

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI
COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI
BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA".

AUTOSTRADA A13 BOLOGNA – PADOVA

*Verifica di transitabilità con mezzi da cantiere del
cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291*

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO

Rev. 0 - 30/01/2025

Il tecnico
Ing. Goso Marco



NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA		0	Gennaio 2025
Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		REV.	DATA
		Emissione	
		DESCRIZIONE	
RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc	
		Pag. 2 di 31	

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.1	Normative	4
2.2	Documentazione di riferimento	5
3.	CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE ESISTENTI	7
3.1	Strutture esistenti	7
3.1.1	Dati del progetto originario	7
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	Calcestruzzo	8
4.2	Acciaio per armature da C.A.	8
4.3	Acciaio per precompressione	9
4.4	Livello di conoscenza e fattore di confidenza	9
5.	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1	Peso proprio delle strutture	10
5.2	Carichi permanenti	10
5.2.1	Peso della pavimentazione stradale	10
5.2.2	Barriera stradale	10
5.3	Carichi variabili - traffico	10
5.3.1	Carichi verticali sulle strutture	10
5.3.2	Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità	11
5.3.3	Azione longitudinale di frenamento/accelerazione	11
5.3.4	Azione centrifuga	11
5.4	Distorsioni	11
5.5	Viscosità	11
5.6	Ritiro	11
5.7	Variazioni termiche	12
5.8	Cedimenti vincolari	12
5.9	Resistenza parassite dei vincoli	12
5.10	Azione del vento	12
5.11	Azione della neve	12
5.12	Azioni dovute alla spinta del terreno	12
5.13	Azione del sisma	13
6.	COMBINAZIONI DI CARICO	14
6.1	Condizioni di carico statiche	14
6.2	Condizioni di carico sismiche	14
6.3	Combinazioni delle condizioni di carico	14
7.	MODELLAZIONE DELLE STRUTTURE	15
7.1	Reazioni vincolari	15
7.2	Carichi applicati	15
7.2.1	Peso proprio delle strutture	15
7.2.2	Carico permanente della pavimentazione	16
7.2.3	Carico permanente della barriera	16
7.2.4	Spinta delle terre	16
7.2.5	Carichi variabili da traffico	17
8.	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE	18
8.1	Verifica di resistenza travi portalì (SLU)	18
8.1.1	Verifica a flessione (sezione di mezzzeria)	18
8.1.2	Verifica a taglio (sezione all'appoggio)	20
8.2	Verifica di resistenza travi impalcato centrale (SLU)	22
8.2.1	Verifica a flessione (sezione di mezzzeria)	22
8.2.2	Verifica a taglio (sezione all'appoggio)	25
9.	VALUTAZIONI CON LE NORMATIVE DELL'EPOCA	28
10.	CONCLUSIONI	31

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 3 di 31

1. PREMESSA

Nell'ambito dei lavori necessari alla futura realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico della potenza nominale pari a 24,99MWp e relative opere di connessione alla rete elettrica esistente ricadenti nei comuni di Bentivoglio (BO) e Malalbergo (BO), da realizzarsi nel comune di Bentivoglio (BO) in località "La Casella", si rende necessario transitare con diversi convogli sulla strada Comunale "via Castellina,

La predetta viabilità interseca l'Autostrada A13 Bologna-Padova al Km. 19+291 con un cavalcavia avente piano viabile largo 4 metri più due cordoli laterali di larghezza 50 cm, costituito da 2 strutture a portale di avvicinamento e da un impalcato centrale avente luce tra gli appoggi pari a 27 m.

Sul cavalcavia, realizzato negli anni '60, attualmente esiste una limitazione al transito di carichi non superiori alle 12 ton.

Il comune di Bentivoglio ha già rilasciato una deroga al transito fino a 20 ton per il passaggio di alcuni mezzi agricoli."

Scopo della presente relazione è supportare una richiesta di deroga per il passaggio di mezzi di cantiere da 30 ton, ma anche quello di verificare che, l'eventuale transito in via del tutto eccezionale di un mezzo con carico massimo di 40 ton, non determini sollecitazioni superiori alla resistenza delle strutture.

Partendo dall'analisi delle relazioni del progetto originale e dei disegni di contabilità risalenti all'epoca della costruzione, è stato realizzato un modello agli elementi finiti sul quale sono state implementate le principali verifiche.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali si è fatto riferimento a quanto riportato nelle relazioni di calcolo e nei disegni di contabilità.

Per quanto riguarda le azioni di calcolo, il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche, si è fatto riferimento al DM 17.01.18 e succ. Circolare.

Le unità di misura, salvo diversamente specificato, sono da intendersi kN, kNm e m.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 4 di 31

2. NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

I dimensionamenti effettuati e le relative verifiche, riportati e non nella presente relazione, vengono eseguiti nel rispetto della Normativa Vigente, con particolare riferimento a:

- D.M. LL.PP. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL.PP. 24/09/1988 n. 30483.
- D.M. LL.PP. 14/02/1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- Circolare M. LL.PP. 24/06/1993 n. 37406/STC "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" ai sensi della legge 5/11/1971 n. 1086.
- D.M. LL.PP. 09/01/1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL.PP. 16/01/1996 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circolare M. LL.PP. 04/07/1996, n. 156AA.GG./STC. "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui ai al D.M. 16/01/1996".
- D.M. LL.PP. 16/01/1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Ordinanza 3316 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003 "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003".
- Ordinanza 3316 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003 "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003"; Allegato 2 aggiornato al 09/09/2004.
- Ordinanza 3431 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 03/05/2005.
- D.M. 17 gennaio 2018. "Nuove norme Tecniche per le Costruzioni" → NTC.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17 gennaio 2018" → CIRC.
- EUROCODICE 2 – Costruzioni in conglomerato cementizio → EC2.
- EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica → EC7.
- EUROCODICE 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture → EC8.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 5 di 31

2.2 Documentazione di riferimento

- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato luce centrale da ml. 27 in c.a.p. CAVALCAVIA CASTELLINA – Relazione di calcolo".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato luce centrale da ml. 27 in c.a.p. CAVALCAVIA CASTELLINA – Calcoli di stabilità".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato luce centrale da ml. 27 in c.a.p. CAVALCAVIA CASTELLINA – Determinazione elementi di collaudo".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 progr. Km. 13+891 detto cavalcavia da ml. 4,50 strada vicinale Castellina – Processo verbale di collaudo statico".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato luce centrale da ml. 27,00 in c.a.".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato luce centrale da ml. 27,00 in c.a. – Andamento dei cavi".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato centrale cavalcavia Testate particolari ancoraqqi e casseratura delle travi".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato centrale cavalcavia Casseratura e particolari esecutivi".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Manufatto n°126 Cavalcavia da 4,50 m – impalcato centrale cavalcavia Armatura e particolari esecutivi".
- Autostrada Bologna – Padova Lotto n°3 Impresa Adanti e Sollazzi e C. - "Opera tipo n°126 Cavalcavia Castellina L= 4,50 m – Disegno n°52 – Allegato n° 7 libretto misure n°2".
- ANAS QUADERNO TECNICO N.1 – "Valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo".
- ANAS QUADERNO TECNICO N.2 – "Valutazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio".
- ANAS QUADERNO TECNICO N.3 – "Definizione del piano delle indagini".
- ANAS QUADERNO TECNICO N.4 – "Interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza di cordoli e barriere bordo ponte".
- ANAS QUADERNO TECNICO N.5 - "Interventi di rifacimento dei cordoli con calcestruzzo fibrorinforzato".
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 1735 del 22/11/1946. "Impiego d'acciaio ad alto limite elastico (A.L.E.)".
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 384 del 14/02/1962. "Norme relative ai carichi per il calcolo dei ponti stradali".
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici – "Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera". Settembre 2017.
- Ing. A. Gianmatteo – "Produzione ed impieghi di travi T.A.S. (travi armoniche SCAC, precomprese a fili aderenti) per ponti fino a 20 metri di luce" - ANICAP - Giornate del Cemento Armato Precompresso. Roma 1956.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 6 di 31
<ul style="list-style-type: none">G.M. Verderame, P. Ricci, M. Esposito, F.C. Sansiviero – “Le caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate dal 1950 al 1980”. Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II.G.M. Verderame, A. Stella, E. Cosenza – “Le proprietà meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate negli anni '60”. Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II.A. Fantilli¹ , E. Ferraro² , B. Chiaia¹ – “La resistenza delle barre di armatura nei ponti in c.a. realizzati nel secolo scorso”. Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino (1) - Provincia di Cuneo, Settore viabilità Alba/Mondovì, Cuneo (2).				
STG – STUDIO GOSO ASSOCIATI via Fiume 2A/1 - 17100 SAVONA www.studiogoso.it				

