/mm ²	0,00
α_c		1,00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	133
----------	----	------------

coefficiente di sicurezza C.S. 2,42

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	68 di 91

V23

Calcestruzzo

Tipo	C25/30	
R _{ck}	30	N/mm ²
f _{ck}	24,9	N/mm ²
γ _c	1,5	
α _{cc}	0,85	
f _{cd}	14,1	N/mm ²

Acciaio

f _{tk}	540	N/mm ²
f _{yk}	450	N/mm ²
γ _s	1,15	
f _{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V _{Ed}	kN	85
N _{Ed}	kN	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	0
Numero barre		0
A _{sw}	cm ²	0,00
Passo s	cm	0
Angolo α	°	0

Armatura longitudinale

n ₁		5
∅ ₁	mm	12
n ₂		-
∅ ₂	mm	-
Asl	cm ²	5,65

Sezione

b _w	cm	100
H	cm	35
c	cm	6,2
d	cm	28,8
k	N/mm ²	1,83
v _{min}	N/mm ²	0,43
ρ		0,0020
σ _{cp}	N/mm ²	0,00
α _c		1,00

Resistenza senza armatura a taglio

V _{Rd}	kN	125
-----------------	----	------------

coefficiente di sicurezza C.S. 1,47

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	69 di 91

• **Verifica a fessurazione e delle tensioni**

Armatura trasversale

Sollecitazioni

Momento flettente	M	35,00	kN m	RARA
Sforzo normale	N	0,00	kN	INV_SLE

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	24,9	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	31447,16	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	13,7	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2,56	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	1,79	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450,00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000,00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337,5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	5,65	cm ²	5 Ø 12 $c_{s1} = \mathbf{6,2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{s2} = \mathbf{6,8}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{i2} = \mathbf{6,2}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	5,65	cm ²	5 Ø 12 $c_{i1} = \mathbf{6,2}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4,2	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	231,5	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	6,2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3658	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	378953,7648	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	51268,43132	cm ⁴	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	70 di 91

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	39	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	55	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	∞	cm	
	$u (M_{fess})$	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6,7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	366,4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	6,2	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0,4		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9,60	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6,5	-	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	5,65	cm ²	
Area efficace	$A_{c,eff}$	960,21	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0,0059	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0,000907155	-	
Copriferro netto	c'	4,0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0,80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0,50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3,40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0,425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	12,00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	482,3973313	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	283,7631361	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0,26	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	-	mm	
Tipo di armatura	Poco sensibile			
Condizioni ambientali	Ordinarie			
Stato limite	Rara			
Valore limite di apertura delle fessure	$w_3=0.4$ mm			
	w_d	-	-	
	w_{max}	= 0.4	-	
	w_k	<	w_{max}	verifica soddisfatta

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	71 di 91

Sollecitazioni

Momento flettente	M	5,00	kN m	QUASI PERMANENTE
Sforzo normale	N	0,00	kN	INV_SLE

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	24,9	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	31447,16	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	10,0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2,56	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	1,79	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450,00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000,00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337,5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	5,65	cm ²	5 Ø 12 $c_{s1} = \mathbf{6,2}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{s2} = \mathbf{6,8}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{t2} = \mathbf{6,2}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	5,65	cm ²	5 Ø 12 $c_{t1} = \mathbf{6,2}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0,6	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	33,1	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	6,2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3658	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	378953,7648	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	51268,43132	cm ⁴	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	72 di 91

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	39	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	55	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	∞	cm	
	$u (M_{fess})$	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6,7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	366,4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	6,2	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0,4		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9,60	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6,5	-	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	5,65	cm ²	
Area efficace	$A_{c,eff}$	960,21	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0,0059	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0,000907155	-	
Copriferro netto	c'	4,0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0,80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0,50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3,40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0,425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	12,00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	482,3973311	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	283,7631359	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0,26	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	-	mm	
Tipo di armatura	Poco sensibile			
Condizioni ambientali	Ordinarie			
Stato limite	Quasi permanente			
Valore limite di apertura delle fessure	$w_2=0.3$ mm			
	w_d	=	-	-
	w_{max}	=	0.3	-
	w_k	<		w_{max} verifica soddisfatta

