

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

1^ FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO

GALLERIA DI DUE CANNE SOTTO AUTOSTRADA A4

Relazione di calcolo soletta di copertura

SCALA:

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

N M 0 Y 0 0 D 1 1 C L G A 0 0 0 0 0 0 2 A

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



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO</p> <p>OPERE D'ARTE</p>					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	STRUTTURE IN FONDAZIONE – PALI E SOLETTA INFERIORE	6
3.2	STRUTTURE IN ELEVAZIONE – SOLETTA SUPERIORE	6
3.3	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA CONTROLLATO IN STABILIMENTO	6
4	CARATTERISTICHE DEI TERRENI	7
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
5.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	9
6	ANALISI DEI CARICHI	10
6.1	PESO PROPRIO	10
6.2	PERMANENTI PORTATI	10
6.3	CARICHI MOBILI	10
6.3.1	<i>Azioni da traffico stradale q1</i>	11
6.3.2	<i>Incremento dinamico q2</i>	11
6.3.3	<i>Azione longitudinale di frenamento e accelerazione q3</i>	11
6.3.4	<i>Azione centrifuga q4</i>	12
6.3.5	<i>Azioni sui parapetti q8</i>	12
6.4	AZIONE DEL VENTO	12
6.4.1	<i>Azione del vento</i>	12
6.5	VARIAZIONI TERMICHE DELLA STRUTTURA	14
6.6	AZIONI SISMICHE	14
6.7	COMBINAZIONI DI CARICO	16
6.7.1	<i>Combinazioni per SLU</i>	16
6.7.2	<i>Combinazioni per SLE</i>	17
6.7.3	<i>Combinazioni sismiche ed eccezionali</i>	18
6.7.4	<i>Coefficienti parziali per le verifiche geotecniche</i>	18

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

7	DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE OPERA.....	18
8	CONCLUSIONI.....	22
9	ALLEGATI.....	23

1 PREMESSA

L'opera in esame si colloca all'interno del progetto definitivo degli interventi di prima fase del PRG di Novara Boschetto ed è ubicata fra lo scalo di Novara Boschetto ed il quartiere urbano di Vignale.

In tale zona è prevista la dismissione del binario pari dell'Interconnessione AV, con smantellamento del deviatoio d'ingresso.

La bretella merci rimarrà così semplificata, andandosi ad innestare con un flessò sull'attuale tracciato dell'Interconnessione Ovest pari di Novara, che sarà dismessa. Il tracciato della bretella proseguirà su quello dell'attuale Interconnessione pari sino alla radice dello scalo di Novara Boschetto, per consentire l'ingresso nel fascio Autostrada viaggiante come riconfigurato in progetto.

Il binario dispari dell'Interconnessione Ovest di Novara avrà funzione bidirezionale sia in ingresso che in uscita dall'AV e a tal fine sarà prevista una comunicazione pari/dispari verso Torino.

Gli interventi previsti per la funzionalità sopra descritta sono: armamento, trazione elettrica, LFM, Impianti di Segnalamento, opere civili, espropri, ambiente.

È prevista la realizzazione di un'opera di sotto-attraversamento dell'A4 per la bretella merci sull'Interconnessione pari; l'opera sarà a doppia canna, quindi predisposta per un eventuale raddoppio della bretella con utilizzo anche dell'Interconnessione dispari.

La realizzazione della bretella merci comporta l'interruzione di via delle Rosette nel tratto di sotto-attraversamento dell'A4 e della linea AV. La funzionalità viabilistica verrà assicurata dal nuovo tratto di via delle Rosette a sostituzione del PL sulla Novara-Domodossola a Vignale, con prosecuzione ad est sulla viabilità esistente, verso C.so della Vittoria.

Per gli interventi di cui sopra si dovrà intervenire sugli impianti di TE di linea e sugli impianti di segnalamento del PJ1 di Novara Ovest (con interventi anche presso il PCS di Settimo Torinese).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nella presente relazione si riporta l'intervento in corrispondenza dell'autostrada A4.

Al fin di realizzare i nuovi binari di Vignale, sarà necessario prevedere un serie di opere di adeguamento, sia nel tratto di stretto affiancamento, sia nel tratto di interferenza vera con A4.

Il sottopasso del rilevato autostradale è previsto mediante due manufatti distinti, uno per il binario dispari ed uno per il binario pari, di larghezza interna pari a 6.20m, da realizzarsi con modalità differenti.

La prima parte porzione delle 2 gallerie sarà realizzata con scatolare aperto sul fondo fondato su pali, quindi una volta demolito parte del muro di sostegno della piattaforma autostradale si realizzeranno le fondazioni profonde costituite da pali di diametro pari a 100cm e lunghezza 18.00m allineati con le pareti perimetrali della galleria e distanti 3.00 lungo lo stesso asse.

La seconda porzione di galleria, quella di sviluppo longitudinale maggiore sottostante il rilevato autostradale, sarà realizzato da un solettone in c.a. appoggiato su paratia di pali in c.a. di diametro pari a 1.00m e di lunghezza complessiva pari a 20.00m. La funzione dei pali sarà di sostegno del solettone in prima fase e di sostegno del solettone e dei fronti di scavo in seconda fase con lo scavo in sottomurazione della galleria.

Oggetto della presente relazione di calcolo è il dimensionamento del solettone appoggiato su pali.