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 7 di 31

3. CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE ESISTENTI

3.1 Strutture esistenti

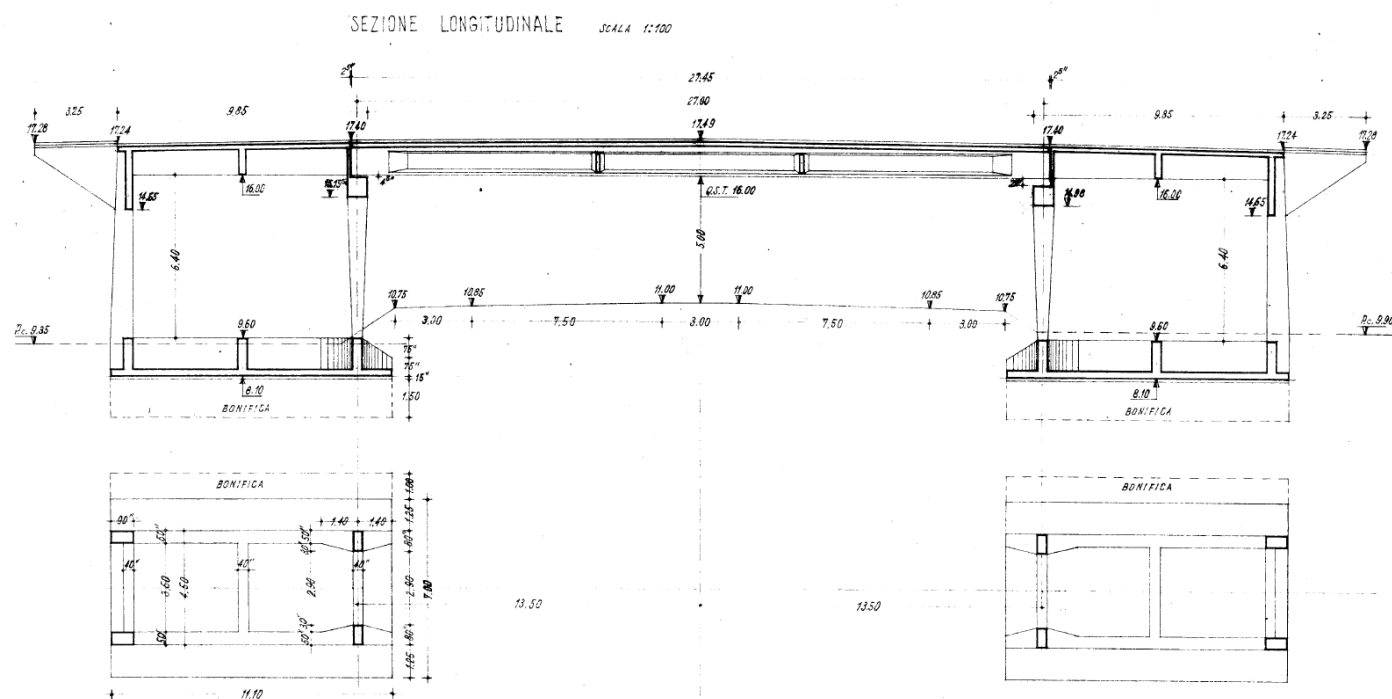
3.1.1 Dati del progetto originario

Tra la documentazione messa a disposizione dalla Società Autostrade, vi sono relazioni di calcolo e di collaudo e le tavole del progetto originale e la tavola allegata alla contabilità di cantiere.

Sulla base di questi documenti è stato possibile ricostruire la geometria del manufatto, costituito da:

- impalcato centrale formato da 3 travi in c.a.p. con luce tra gli appoggi pari a 27 m, di altezza variabile da 1,39 m in mezzzeria ad 1,30 all'appoggio, spessore anima 0,18 m, bulbo 0,50 m, interasse 1,55 m, collegate da 2 traversi intermedi e da 2 traversi d'appoggio. Spessore soletta 20 cm,
- impalcati laterali a telaio di luce 9,00 m ciascuno formato da due travi in c.a. poste ad interasse di circa 4,10 m aventi altezza variabile da 1,14 a 1,30 m, collegate da traversi centrali e d'appoggio, appoggiate su pilastri. Spessore della soletta 22 cm.

Si riporta di seguito una sezione longitudinale.



NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 8 di 31

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

Dai disegni di contabilità è stato possibile determinare che le strutture dei due portali laterali sono state realizzate utilizzando conglomerato cementizio a 3 q.li di cemento tipo 730, mentre le strutture dell'impalcato centrale sono state realizzate utilizzando conglomerato cementizio a 4 q.li di cemento tipo 750.

In attesa di poter effettuare alcuni prelievi di campioni da sottoporre a rottura, a favore di sicurezza si assume nei calcoli un calcestruzzo classe C20/25 avente le seguenti caratteristiche:

Resistenza cubica caratteristica:	$R_{ck} = 25,00$	N/mm^2
Resistenza cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 20,75 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 28,75 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 11,76 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	$= 2,27 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	$= 1,59 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_{cc}$	$= 1,06 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.1}$	$= 30200 \text{ N/mm}^2$

4.2 Acciaio per armature da C.A.

Dai disegni di contabilità non è stato possibile determinare quale tipo di acciaio sia stato impiegato nelle strutture dei portali e delle travi dell'impalcato; si ipotizza siano state realizzate utilizzando armature in acciaio tipo AQ 50/60, come indicato nelle tavole di progetto.

Tabella 1 - Evoluzione temporale delle principali indicazioni normative relative alla classificazione degli acciai di armatura

Normativa	R.D.L. n°2229/1939			LL.PP. n°1472/1957				D.M.30/05/1972					D.M. 30/05/1974			
Tipologia	liscio			liscio		a.m.		liscio		aderenza migliorata (a.m)			liscio		a.m.	
Denominazione	Dolce	Semi duro	Duro	Aq42	Aq50	Aq60	/	FeB22	FeB32	A38	A41	FeB44	FeB22	FeB32	FeB38	FeB44
Snervamento (kgf/mm ²)	≥ 23	≥ 27	≥ 31	≥ 23	≥ 27	≥ 31	/	≥ 22	≥ 32	≥ 38	≥ 41	≥ 44	≥ 22	≥ 32	≥ 38	≥ 44
Rottura (kgf/mm ²)	42-50	50-60	60-70	42-50	50-60	60-70	/	≥ 34	≥ 50	≥ 46	≥ 50	≥ 55	≥ 34	≥ 50	≥ 46	≥ 55
Allungamento (%)	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 12	≥ 24	≥ 23	≥ 14	≥ 14	≥ 12	≥ 24	≥ 23	≥ 14	≥ 12

Come si osserva dalla tabella soprariportata, l'acciaio tipo AQ50 presenta le seguenti caratteristiche medie:

- Resistenza allo snervamento: $f_{yk} = 270 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza alla rottura: $f_{tk} = 550 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento %: $> 16\%$

mentre l'acciaio tipo AQ60 presenta le seguenti caratteristiche medie:

- Resistenza allo snervamento: $f_{yk} = 310 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza alla rottura: $f_{tk} = 650 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento %: $> 14\%$.

In attesa di poter effettuare alcuni prelievi di campioni da sottoporre a rottura, a favore di sicurezza si assume nei calcoli un acciaio con le seguenti caratteristiche:

Resistenza allo snervamento:	$f_{yk} = 265 \text{ N/mm}^2$
Resistenza alla rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 9 di 31

4.3 Acciaio per precompressione

In merito all'acciaio armonico utilizzato per i cavi di precompressione non si hanno indicazioni dai disegni di contabilità, pertanto si assumono le seguenti caratteristiche:

Resistenza allo snervamento: $f_{yk} = 1620 \text{ N/mm}^2$

Resistenza alla rottura: $f_{tk} = 1800 \text{ N/mm}^2$.