Armatura longitudinale

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	73 di 91

Sollecitazioni

Momento flettente	M	70,00	kN m	RARA
Sforzo normale	N	0,00	kN	INV_SLE

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	24,9	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	31447,16	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	13,7	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2,56	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	1,79	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450,00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000,00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337,5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm	
Larghezza sezione	B	100	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	10,05	cm ²	5 Ø 16 $c_{s1} = 4,8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{s2} = 5,6$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0,00	cm ²	0 Ø 0 $c_{t2} = 4,8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	10,05	cm ²	5 Ø 16 $c_{t1} = 4,8$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5,8	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	254,6	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	7,7	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3781	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	405935,5847	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	92826,59251	cm ⁴	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	74 di 91

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	42	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	59	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	∞	cm	
	$u (M_{fess})$	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	4,9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	215,8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	7,7	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0,4		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9,10	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6,5	-	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	10,05	cm ²	
Area efficace	$A_{c,eff}$	910,28	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0,0110	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0,000568305	-	
Copriferro netto	c'	4,0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0,80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0,50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3,40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0,425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	16,00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	382,2875437	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	224,8750257	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0,13	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0,22	mm	
Tipo di armatura	Poco sensibile			
Condizioni ambientali	Ordinarie			
Stato limite	Rara			
Valore limite di apertura delle fessure	$w_3=0.4$ mm			
	$w_d=$	0,22	-	
	$w_{max} =$	0.4	-	
	$w_k <$		w_{max}	verifica soddisfatta

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	75 di 91

Sollecitazioni

Momento flettente	M	5,00	kN m	QUASI PERMANENTE
Sforzo normale	N	0,00	kN	INV_SLE

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	24,9	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	31447,16	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	10,0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2,56	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	1,79	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450,00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000,00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	337,5	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	10,05	cm ²	5 Ø 16	$c_{s1} = 4,8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0,00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = 5,6$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0,00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = 4,8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	10,05	cm ²	5 Ø 16	$c_{t1} = 4,8$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0,4	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	18,2	N/mm ²	<	σ_{samm}


Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	7,7	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	3781	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	405935,5847	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	92826,59251	cm ⁴		

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	76 di 91

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	42	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	59	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	∞	cm	
	$u (M_{fess})$	∞	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	4,9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	215,8	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	7,7	cm	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0,4		
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9,10	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6,5	-	
Armatura nell'area efficace	$A_{s,eff}$	10,05	cm ²	
Area efficace	$A_{c,eff}$	910,28	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0,0110	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0,000568305	-	
Copriferro netto	c'	4,0	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0,80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0,50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3,40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0,425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	16,00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	382,2875437	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	224,8750257	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0,13	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	-	mm	
Tipo di armatura	Poco sensibile			
Condizioni ambientali	Ordinarie			
Stato limite	Quasi permanente			
Valore limite di apertura delle fessure	$w_2=0.3$ mm			
	w_d	=	-	-
	w_{max}	=	0.3	-
	w_k	<		w_{max} verifica soddisfatta

	NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NMOY	LOTTO 00 D 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0003005	REV. A

11. VERIFICHE GEOTECNICHE

11.1.1 Verifica di capacità portante verticale

La verifica geotecnica presa a riferimento per lo studio della vasca in esame è la verifica al carico limite della fondazione.

Tabella 11-1. Coefficienti parziali delle azioni

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_R)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G3}

Tabella 11-2. Coefficienti parziali dei parametri geotecnici

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno


PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1.0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1.0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1.0	1.0

Per le verifiche geotecniche in condizioni statiche, si adottano i seguenti coefficienti di sicurezza:

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per le verifiche geotecniche in condizioni sismiche, si adottano gli stessi coefficienti di sicurezza definiti in condizioni statiche.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>78 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	78 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	78 di 91								

Nel dettaglio la verifica al carico limite di fondazione è una verifica a rottura del terreno di fondazione. Tale verifica si ritiene soddisfatta se il rapporto tra il carico limite in fondazione Q_u e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione risulta superiore al fattore di sicurezza definito dalle NTC 2018.

La verifica di capacità portante verticale si esegue in accordo con le espressioni di Brinch-Hansen del 1970, prendendo a riferimento una condizione di terreno incoerente.