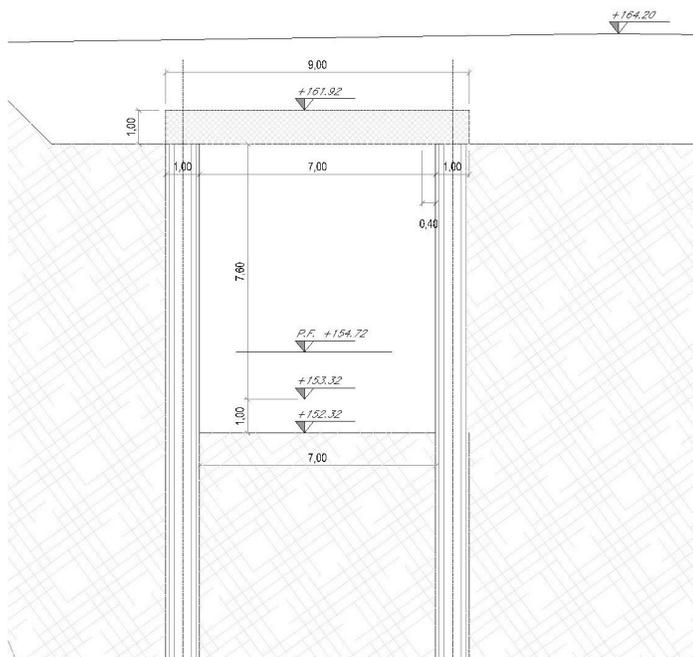


Figura 1 – Sezione del manufatto oggetto della presente relazione di calcolo.

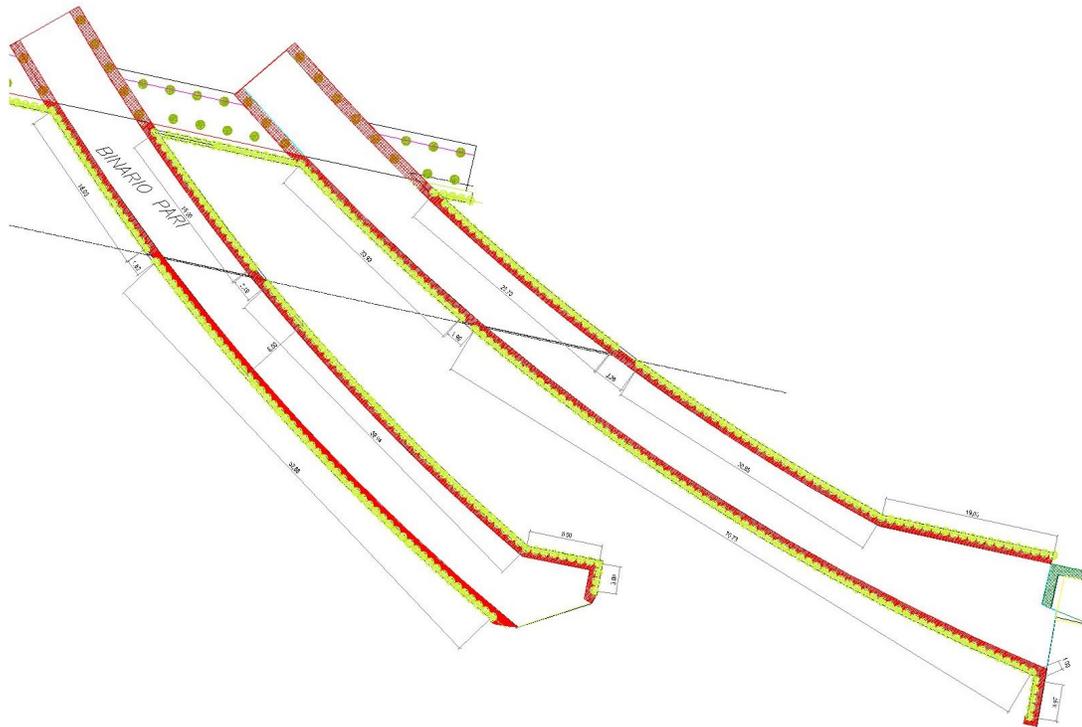


Figura 2 – Pianta dei manufatti oggetto della presente relazione di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Strutture in Fondazione – Pali e soletta inferiore

CALCESTRUZZO MAGRO classe C12/15

Resistenza caratteristica a 28 gg.	$R_{ck} = 150 \text{ daN/cm}^2$
------------------------------------	---------------------------------

CALCESTRUZZO classe C30/37 Pali

Resistenza caratteristica a 28 gg.	$R_{ck} = 300 \text{ daN/cm}^2$
Classe di esposizione	XC3
Rapporto acqua/cemento max	0.55
Dose minima cemento	320 kg/m ³
Consistenza	S4-S5
Diametro massimo degli aggregati	32 mm
Copriferro minimo	60 mm

3.2 Strutture in Elevazione – Soletta superiore

CALCESTRUZZO classe C32/40

Resistenza caratteristica a 28 gg.	$R_{ck} = 400 \text{ daN/cm}^2$
Classe di esposizione	XC4
Rapporto acqua/cemento max	0.50
Dose minima cemento	340 kg/m ³
Consistenza	S4-S5
Diametro massimo degli aggregati	25 mm
Copriferro minimo	45 mm (estradosso)

3.3 Acciaio per barre di armatura controllato in stabilimento

Acciaio barre ad aderenza migliorata	B450C
--------------------------------------	-------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

4 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Dal punto di vista più strettamente geotecnico, il sottosuolo dell'area di progetto è costituito da sedimenti pressoché esclusivamente granulari, più grossolani nella parte superiore, di natura da ghiaiosa a ghiaioso-sabbiosa, a più fini, in quella inferiore, da sabbiosi a sabbioso-limosi, più raramente debolmente ghiaiosi.

Uno strato di terreni di riporto di spessore compreso tra 0.5-1.50 m, seguito da un livello di sabbia limosa da sciolta a mediamente addensata, localmente ghiaiosa, talora contenente residui organici, spesso da 1.5 a 2.70 m, contraddistingue la porzione più superficiale del sottosuolo lungo l'intera tratta presa in esame.

La successione prosegue inferiormente con un materasso di depositi più grossolani ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi mediamente addensati. Tali litotipi caratterizzano il sottosuolo fino a profondità comprese tra -14 m e -16 dal p.c., in corrispondenza del tratto comprendente l'interferenza con l'autostrada A4 e la linea TAV TO-MI (sondaggi SN80-S258) e -9 m circa, nel tratto più orientale, nel tratto corrispondente alla fine dell'intervento di progetto (sondaggi S260-S261).