4.4 Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Avendo potuto disporre dei disegni di progetto e di contabilità ed avendo utilizzato valori delle caratteristiche meccaniche dei materiali molto conservativi, si ritiene di poter adottare un **livello di conoscenza LC2**, assumendo un fattore di confidenza pari a **FC = 1,20** da applicare alle proprietà dei materiali sopra definite.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 10 di 31

5. ANALISI DEI CARICHI

5.1 Peso proprio delle strutture

Il valore del peso proprio delle strutture viene valutato assumendo un peso specifico del calcestruzzo armato: $\gamma_c = 25 \text{ kN/mc}$.

5.2 Carichi permanenti

5.2.1 Peso della pavimentazione stradale

Il peso della pavimentazione gravante sulle strutture del ponte viene determinato sulla base del peso specifico $\gamma_p = 20 \text{ kN/mc}$.

Sui disegni di contabilità è indicata una cappa di asfalto di 2 cm.

A favore di sicurezza si considera una cappa di spessore 4 cm, che determina un carico permanente pari a $P_{pav} = 0,80 \text{ kN/mq}$.

5.2.2 Barriera stradale

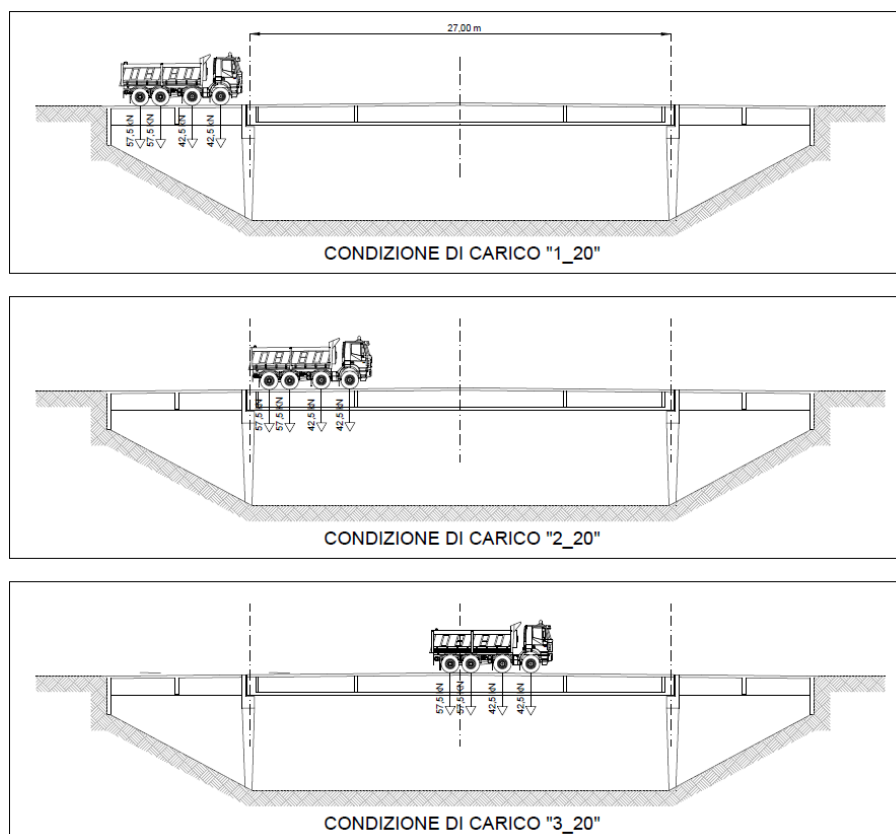
Sul cavalcavia è presente una rete parapetto. Si assume un peso lineare di 1 kN/m .

5.3 Carichi variabili - traffico

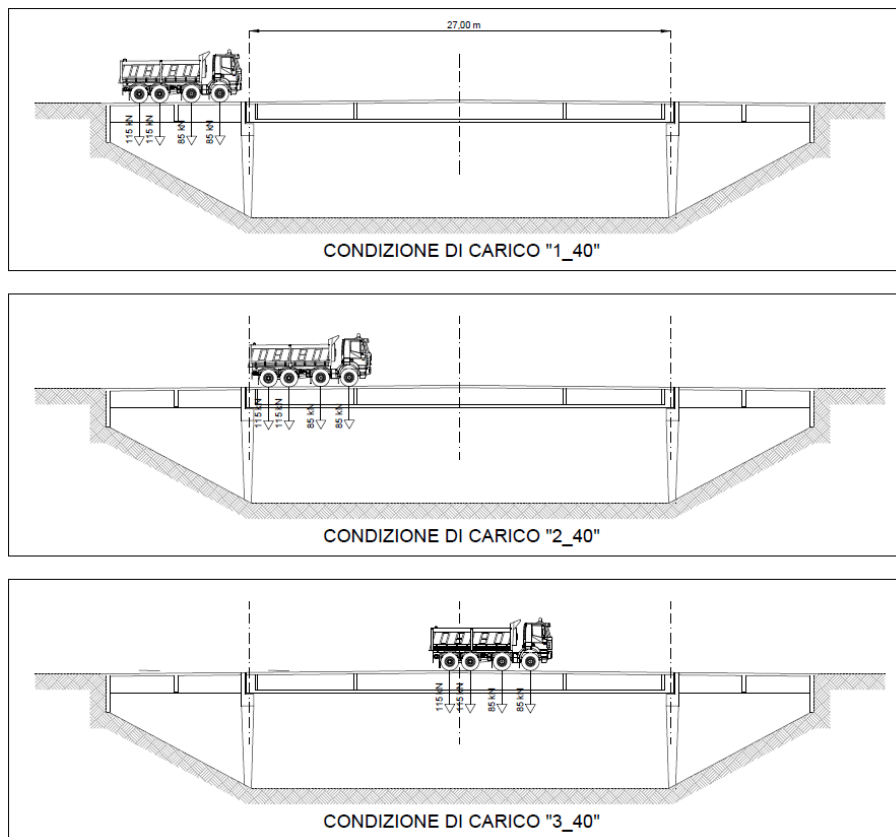
5.3.1 Carichi verticali sulle strutture

Ai fini della richiesta di deroga, si simula il passaggio di un automezzo a 4 assi con carico totale 20 ton ed uno con carico totale 40 ton.

Di seguito si riportano le diverse condizioni di carico.



NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 11 di 31



5.3.2 Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità

Ai fini della richiesta della deroga, verrà prescritto il passaggio degli automezzi a passo d'uomo, in modo da evitare ogni tipo di effetto dinamico sulle strutture. Pertanto questo incremento viene trascurato.

5.3.3 Azione longitudinale di frenamento/accelerazione

Per lo stesso motivo di cui sopra, queste azioni sono state trascurate.

5.3.4 Azione centrifuga

Essendo il nuovo ponte ad asse rettilineo, questa azione è stata trascurata.

5.4 Distorsioni

Non sono presenti distorsioni o pre-sollecitazioni di progetto.

5.5 Viscosità

Non vengono considerati fenomeni di viscosità.

5.6 Ritiro

Non vengono considerati fenomeni di ritiro.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 12 di 31

5.7 Variazioni termiche

Essendo la struttura realizzata da una campata isostatica, una variazione termica omogenea non provoca sollecitazioni aggiuntive sulla travatura dell'impalcato.

5.8 Cedimenti vincolari

Essendo la struttura realizzata da una campata isostatica, eventuali cedimenti vincolari non provocano sollecitazioni aggiuntive sulla travatura dell'impalcato.

5.9 Resistenza parassite dei vincoli

Non si considerano le resistenze parassite dei vincoli.

5.10 Azione del vento

Non si considerano le azioni del vento.

5.11 Azione della neve

Non si considerano le azioni della neve.