- **Metodo di calcolo della capacità portante verticale**

Per la valutazione della capacità portante verticale della fondazione superficiale si ricorre all'utilizzo delle formule di Terzaghi. Secondo tale approccio di calcolo il carico limite è definito come:

$$q_{lim} = N_q \gamma_1 D + N_c c + N_y \gamma_2 \frac{B}{2}$$

dove:

- D è la profondità di terreno compreso fra il piano di posa della fondazione e la superficie del terreno;
- γ_1 è il peso dell'unità di volume del terreno compreso fra il piano di posa della fondazione e la superficie del terreno;
- c è la coesione del terreno sottostante il piano di posa;
- γ_2 è il peso dell'unità di volume del terreno sottostante il piano di posa interessato dal meccanismo di rottura (in presenza di falda tale peso viene valutato opportunamente);
- N_i sono coefficienti di carico limite i cui valori sono valutati in funzione dell'angolo di attrito del terreno sottostante il piano di posa.

I coefficienti di capacità portante N_c , N_q , N_y sono espressi come:

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi$$

$$N_q = \frac{1 + \operatorname{sen} \varphi}{1 - \operatorname{sen} \varphi} e^{\pi \operatorname{tg} \varphi}$$

$$N_y = 2(N_q + 1) \operatorname{tg} \varphi$$

Tale formulazione del carico limite è valida solo nelle ipotesi di stato di deformazione piana, rottura generale, carichi verticali e centrati, piano di posa e piano di campagna orizzontali e terreno omogeneo. Nelle applicazioni queste limitazioni sono rimosse moltiplicando i tre termini a secondo membro per adatti coefficienti correttivi, ottenuti per via analitica o semi empirica. Diversi coefficienti possono essere usati contemporaneamente per tener conto di più di un fattore. Di seguito sono riportate le espressioni più accreditate di tali coefficienti. Tali espressioni si riferiscono al caso di sottosuolo omogeneo.

Fattore di forma: nel passare dalla condizione ideale di una striscia indefinita di carico (problema piano) ad una fondazione reale avente dimensioni (B trasversale e L longitudinale) in pianta confrontabili (problema tridimensionale), la capacità portante è influenzata dagli effetti di bordo, di cui si tiene conto con i fattori di forma.

Forma della fondazione	$s_c (> 1)$	$s_q (> 1)$	$s_r (< 1)$
Rettangolare	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \varphi'$	$1 - 0,4 \cdot \frac{B'}{L'}$
Circolare o quadrata	$1 + \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \tan \varphi'$	0,6

Fattori di inclinazione del carico: nel caso di carico inclinato con componente orizzontale H e componente verticale V, si introducono i fattori di inclinazione del carico (in relazione al rapporto H/V la rottura può avvenire anche per slittamento) che tengono conto della riduzione della resistenza a rottura del terreno di fondazione.

Terreno	$i_c (< 1)$	$i_q (< 1)$	$i_r (< 1)$
$\phi = 0$ argilla satura in condizioni non drenate	$1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_u \cdot N_c}$	1	1
$c > 0, \phi > 0$ argilla in condizioni drenate	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$\left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^{m+1}$	$\left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot \phi'} \right]^{m+1}$
$c = 0$ sabbia	-	$\left(1 - \frac{H}{V} \right)^m$	$\left(1 - \frac{H}{V} \right)^{m+1}$
$m = m_L \cdot \cos^2 \theta$ $+ m_B \cdot \sin^2 \theta$	$m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$	$m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$	θ è l'angolo fra la direzione del carico proiettata sul piano di fondazione e la direzione di L

Fattori di profondità: si utilizzano per mettere in conto anche la resistenza al taglio del terreno sopra il piano di fondazione, ovvero per considerare la superficie di scorrimento estesa fino al piano campagna.