La falda si trova a circa 1.70m dal p.c.. In relazione ai caratteri stratigrafici del sottosuolo emersi dalle indagini a disposizione e in precedenza descritti, il modello geotecnico del sottosuolo può considerarsi rappresentato dalle seguenti 3 Unità Geotecniche:

- **Unità geotecnica E – Corpo di Rilevati – dal p.c. a salire (circa 9.00-10.00m d.p.c.)**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' E	20	/	0	/	34° - 35°	/

- **Unità geotecnica superiore D – Limo con argilla debolmente sabbioso - fino a 1.50m dal p.c.**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' D	18.0 – 19.0	/	50-60	/	26° - 28°	/

- **Unità geotecnica intermedio B – Ghiaia eterometrica, con clasti poligenici arrotondati**

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' B	20.0	/	0	/	40° - 44°	/

- **Unità geotecnica inferiore C – Sabbie da media a fine con locale presenza di ghiaie e limo**

Unità geotecnica	Peso di volume kN/m ³	Nspt	Coesione efficace c' (kPa)	Densità relativa Dr (%)	Angolo di attrito ϕ'	Modulo edometrico Ed (MPa)
UNITA' C	18.0 – 19.0	/	0	/	34° - 36°	/

La falda si trova a circa 10 m dalla testa del rilevato autostradale.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A	FOGLIO 9 di 23

5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1 Documenti Referenziati

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. del 17.01.2018 “*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (G.U. n.42 del 20.02.2018);*
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.2 : Ponti e strutture “ del 22/12/2017.*
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.3. : Corpo stradale” del 22/12/2017.*
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 B: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.4. : Gallerie” del 22/12/2017.*
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2 : carichi da traffico sui ponti”*
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici”*
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi.”*
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1 : Regole generali.”*
- 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.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A	FOGLIO 10 di 23

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio

- Peso proprio cls

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$$

6.2 Permanenti portati

Di seguito si riportano i pesi che contribuiscono a definire il carico permanente:

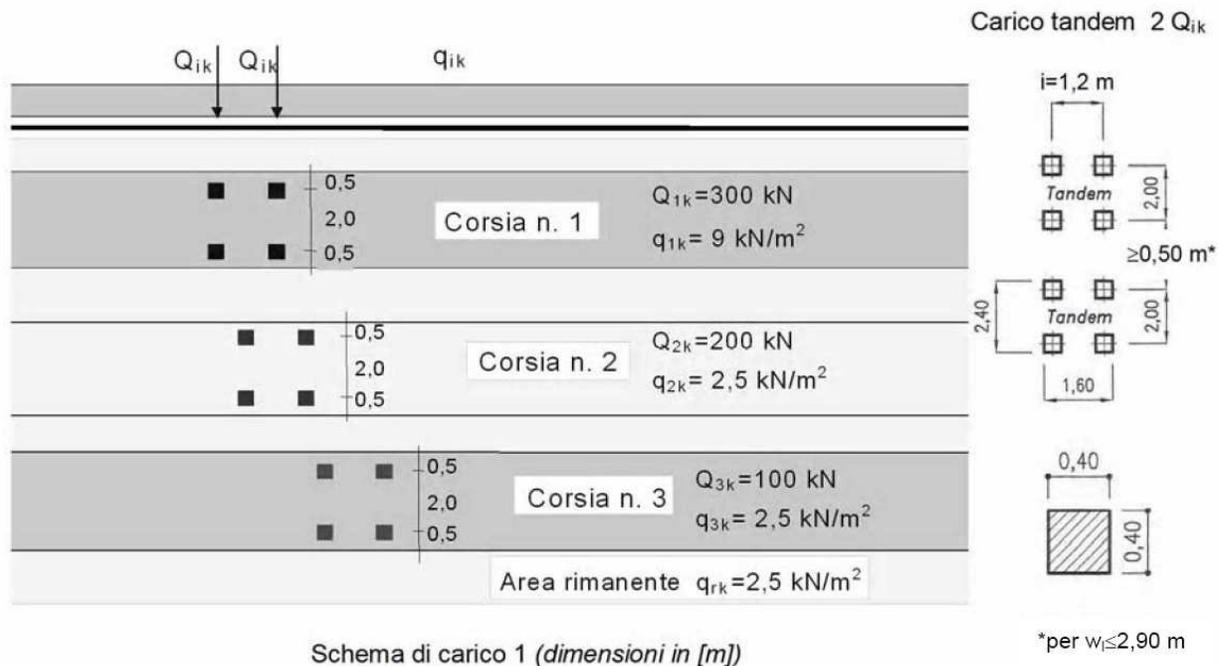
- Pendenza trasversale soletta 1.5 %
- Massetto
- Sottofondazione autostradale
- Rullato arido
- Binder
- Manto di usura

Data l'altezza del pacchetto soprastante il solettone si assume nel calcolo un peso permanente portato pari a 25 kN/mq.

6.3 Carichi mobili

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A



6.3.1 Azioni da traffico stradale q_1

Le azioni di servizio sono rappresentate dal traffico stradale per ponti per il transito di carichi mobili:

azioni da carico stradale $q_{ik} = 9,00 \text{ kN/m}^2$, $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$,

azioni su porzioni rimanenti $q_{rk} = 2,50 \text{ kN/m}^2$,

I carichi concentrati sono stati ripartiti su una superficie ricavata dalla diffusione dell'impronta di carico a 45° tenendo uno spessore di pavimentazione stradale pari a 60cm (ipotesi a favore di sicurezza dal momento che il ricoprimento è maggiore).

6.3.2 Incremento dinamico q_2

Non sono previste interruzioni strutturali significative tali da determinare azioni dinamiche di incremento dei carichi da traffico stradale.