5.12 Azioni dovute alla spinta del terreno

Spinta statica

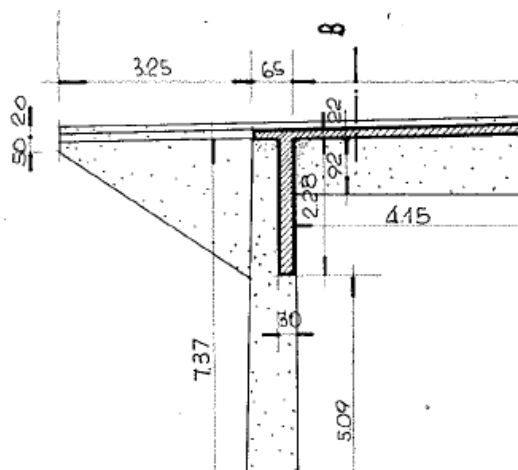
L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno dipendono dallo spostamento relativo che lo stesso può subire; per le spalle di un ponte sussiste l'ipotesi di struttura impedita di spostamenti all'interno del terreno in quanto questa risulta sufficientemente contrastata. Per tale ragione nel calcolo della spinta viene utilizzato il coefficiente di spinta a riposo come da relazione seguente:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

dove K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo dato dalla relazione $K_0 = 1 - \sin(\phi)$ dove ϕ è l'angolo di attrito interno del terreno.

Sostituendo il parametro meccanico medio per il terreno a tergo pari a 30° (riempimento ben costipato) si ottiene un $K_0 = 0,50$.

Si consideri la sezione di seguito riportata.



NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 13 di 31

Assumendo per il terreno a monte della spalla un peso specifico pari a 18 kN/mc, il diagramma della pressione di spinta orizzontale avrà una forma triangolare con valore nullo in testa e valore massimo, alla base della trave parete alta circa 2,50 m compresa la soletta, pari a:

$$S = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 2,50^2 \cdot 0,50 = 28,13 \text{ kN/m.}$$

Spinta in condizioni sismiche

L'incremento della spinta del terreno dovuta all'eccitazione sismica in questa analisi viene trascurata perché non significativa ai fini della richiesta di deroga.

Spinta dovuta alla presenza di acqua

Nel caso in esame è possibile assumere non presente falda a tergo delle travi parete.

Spinta dovuta alla presenza di sovraccarico stradale

In corrispondenza della zona a tergo delle travi parete spalle si considera un sovraccarico accidentale uniforme dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa.

La spinta prodotta dal sovraccarico a tergo è pari a:

$$p_q = q \cdot K_0 = 20 \cdot 0,50 = 10 \text{ kPa.}$$

Questa pressione ha andamento costante con la profondità.

La risultante della sovraspinta da carico variabile assume il valore pari a $10 \times 2,50 = 25 \text{ kN/m}$ e può essere applicata a metà della trave parete.

5.13 Azione del sisma

L'azione sismica sulle strutture in questa analisi viene trascurata perché non significativa ai fini della richiesta di deroga.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 14 di 31

6. COMBINAZIONI DI CARICO

6.1 Condizioni di carico statiche

Sono state applicate al modello del ponte le seguenti condizioni di carico statiche fondamentali:

- 1 – carichi propri degli elementi strutturali
- 2 – carichi permanenti della pavimentazione
- 3 – carichi permanenti della barriera
- 4 – spinta del terreno in condizioni statiche
- 5 – carichi variabili – configurazione 1_20: massime sollecitazioni sul portale di avvicinamento con mezzo da 20 ton
- 6 – carichi variabili – configurazione 2_20: massime sollecitazioni all'appoggio dell'impalcato centrale con mezzo da 20 ton
- 7 – carichi variabili – configurazione 3_20: massime sollecitazioni nella mezzeria dell'impalcato centrale con mezzo da 20 ton
- 8 – carichi variabili – configurazione 1_40: massime sollecitazioni sul portale di avvicinamento con mezzo da 40 ton
- 9 – carichi variabili – configurazione 2_40: massime sollecitazioni all'appoggio dell'impalcato centrale con mezzo da 40 ton
- 10 – carichi variabili – configurazione 3_40: massime sollecitazioni nella mezzeria dell'impalcato centrale con mezzo da 40 ton
- 11 – sovraspinta terreno per effetto carichi variabili.

6.2 Condizioni di carico sismiche

Non vengono considerate condizioni di carico sismiche.

6.3 Combinazioni delle condizioni di carico

Indicando le singole condizioni di carico con i seguenti simboli:

G₁: carichi permanenti strutturali;

G₂: carichi permanenti non strutturali;

Q: carichi variabili;

risultano le seguenti combinazioni:

1) combinazione per gli stati limite ultimi

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

dove nello specifico risulta:

COMB.	Peso proprio	Carichi perm. Pav	Carichi perm. Barr	Spinta terreno	Var 1_20	Var 2_20	Var 3_20	Var 1_40	Var 2_40	Var 3_40	Increment Spinta Terreno Traffico
SLU_1_20	1,35	1,50	1,50	1,50	1,50	0	0	0	0	0	1,50
SLU_2_20	1,35	1,50	1,50	1,50	0	1,50	0	0	0	0	1,50
SLU_3_20	1,35	1,50	1,50	1,50	0	0	1,50	0	0	0	1,50
SLU_1_40	1,35	1,50	1,50	1,50	0	0	0	1,50	0	0	1,50
SLU_2_40	1,35	1,50	1,50	1,50	0	0	0	0	1,50	0	1,50
SLU_3_40	1,35	1,50	1,50	1,50	0	0	0	0	0	1,50	1,50

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 15 di 31

7. MODELLAZIONE DELLE STRUTTURE

L'analisi dell'opera è stata condotta con l'ausilio di un modello FEM realizzato con il codice di calcolo STRAUS7 release 2.3.7 di comprovata attendibilità.

Come richiesto dalle NTC, il modello tridimensionale della struttura rappresenta in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza.

Nella definizione del modello, alcuni elementi strutturali considerati "secondari", e gli elementi non strutturali, sono stati rappresentati unicamente in termini di peso.

Le strutture dei pilastri e delle travi sono state modellate come elementi "beam".

La struttura della soletta è stata modellata come elementi "plate".

Si riporta di seguito la vista generale del modello.

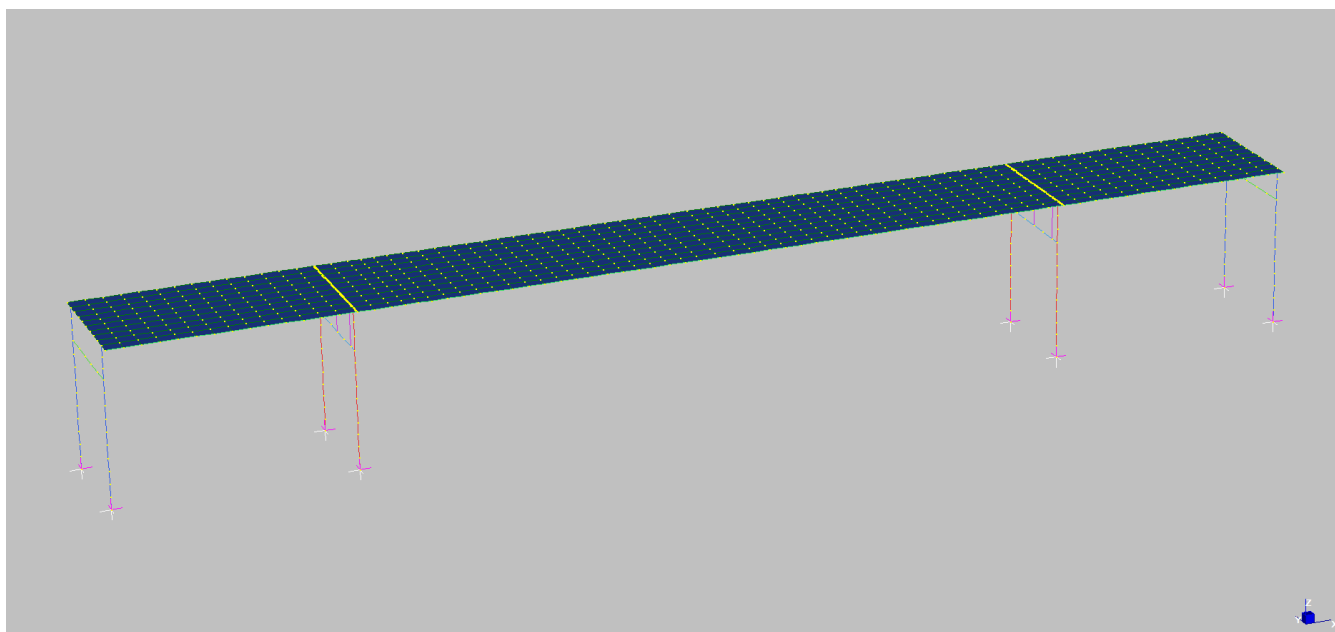


Immagine del modello del cavalcavia

7.1 Reazioni vincolari

Per quanto riguarda i vincoli assegnati al modello, sono stati bloccati i nodi alla base dei pilastri dei portali di avvicinamento.