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	80 di 91

Valore di ϕ	$d_c (>1)$	$d_q (>1)$	$d_r (=1)$
$\phi = 0$ argilla satura in condizioni non drenate	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $1 + 0,4 \cdot \frac{D}{B'}$	1	1
$\phi > 0$ sabbia e argilla in condizioni drenate	$\frac{D}{B'} > 1$ $1 + 0,4 \cdot \arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \frac{D}{B'}$	$\frac{D}{B'} > 1$ $1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione: se i carichi permanenti sono sensibilmente inclinati si può realizzare il piano di posa della fondazione con un'inclinazione ε . La capacità portante nella direzione ortogonale al piano di posa deve essere valutata utilizzando i fattori di inclinazione del piano di posa

$b_c (< 1)$	$b_q (< 1)$	$b_r (< 1)$
$b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$

Fattori di inclinazione del terreno: se il piano campagna è inclinato di un angolo ω rispetto all'orizzontale

$g_c (< 1)$	$g_q (< 1)$	$g_r (< 1)$
$g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$(1 - \tan \omega)^2 \cdot \cos \omega$	$\frac{g_q}{\cos \omega}$

Fattori di inerzia: in presenza di verifica in condizioni sismiche si considerano ulteriori fattori riduttivi pari a:

$$z_e = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi}\right)^{0,35}$$

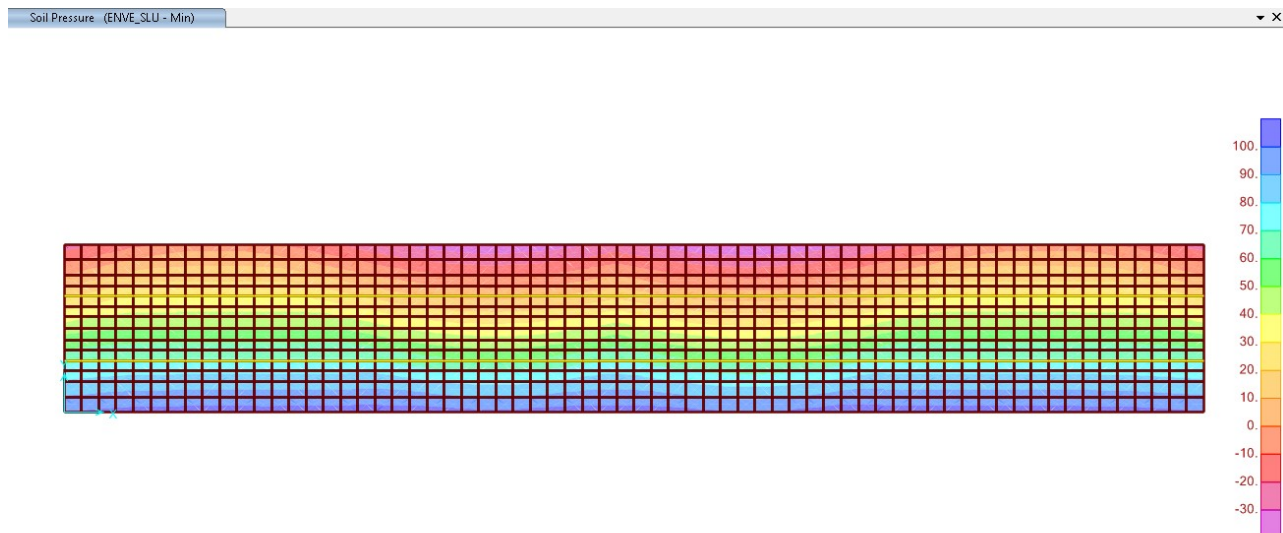
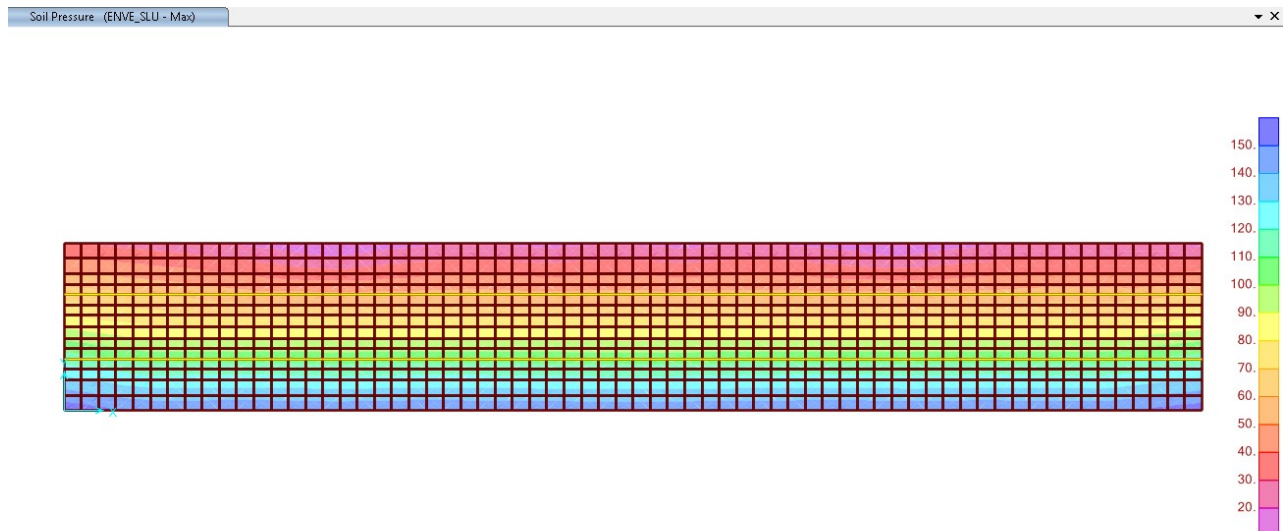
$$z_r = z_q$$