6.3.3 Azione longitudinale di frenamento e accelerazione q_3

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso specifico l'azione è pari a:

$$q_3 = 0.6 \cdot 2 \cdot 30000 + 0.1 \cdot 900 \cdot 3.00 \cdot 2 \cdot 8.00 = 36000 + 43200 = 72200 \text{ daN, valore compreso nel range.}$$

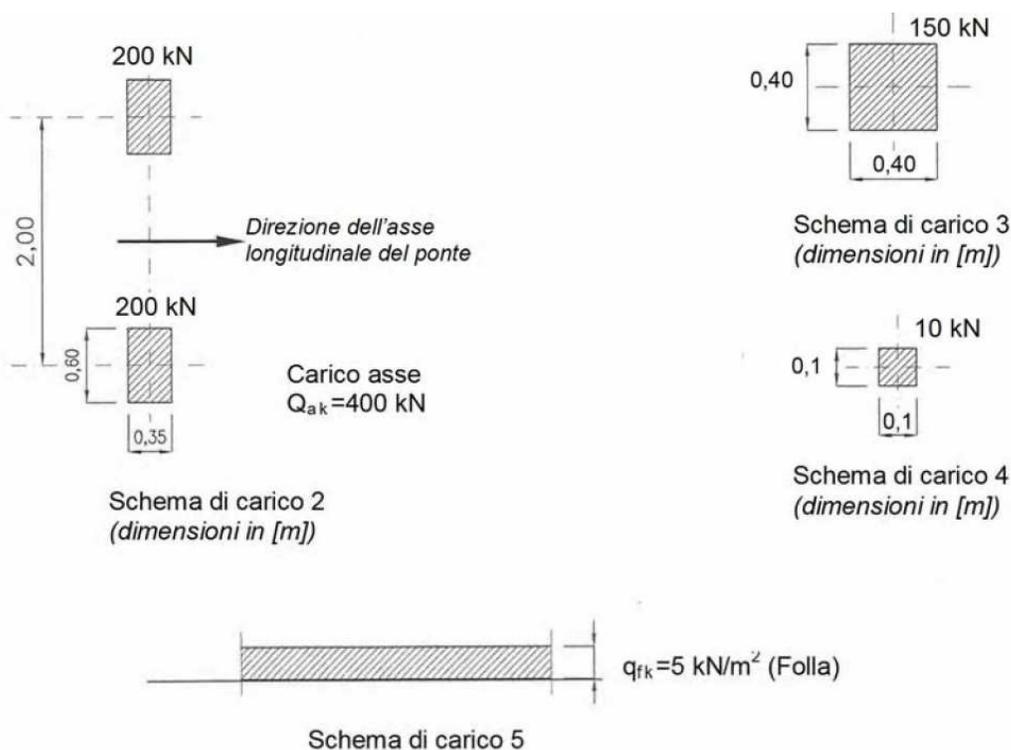
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

6.3.4 Azione centrifuga q_4

Il ponte in oggetto presenta sviluppo rettilineo dell'impalcato, quindi l'azione è nulla.

6.3.5 Azioni sui parapetti q_8

Sono applicate le azioni dei sicurvia come previsto dalle norme in funzione della tipologia di carico. Nella presente situazione e sistemazione finale non vi sono dispositivi di ritenuta dagli urti sulla struttura oggetto della presente relazione di calcolo.



6.4 Azione del vento

6.4.1 Azione del vento

Parametri per la determinazione del carico vento secondo il D.M. 17 gennaio 2018 e Circolare applicativa n° 7 del 21 Gennaio 2019:

Velocità di riferimento

$$v_b = v_{b0} \quad \text{per} \quad a_s \leq a_0,$$

$$v_b = v_{b0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per} \quad a_0 < a_s \leq 750\text{m},$$

ZONA: 1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

$V_{b0} = 25 \text{ m/s}$,

$a_0 = 1000 \text{ m}$,

$k_s = 0.40$.

Altezza sul livello del mare = 155.00 m.s.l.m.

Periodo di ritorno del vento per la tipologia di struttura in esame: 50 anni, da cui:

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_R}\right)\right]} = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{50}\right)\right]} = 0.75 * 1.33 = 1,$$

Per un periodo di ritorno del vento di 100 anni il coefficiente moltiplicativo vale:

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_R}\right)\right]} = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{100}\right)\right]} = 0.75 * 1.3857 = 1.04,$$

Per un periodo di ritorno del vento di 200 anni il coefficiente moltiplicativo vale:

$$c_r = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_R}\right)\right]} = 0.75 * \sqrt{1 - 0.2 * \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{200}\right)\right]} = 0.75 * 1.435 = 1.076,$$

Ponendosi a favore di sicurezza si assume periodo di ritorno pari a 200 anni; la velocità di riferimento vale pertanto:

$$v_b = 25 * 1.076 = 27 \text{ m/s}.$$

La pressione del vento sulle superfici è data dalla formula:

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d,$$

con

q_b = pressione cinetica di riferimento,

c_e = coefficiente di esposizione,

c_p = coefficiente di forma o aerodinamico,

c_d = coefficiente dinamico.

L'azione tangenziale del vento viene valutata con l'espressione riportata di seguito

$$p_f = q_b * c_e * c_f,$$

con

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

q_b = pressione cinetica di riferimento,

c_e = coefficiente di esposizione,

c_f = coefficiente di attrito.

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento si ricava dalla formula

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 \text{ con } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{ il peso convenzionale dell'aria.}$$

$$q_b = 1.25 * 27^2 / 2 = 456 \text{ N/m}^2.$$

Categoria di esposizione

Classe di rugosità del terreno gruppo C.

I parametri per determinare il coefficiente di esposizione sono:

Categoria: III

$$K_r = 0.20$$

$$Z_0 = 0.10 \text{ m}$$

$$Z_{\min} = 5 \text{ m}$$

$$C_e = 0.20^2 * \{1 * \ln(z/0.10) * [7 + 1 * \ln(z/0.10)]\} \quad \text{per } z > 5 \text{ m}$$

$$C_e(z_{\min}) = 0.20^2 * \{1 * \ln(5/0.10) * [7 + 1 * \ln(5/0.10)]\} = 1.71$$

L'altezza massima in elevazione è pari a 5.50m, si assume che il coefficiente di esposizione sia quello per z minima.