7.2 Carichi applicati

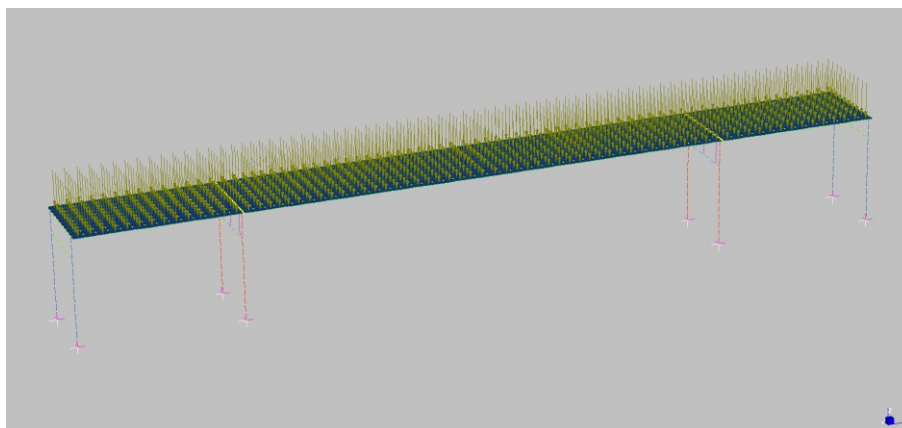
Al modello sono state applicate le condizioni di carico statiche identificate al §6.1.

7.2.1 Peso proprio delle strutture

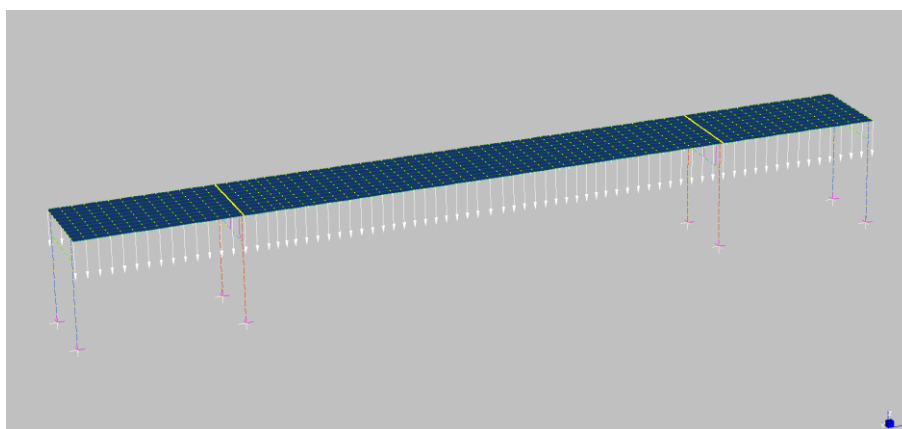
Il peso proprio delle strutture viene implementato automaticamente dal software.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 16 di 31

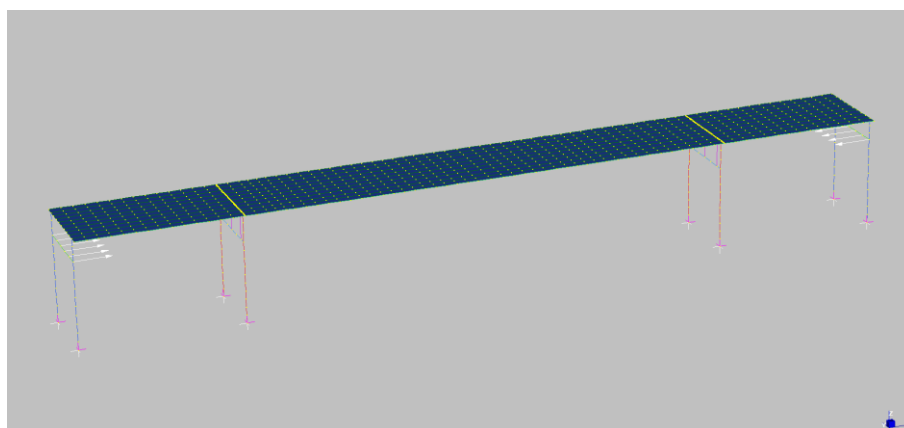
7.2.2 Carico permanente della pavimentazione



7.2.3 Carico permanente della barriera



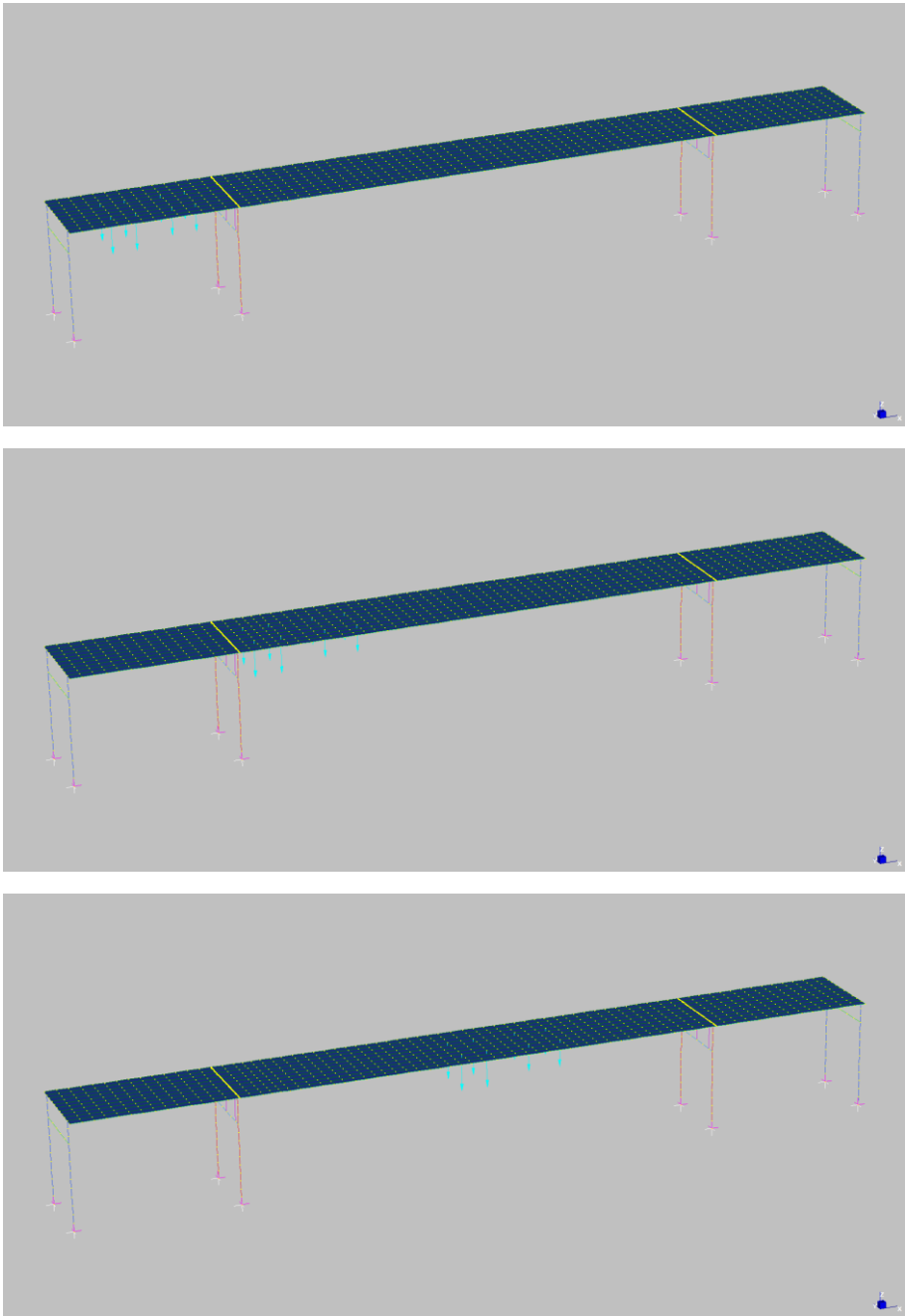
7.2.4 Spinta delle terre



*Immagine del modello con l'applicazione della spinta delle terre
e della sovra-spinta da sovraccarico stradale*