L'eccentricità del carico riduce la capacità portante di una fondazione superficiale. Nel caso di carico eccentrico si assume che l'area resistente a rottura sia quella per la quale il carico risulta centrato. Ad esempio per una fondazione a base rettangolare, se la risultante dei carichi trasmessi ha eccentricità e_x nella direzione del lato minore B ed eccentricità e_y nella direzione del lato maggiore L, per il calcolo della

capacità portante si assume una fondazione rettangolare equivalente di dimensioni $B^* \times L^*$, dove: $B^* = B - 2e_B$; $L^* = L - 2e_L$.

Verifica in condizioni statiche

Nelle immagini che seguono si riporta l'andamento delle pressioni della fondazione:



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA 1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NMOY</td> <td>00 D 11</td> <td>CL</td> <td>RI0003005</td> <td>A</td> <td>82 di 91</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	82 di 91
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	82 di 91								

Dai risultati mostrati si vede che il valore della massima pressione è pari a:

TABLE: Element Soil Pressure - Area Shells							
Area	AreaElem	ShellType	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	Pressure
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN/m2
1036	1036	Shell-Thin	1510	ENVE_SLU	Combination	Max	157.19

Nelle verifiche che seguono si assume

$$P_{\max} = 160 \text{ kN/m}^2$$

La pressione limite del terreno viene valutata attraverso l'utilizzo di un apposito foglio di calcolo, inserendo le caratteristiche del terreno e l'approfondimento medio della fondazione, considerata in questo caso si impronta 1x1 m. Il risultato ottenuto viene poi confrontato con le pressioni trasmesse al terreno dalla struttura.

Si riportano i valori dei coefficienti parziali utilizzati per le proprietà del terreno e delle resistenze.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

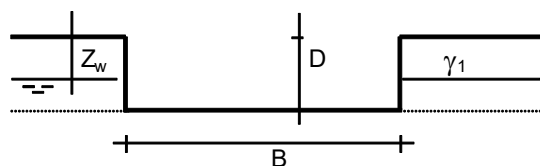
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

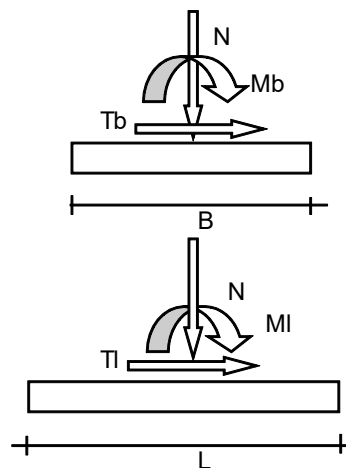
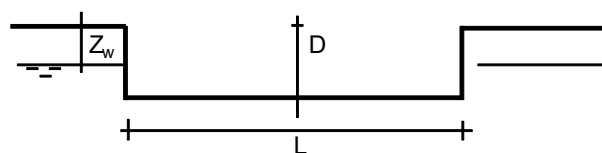
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1 ○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2 ○	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80	1,00
	SISMA ○	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80	1,00
	A1+M1+R3 ●	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30	1,10
	SISMA ○	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10
Tensioni Ammissibili ○	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	
Definiti dal Progettista ○	1,35	1,50	1,00	1,00	1,40	1,00	