6.5 Variazioni termiche della struttura

Le variazioni termiche uniformi da considerare per le opere direttamente esposte alle azioni atmosferiche, rispetto alla temperatura media dal sito, sono espresse in funzione dei materiali costituenti l'opera e della tipologia di armamento. In particolare con ponti in ca o cap con qualunque armamento $\Delta T = \pm 15^\circ \text{C}$

Esclusivamente per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio la variazione di temperatura di cui al precedente capoverso dovrà essere incrementata del 50% per tutte le tipologie di impalcato. In aggiunta alla variazione termica uniforme andrà considerata anche una differenza di temperatura di 5°C fra estradosso ed intradosso di impalcato, con andamento lineare tra detti estremi e nei due casi di estradosso più caldo dell'intradosso e viceversa.

6.6 Azioni sismiche

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO					
	OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A	FOGLIO 15 di 23

L'azione sismica è valutata con riferimento alle indicazioni del Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni", nel seguito brevemente NTC2018.

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nei quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In base alla tabella 2.5.1.1.1-1 delle "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari" (rif. RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-B) l'opera viene assimilata a "Infrastrutture ferroviarie nuove non AV ($v \leq 250$ km/h). La vita nominale risulta pertanto $V_N = 75$ anni.

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽⁴⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI ⁽²⁾	50
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE NUOVE AD ALTA VELOCITA' ($V > 250$ km/h)	100
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE NUOVE NON AV ($V \leq 250$ km/h)	75
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽³⁾
(1) - La medesima V_N ; si applica a tutte le opere dell'infrastruttura ferroviaria cui appartengono. (2) - Rientrano in questa classe i raddoppi in affiancamento mentre interventi in variante planimetrica di infrastrutture esistenti di lunghezza superiore a 10 km devono classificarsi infrastrutture nuove. (3) - Da definirsi per il singolo progetto. (4) - La stessa V_N ; si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione di ponti e viadotti ferroviari.	

Tab. 1.1.1-1 - Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla **Classe IV**: "Infrastrutture ferroviarie strategiche", a cui corrisponde un coefficiente di uso $C_u = 2.0$.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella 1.1.2-1 delle "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari" (rif. RFI-DTC-SI-PS-MA-IFS-001-B).

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [C_U]
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE	C IV	2.0
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE AD ALTA VELOCITA' ($V > 250$ km/h)	C III	1,5
INFRASTRUTTURE FERROVIARIE NON STRATEGICHE	C II	1,0

Tabella 1.1.2-1 - Coefficienti d'uso per le infrastrutture ferroviarie

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico si assume un valore pari a 1.

$$V_R = V_N \times C_u = 75 \text{ anni} \times 2 = 150 \text{ anni}$$

Il sottosuolo rientra nella categoria di suolo di fondazione di tipo "C" ovvero "depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa)".

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

Ai fini degli effetti dell'azione sismica locale, si assume un coefficiente di topografia ST pari ad 1.0 (categoria topografica T1).

Con riferimento allo stato limite SLV (10% della probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR), per il comune di Novara il valore massimo della accelerazione su suolo rigido pianeggiante è $a_g = 0.048$ g. Considerando il coefficiente di amplificazione stratigrafica $SS = 1.5$ e topografica $ST = 1$, si ottiene la accelerazione massima in sito $a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g = 0.072$ g.

Le masse partecipanti all'azione sismica oltre ai pesi propri e ai permanenti portati sono costituite dalle masse dei treni, scalati al 20% del loro peso e della loro massa.

Per il sisma in direzione trasversale e longitudinale, si assume per le spalle e per le pile, un fattore di struttura $q=1.5$, considerando come prescritto la struttura in classe di duttilità alta "CDB".

Per le azioni sugli appoggi, gli spostamenti, i ritegni e le verifiche a taglio degli elementi strutturali, si assume $q=1.0$.

6.7 Combinazioni di carico

6.7.1 Combinazioni per SLU

Le combinazioni di carico considerate, conformi al metodo degli stati limite e alla normativa vigente. Le azioni per lo stato limite ultimo vengono combinate secondo la formula riportata di seguito:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (\gamma_{G1j} \cdot G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (\gamma_{G2j} \cdot G_{k2j}) + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

i valori dei moltiplicatori delle azioni sono riportati nella tabella 1:

Tipologia di carico		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F		STR	GEO
Carichi permanenti strutturali	Favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	Sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	Favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	Favorevoli		0,00	0,00	0,00

	Sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	Favorevoli	γ_{s1}	0,90	1,00	1,00
	Sfavorevoli		1,00	1,00	1,00
Ritiro e viscosità	Favorevoli	$\gamma_{s2}, \gamma_{s3}, \gamma_{s4}$	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tabella 1 – Coefficienti moltiplicativi delle azioni per SLU

I coefficienti di combinazione delle azioni variabili sono riportati nella tabella 2.

Categoria/Azione variabile	Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Azioni da traffico	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,00
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,00
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,00
	Schema 2	0,00	0,75	0,00
	2	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00
	4 (folla)	0,00	0,75	0,00
	5	0,00	0,00	0,00
Vento	A ponte scarico SLU e SLE	0,60	0,20	0,00
	In esecuzione	0,80	0,00	0,00
	A ponte carico SLU e SLE	0,60	0,00	0,00
Neve	SLU e SLE	0,00	0,00	0,00
	In esecuzione	0,80	0,60	0,50
Variazioni termiche	SLU e SLE	0,60	0,60	0,50

Tabella 2 – Coefficienti di combinazione delle azioni per SLE

6.7.2 Combinazioni per SLE

Combinazioni rare:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (G_{k2j}) + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazioni frequenti:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (G_{k2j}) + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazioni quasi permanenti

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (G_{k2j}) + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

6.7.3 Combinazioni sismiche ed eccezionali

Combinazione sismica (azione sismica E)

$$F_d = E + \sum_{j=1}^m (G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (G_{k2j}) + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Combinazione eccezionale (azione eccezionale A_d)

$$F_d = A_d + \sum_{j=1}^m (G_{k1j}) + \sum_{j=1}^m (G_{k2j}) + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

6.7.4 Coefficienti parziali per le verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche dei pali di fondazioni sono state eseguite utilizzando i seguenti coefficienti parziali:

Carico di punta: $\gamma_b = 1.35$,

Aderenza laterale: $\gamma_s = 1.15$.