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 17 di 31

7.2.5
 Carichi variabili da traffico



Immagini del modello con la simulazione del transito del mezzo da 20 e 40 ton
 configurazioni 1_20(40); 2_20(40); 3_20(40)

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 18 di 31

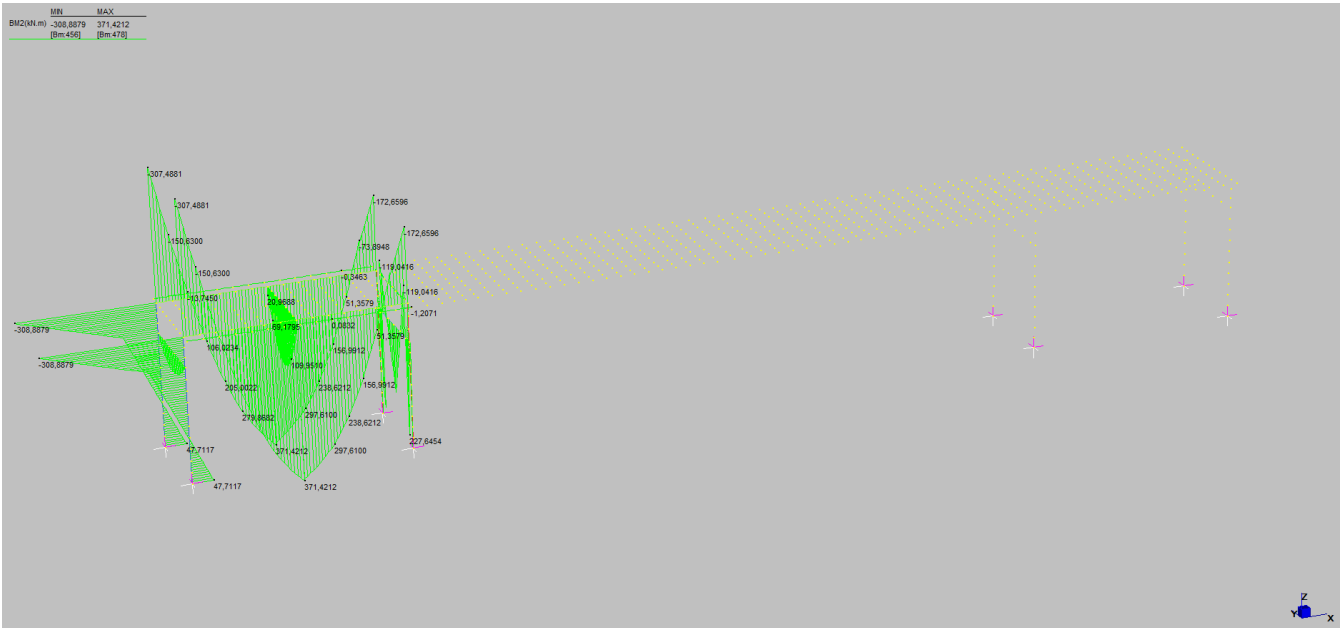
8. SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

Si riportano nel seguito le verifiche più significative.

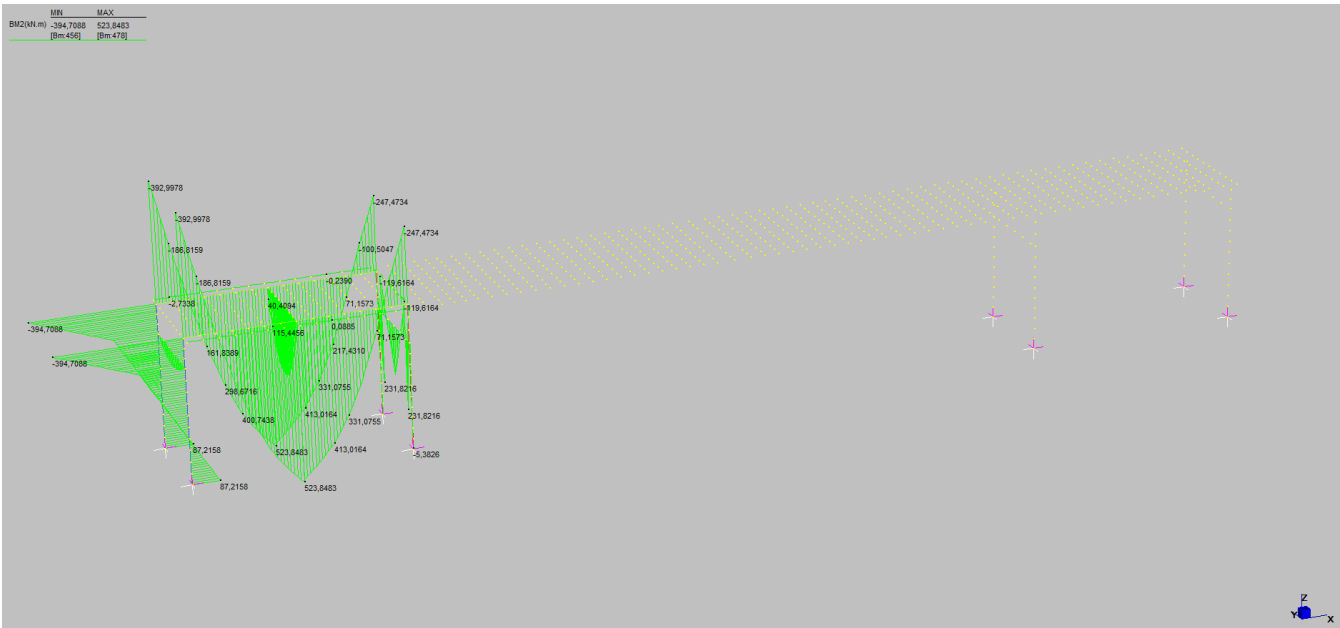
8.1 Verifica di resistenza travi portali (SLU)

8.1.1 Verifica a flessione (sezione di mezzeria)

Dal modello è possibile ricavare le massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali di avvicinamento.



Massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali (Combinazione SLU_1_20)



Massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali (Combinazione SLU_1_40)

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 19 di 31

L'impalcato dei portali di avvicinamento è costituito da due travi laterali di larghezza 40 cm e altezza variabile (da 114 a 130 cm avvicinandosi all'impalcato centrale compreso lo spessore della soletta).

Con riferimento alla figura a lato, nella sezione di mezzzeria, alta 122 cm compreso lo spessore della soletta, è presente la seguente armatura:

strati superiori

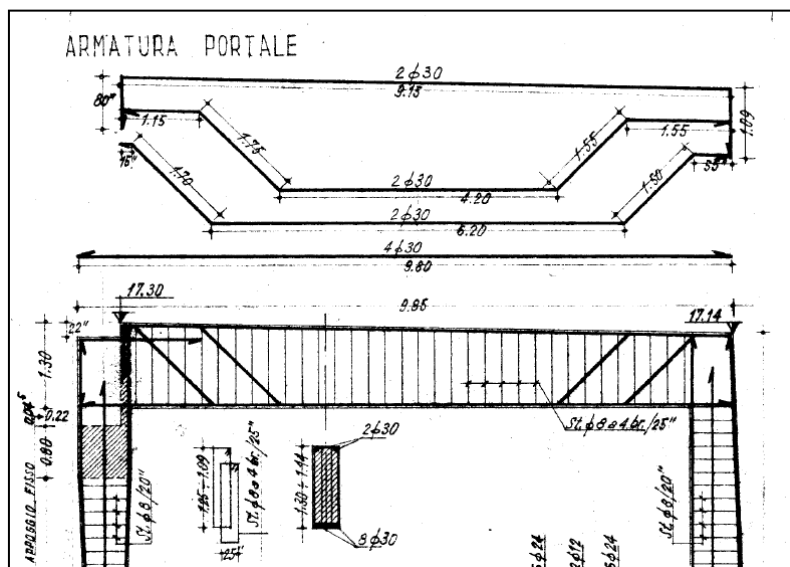
Pos. 1 – n°2 $\phi 30$

strati inferiori

Pos. 2 – n°2 $\phi 30$

Pos. 3 – n°2 $\phi 30$

Pos. 4 – n°4 $\phi 30$



Nel form seguente si riporta il calcolo della portata di queste travi nelle condizioni ipotizzate.