γ, c', φ'

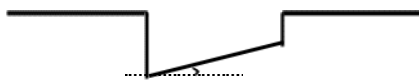


RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	84 di 91

(Per fondazione nastroforme L = 100 m)

B = 1,00 (m)
L = 1,00 (m)
D = 0.65 (m)



$\beta_f = 0,00$ (°)



$\beta_p = 0,00$ (°)

AZIONI

	Valori di calcolo	
N [kN]	160.00	
Mb [kNm]	0.00	Mb=My
Ml [kNm]	0.00	Ml=Mx
Tb [kN]	0.00	Tb=Tx
Tl [kN]	0.00	Tl=Ty
H [kN]	0.00	

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 20.00$ (kN/mc)
 $\gamma = 20.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\phi' = 35.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\phi' = 35.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 0.65$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 1.00$ (m)
 $L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

q = 13.00 (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	85 di 91

$$\gamma = 10.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nq = 33.30$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 46.12$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_{\gamma} = 48.03$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.72$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.70$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_{\gamma} = 0.60$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	86 di 91

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,50$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,50$$

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

$$i_q = 1,00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 1,00$$

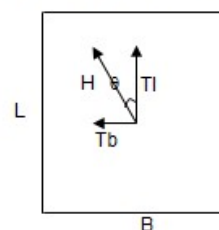
$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 1,00$$

$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1,50 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme
e $m = (m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1,17$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1,17$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1,00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_r \tan \varphi')^2$$

$$\beta_r + \beta_p =$$

$$0,00$$

$$\beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1,00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1,00$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	00 D 11	CL	RI0003005	A	87 di 91

$$b_{\gamma} = b_q$$

$$b_{\gamma} = 1.00$$

g_c, g_q, g_{γ} : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^{\circ}$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

$$g_{\gamma} = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1001.83 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 160.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

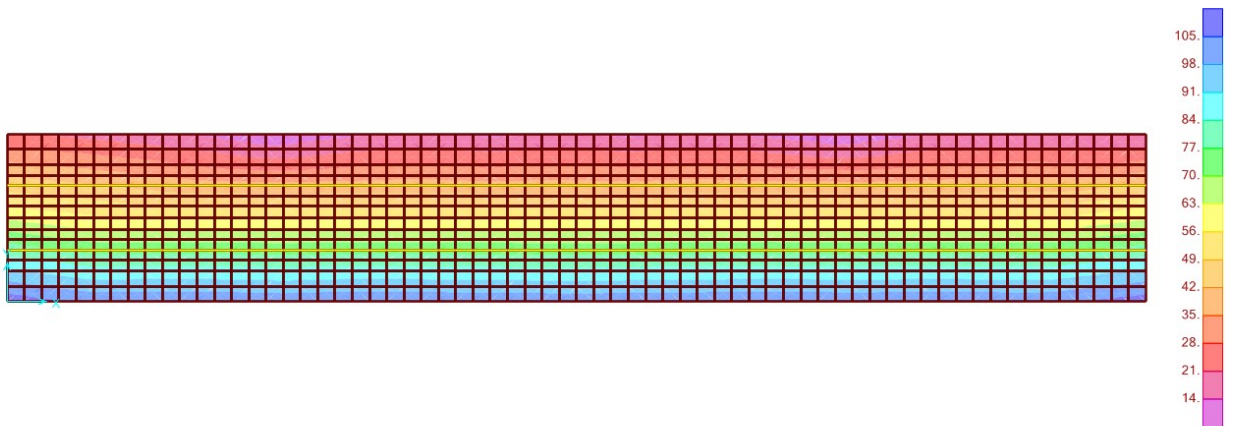
Verifica di sicurezza capacit  portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 435.58 \geq q = 160.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

11.1.1 Verifica dei cedimenti

Si riporta la verifica dei cedimenti della fondazione in corrispondenza del massimo sforzo normale agente.