La verifica di capacità portante è stata eseguita con la combinazione A1+M1+R3.

7 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE OPERA

Si riporta di seguito il calcolo per il predimensionamento e la verifica della galleria sotto A4 con due modellazioni distinte, il modello di paratia contrastata in testa e al piede per il dimensionamento dei piedritti della galleria nelle varie fasi realizzative, e modello F.E.M. rappresentativo del solettone di copertura della galleria sollecitato dai carichi autostradali.

Per la modellazione F.E.M. della piastra in C.A. di copertura della galleria il software Sismicad 12.16 della Concrete s.r.l. In allegato alla presente relazione di calcolo vi sono paragrafi dedicati che descrivono le caratteristiche del software utilizzato.

GA01 Relazione di calcolo solettone su pali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOY	10	D 29 CL	GA 01 00 002	A	19 di 23

Di seguito si riporta lo schema F.E.M del solettone su pali, il file di I/O con i dettagli numerici dei risultati e delle verifiche è raccolto in allegato 1 alla presente relazione.

Armatura pali:

barre longitudinali n° 40 diametro 16mm,

staffe diametro 10mm passo 12cm.

Armatura solettone:

barre longitudinali e trasversali n° 1 ϕ 20/15cm al lembo inferiore sia in direzione x sia in direzione y,

barre longitudinali e trasversali n° 1 ϕ 20/20cm al lembo inferiore sia in direzione x sia in direzione y.