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 - Strutture esistenti ?

TITOLO: Sovrappasso Caselle - trave portale avvicinamento

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	122	1	7.07	5.2
			2	56.55	116.8

Sollecitazioni S.L.U.

Metodo n

N: 0 kN
M: 0 kNm
xEd: 0
yEd: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN: 0, yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Aq50 1957 C20/25

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 230.4 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200,000 N/mm² f_{cd} : 13.33 ‰
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8 [7]
 ϵ_{syd} : 1.152 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 8.5
 $\sigma_{s,adm}$: 155 N/mm² τ_{co} : 0.5333
 τ_{c1} : 1.686

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Calcoli:

M_{xRd}: 1.388 kNm
 σ_c : -13.33 N/mm²
 σ_s : 230.4 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 11.98 ‰
d: 116.8 cm
x: 26.4 x/d: 0.226
 δ : 0.7225

Come si evince dai calcoli, la trave è in grado di resistere alle sollecitazioni flessionali derivante dal transito sia del mezzo da 20 ton ($M_R = 1388 \text{ kNm} > M_E = 371 \text{ kNm}$) sia del mezzo da 40 ton ($M_R = 1388 \text{ kNm} > M_E = 524 \text{ kNm}$).

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 21 di 31

Le travi di impalcato dei portali di avvicinamento sono armate a taglio con staffe a 4 braccia $\phi 8/25$, oltre ad alcuni cavalli $\phi 30$ a 45° .

Nel form seguente si riporta il calcolo della portata di queste travi nelle condizioni ipotizzate, trascurando i ferri a 45° .

Elementi con armature trasversali resistenti a taglio (p.to 4.1.2.1.3.2 DM 14 gennaio 08)			
Caratteristiche del calcestruzzo			
Resistenza caratteristica del calcestruzzo	Rck	25	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	fck	20,75	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	γ_c	1,5	-
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85	-
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	fcd	11,76	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo ridotta	fcd	5,88	N/mm ²
Caratteristiche dell'acciaio di armatura			
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	fyk	265	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ_s	1,15	-
Resistenza di calcolo (ridotta 80 % per ferri piegati)	fyd	230	N/mm ²
Caratteristiche della sezione			
Larghezza della sezione	b _w	400	mm
Altezza della sezione	h	1140	mm
Sezione di calcestruzzo	A _c	456000	mm ²
Distanza media centro ferro-lembo sezione	c	30	mm
Braccio delle forze interne	z	1080	mm
Altezza utile della sezione	d	1110	mm
Caratteristiche della armatura trasversale d'anima			
Inclinazione armatura trasversale ($45^\circ < \alpha < 90^\circ$)	α	90	°
Interasse dell'armatura trasversale	s	250	mm
Area dell'armatura trasversale posta ad interasse s	A _{sw}	201	mm ²
Valore dello sforzo di compressione di calcolo (kN)			
	N _{Ed}	0	kN
	σ_{cp}	0,00	N/mm ²
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,00	-
Inclinazione bielle compresse di cls	cotg θ	2,50	-
Resistenza del conglomerato			
$V_{Rcd} = 0,90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) =$		810	kN
Resistenza dell'armatura trasversale			
$V_{Rsd} = 0,90 \times d \times A_{sw} / s \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \sin \alpha =$		463	kN
Resistenza a taglio della membratura			
$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} ; V_{Rsd})$		463	kN

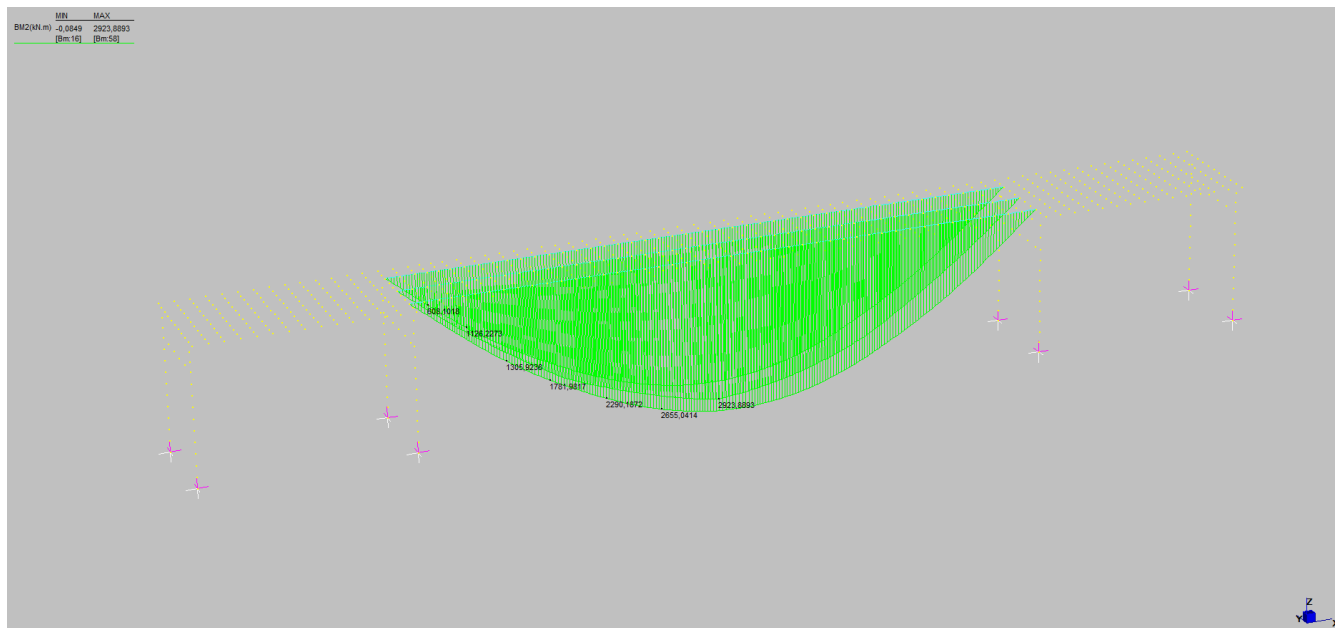
Come si evince dai calcoli, la trave è in grado di resistere alle sollecitazioni di taglio derivante dal transito sia del mezzo da 20 ton ($V_R = 463 \text{ kN} > V_E = 249 \text{ kN}$) sia del mezzo da 40 ton ($V_R = 463 \text{ kN} > V_E = 326 \text{ kN}$).

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025
		REV.	DATA
RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc	
		Emissione DESCRIZIONE	
		Pag. 22 di 31	