Soil Pressure. (ENVE_SLE_RARA - Max) x



Soil Pressure. (ENVE_SLE_RARA - Min) x

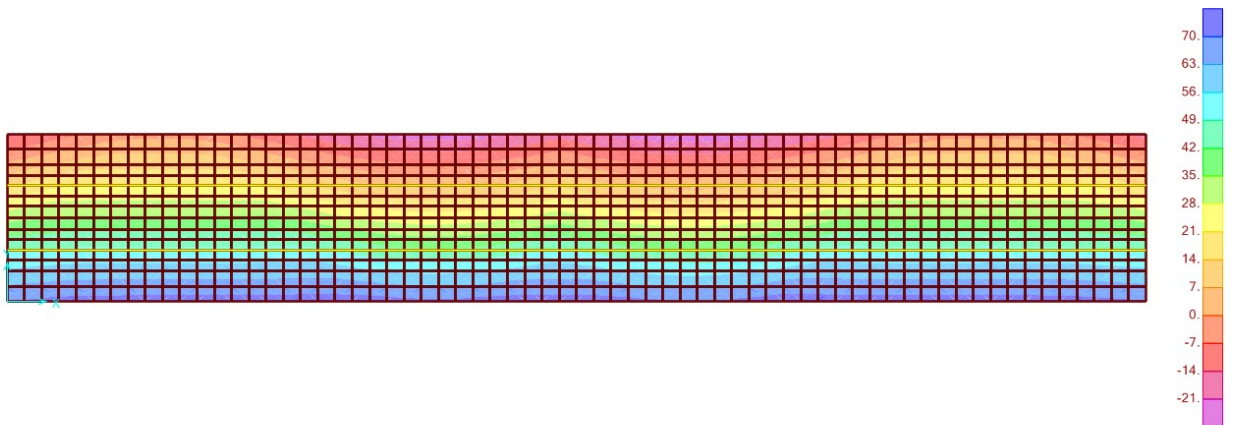
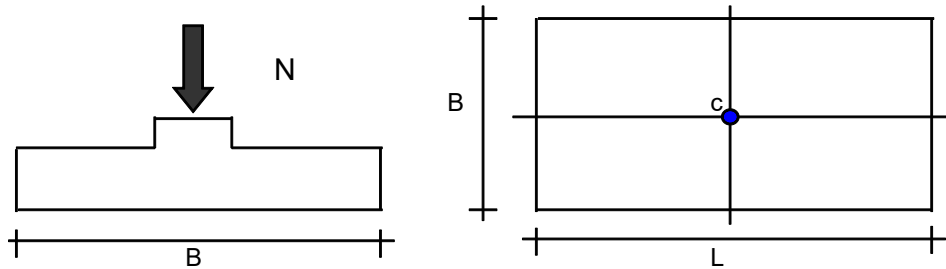


TABLE: Element Soil Pressure - Area Shells

Area	AreaElem	ShellType	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	Pressure
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	KN/m2
1036	1036	Shell-Thin	1510	ENVE_SLE_RARA	Combination	Max	109.48

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3) * (1/R_1^2 + 1/R_2^2)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = (((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5})$$

$$\delta_{tot} = \Sigma\delta_t = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 1.00 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 1.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 110 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 110.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 4 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	v	δc _i
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	STRATO 1 RILEVATO	2.00	0.0	2.0	1.0	25000	0.30	0.31
2	STRATO 2 UNITA' A	2.00	2.0	4.0	1.0	6500	0.30	0.16
3	STRATO 3 UNITA' D	2.00	4.0	6.0	1.0	9000	0.30	0.04
4	STRATO 4 UNITA' B	5.00	6.0	11.0	1.0	47500	0.30	0.08
-			0.0	0.0				-
-			0.0	0.0				-

$\delta_{ctot} = 0.59$ (cm)

12. RIEPILOGO INCIDENZE

La platea di fondazione è armata con:

- Armatura trasversale inferiore: $\phi 12/20$ cm
- Armatura trasversale superiore: $\phi 12/20$ cm
- Armatura longitudinale inferiore: $\phi 16/20$ cm
- Armatura longitudinale superiore: $\phi 16/20$ cm

Da cui l'incidenza è **80 kg/mc.**