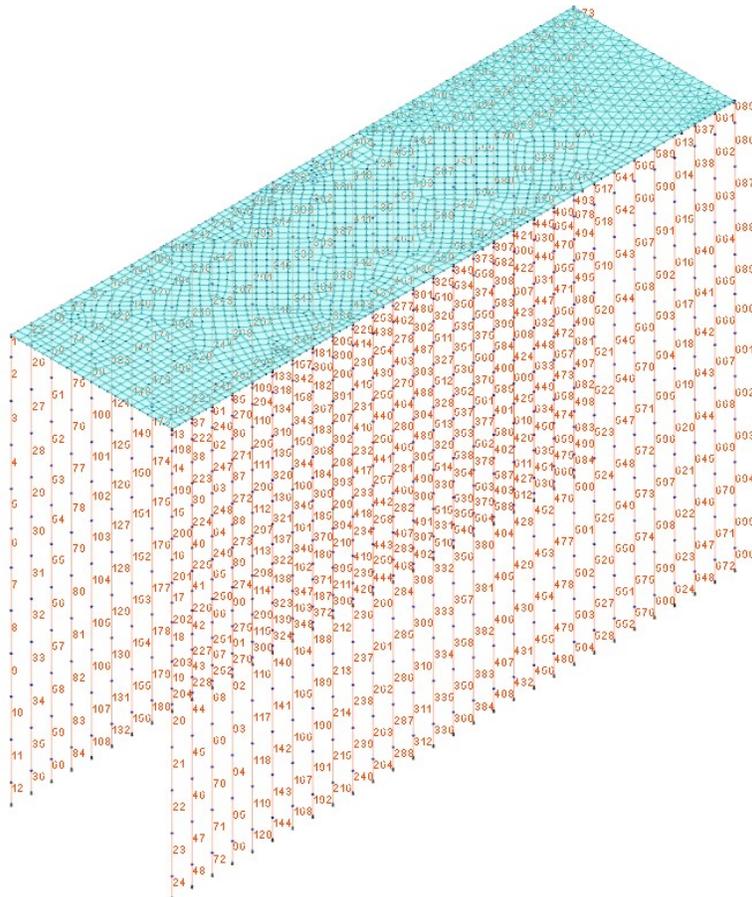


Figura 1 – Modello F.E.M. del solettone su pali

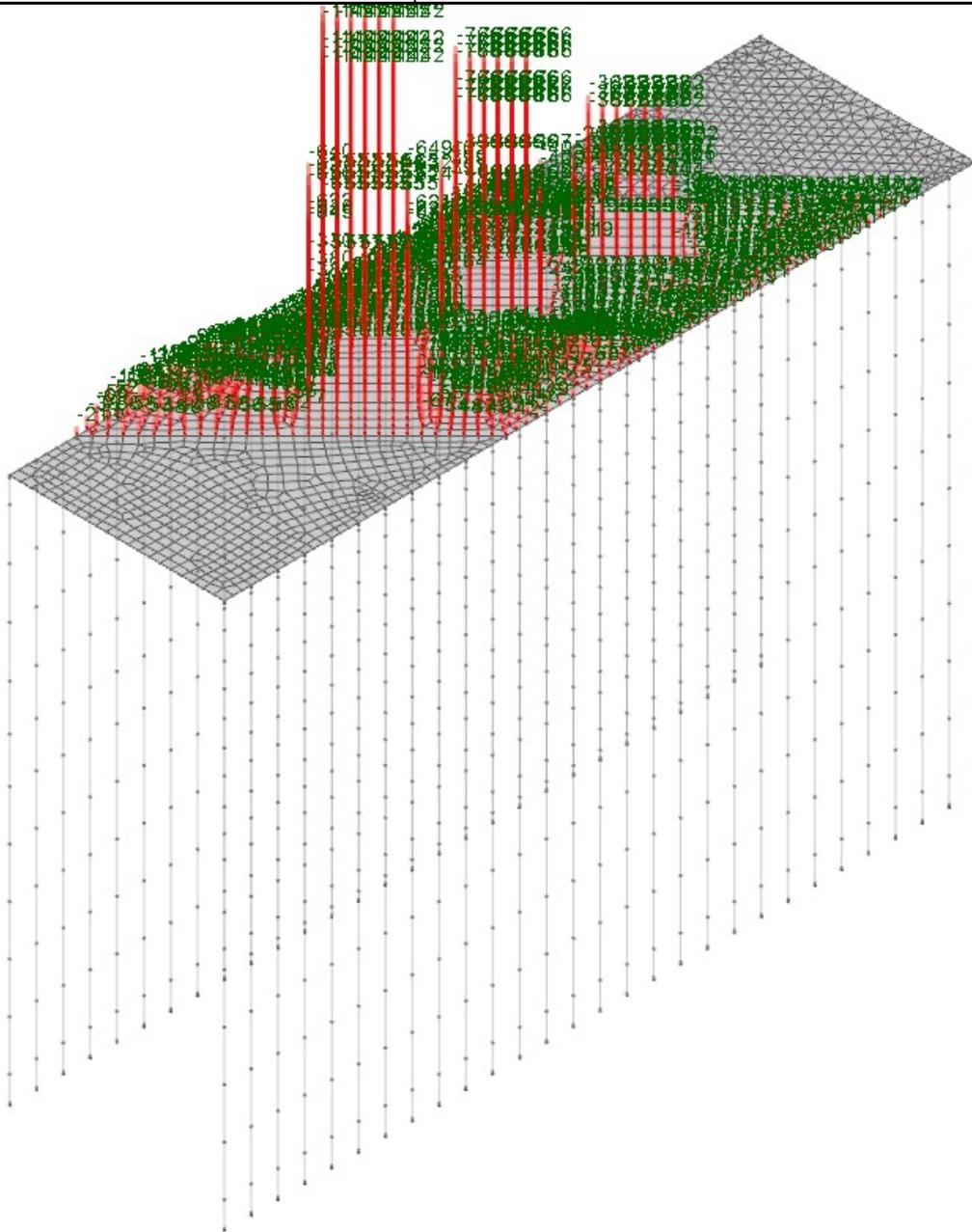


Figura 2 – Modello F.E.M. del solettone su pali sotto i carichi stradali

Si riportano di seguito l'involuppo SLU delle combinazioni di carico considerate.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO</p> <p>OPERE D'ARTE</p>					
	GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A

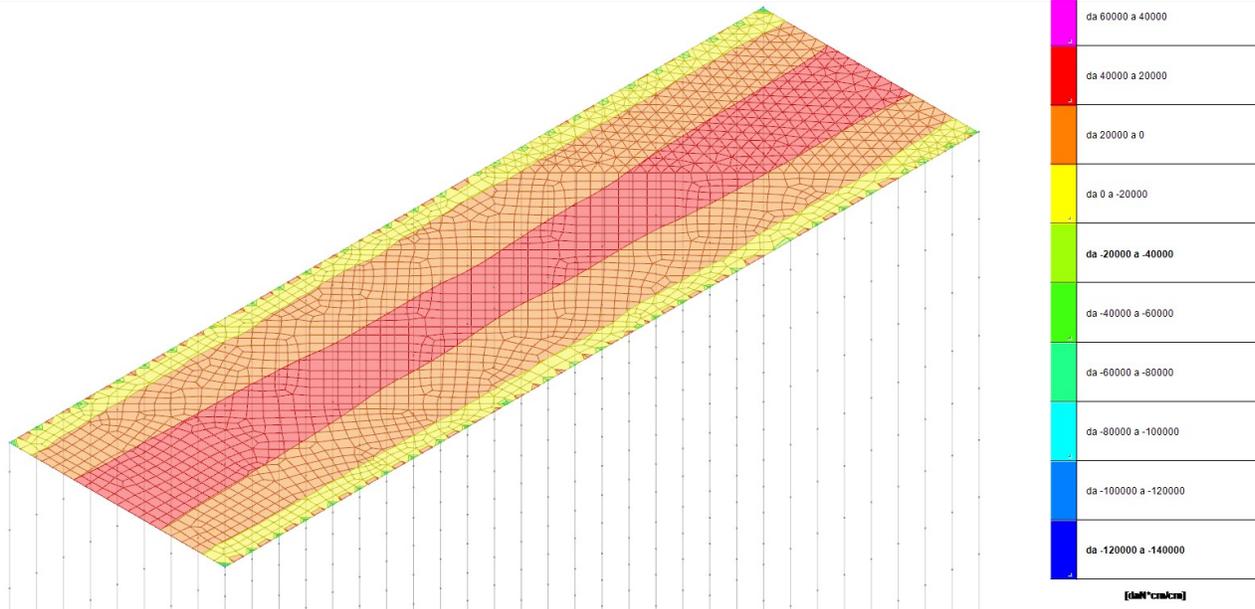


Figura 3 – Involuppo Momento massimo Mxx sulle piastre.

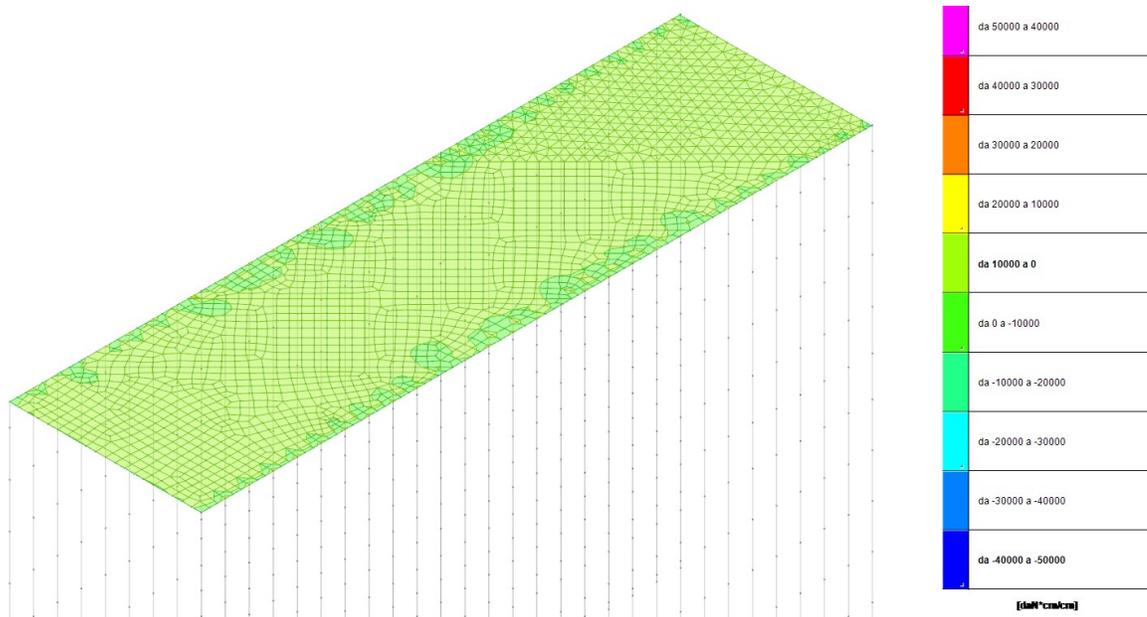


Figura 4 – Involuppo Momento massimo Myy sulle piastre.

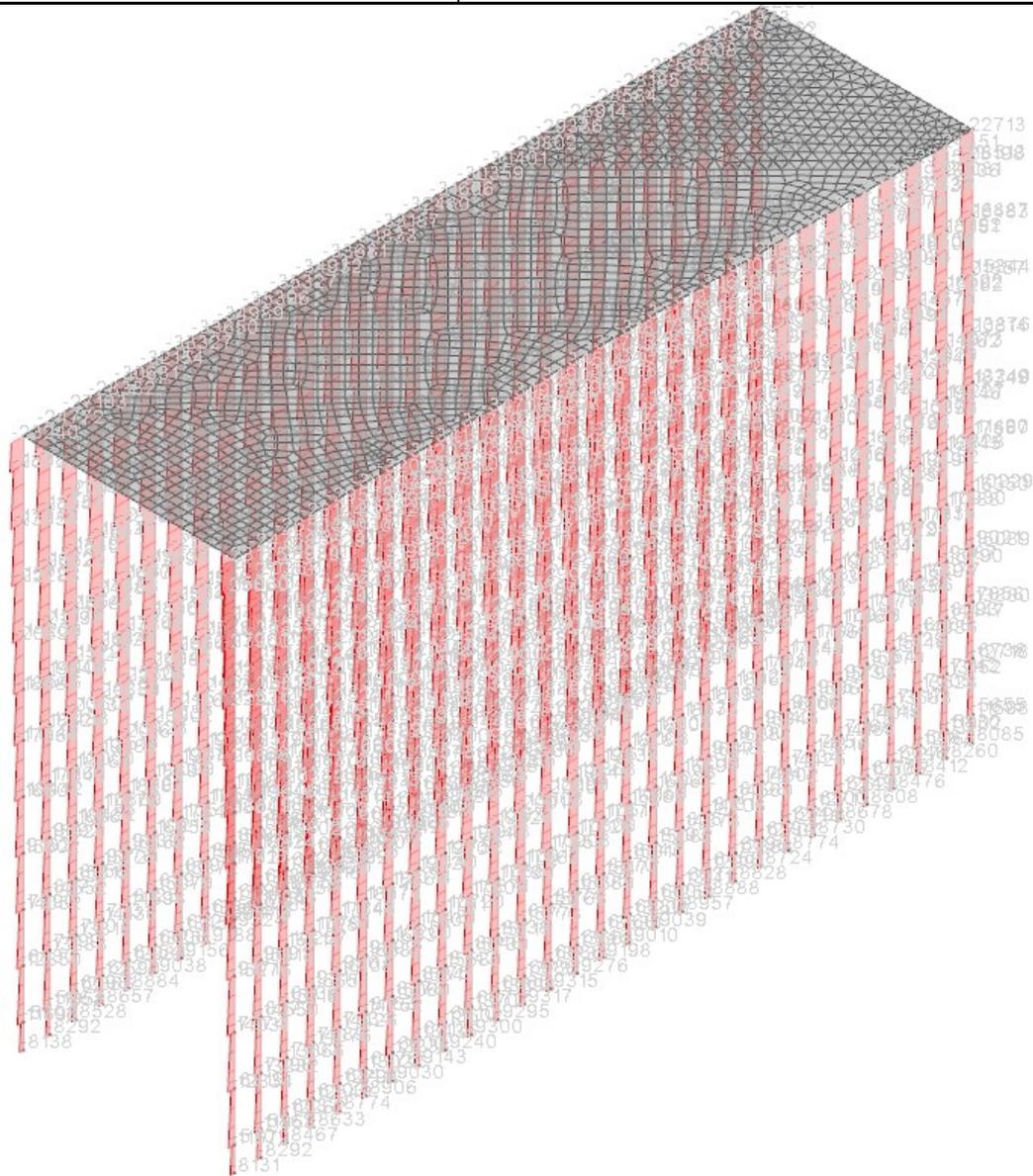


Figura 5 – Involuppo sforzi normali sui pali.

	NODO DI NOVARA, 1a FASE PRG DI NOVARA BOSCHETTO BRETELLE MERCI E PRG DI BOSCHETTO OPERE D'ARTE					
GA01 Relazione di calcolo solettone su pali	COMMESSA NMOY	LOTTO 10	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 002	REV. A	FOGLIO 23 di 23

Nella presente relazione si riporta l'intervento in corrispondenza dell'autostrada A4 legato alle opere strutturali per la realizzazione del solettone in c.a. per il ripristino della sede dell'autostrada e sotto il quale prenderà forma la galleria artificiale ferroviaria.

Il dimensionamento dei manufatti verifica le condizioni di sicurezza minime richieste dalle vigenti norme tecniche.

9 ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – Modello F.E.M. solettone in C.A. su pali