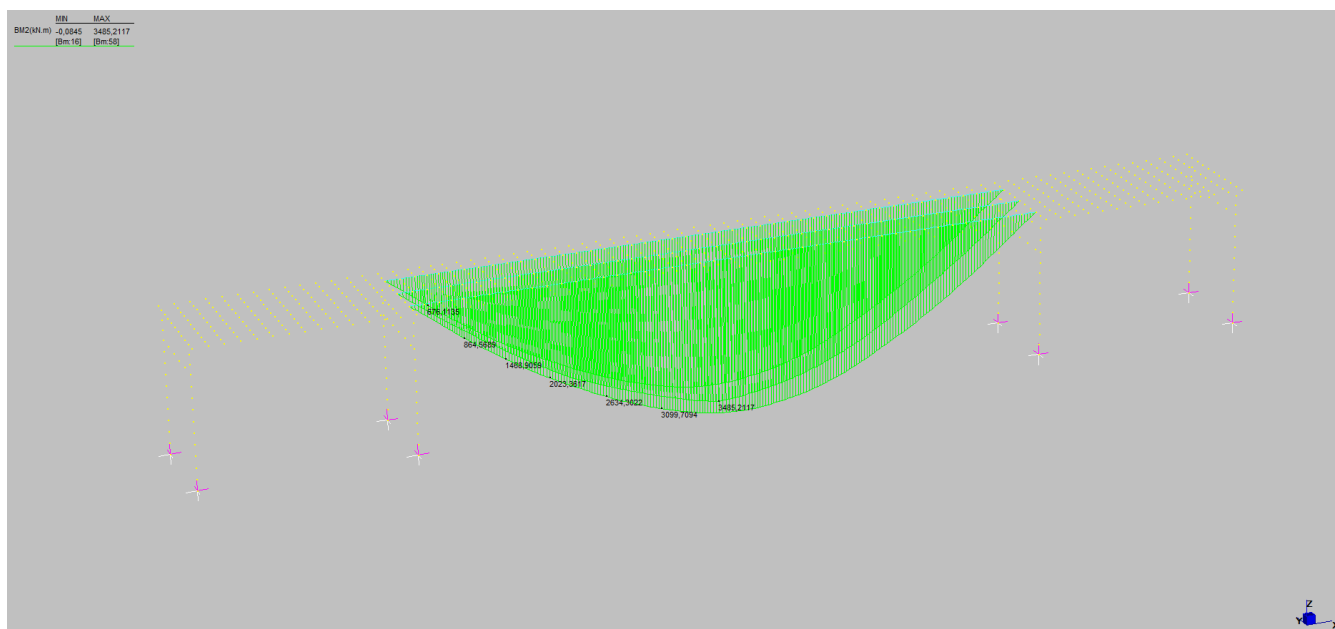
8.2 Verifica di resistenza travi impalcato centrale (SLU)

8.2.1 Verifica a flessione (sezione di mezzeria)

Dal modello è possibile ricavare le massime sollecitazioni flessionali sulle travi dell'impalcato centrale.



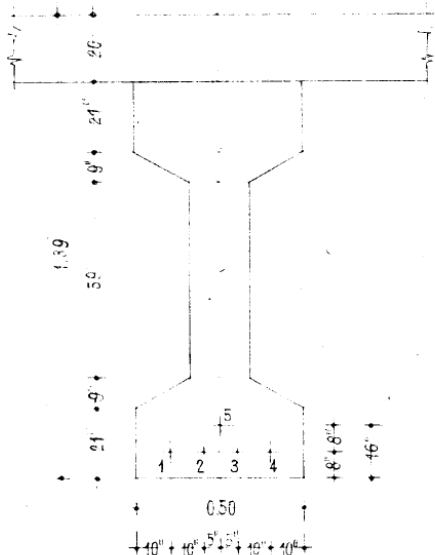
Massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali (Combinazione SLU_3_20)



Massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali (Combinazione SLU_3_40)

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025
		REV.	DATA
RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc	
		Pag. 23 di 31	

Nella sezione di mezzeria, l’armatura di precompressione che è stato possibile dedurre dai disegni e dalla relazione di progetto è costituita da 5 cavi Morandi tipo M4 e disposti, nella sezione di mezzeria, su 2 livelli.



I cavi 1-3-4-5 risultano costituiti da 21 fili da 7mm (area netta cavo $A_s = 807 \text{ mmq}$), mentre il cavo 2 risulta costituito da 12 fili da 7 mm (area netta cavo $A_s = 462 \text{ mmq}$).

Per l’acciaio armonico che veniva utilizzato per la realizzazione di questa travi si possono assumere le seguenti caratteristiche meccaniche:

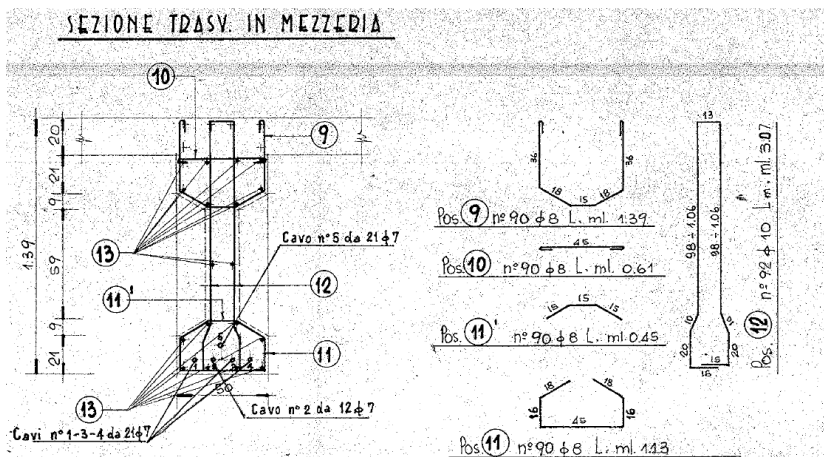
- carico di rottura pari a 170 kg/mmq
- limite convenzionale elastico allo 0,2% pari a 14 kg/mmq .

Operativamente l’armatura veniva messa in trazione a tensioni di circa 90 kg/mmq e per tener conto degli effetti del ritiro, del fluage e delle deformazioni lente nelle travi, si adottava nei calcoli una caduta complessiva di tensione pari al 20% che portava ad una pretensione utile nel tempo pari a 72 kg/mmq .

Ai fini del calcolo della portata delle travi allo stato attuale si ritiene lecito (in mancanza di specifiche indagini) assumere un valore di tensione nei trefoli pari a **700 Mpa**.

Oltre all’armatura di precompressione è presente anche l’armatura lenta, disposta come in figura: partendo dal basso

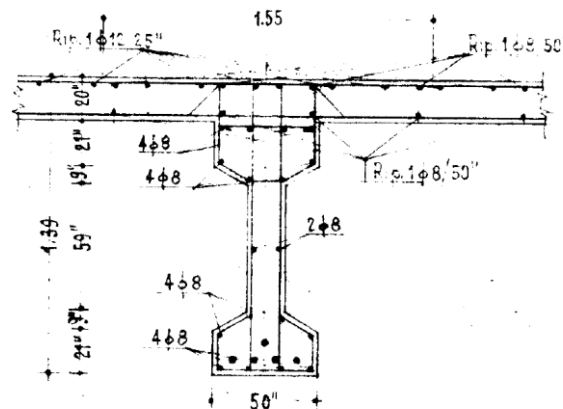
- Pos. 13 – n°4 $\phi 8$
- Pos. 13 – n°4 $\phi 8$
- Pos. 13 – n°2 $\phi 8$
- Pos. 13 – n°4 $\phi 8$
- Pos. 15 – n°4 $\phi 8$



NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 24 di 31

Oltre a questa armatura, è presente anche armatura lenta all'interno della soletta collaborante. Ai fini del calcolo si considerano 2 ϕ 8 inferiori e 2 ϕ 8 + 2 ϕ 12 superiori.

SEZIONE IN MEZZARIA DELLA TRAVE



Nel form seguente si riporta il calcolo della portata di queste travi nelle condizioni ipotizzate.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sezione trave_2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 - Strutture esistenti ?

Titolo :

N° Vertici 16 Zoom N° barre 24 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	6	1	0.5	3	9
2	0	27	2	0.5	17.2	9
3	16	36	3	0.5	32.8	9
4	16	95	4	0.5	47	9
5	0	104	5	0.5	31	65.5
6	0	125	6	0.5	19	65.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN M xEd 0 kNm M yEd 0 kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Cavo elastico

M xRd 5.326 kNm

σ_c -13.33 N/mm² σ_s 230.4 N/mm² ε_c 3.5 ‰ ε_s 3.201 ‰

d 136 cm x 71.03 x/d 0.5223 δ 1

Materiali Aq50 1957 C20/25

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰ f_{yd} 230.4 N/mm² ε_{cu} 9.5 ‰ E_s 210.000 N/mm² f_{cd} 13.33 N/mm² E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 f_{cd} 1.097 N/mm² σ_{c,adm} 155 N/mm² τ_{co} 0.5333 τ_{c1} 1.686

Tipo Sezione Rettang. Trapezi a T Circolare Rettangoli Coord. DXF

Armatura Precompressione N° cavi 5 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	8.07	10	14	700
2	4.62	20	14	700
3	8.07	30	14	700
4	8.07	40	14	700
5	8.07	25	22	700

Tipo cavo Trefolo

ε_{su} 67.5 ‰ f_{yd} 1.409 N/mm² E_s/E_c 6 ε_{syd} 6.71 ‰ σ_{c,adm} 1080 N/mm²

Metodo di calcolo S.L.U. Metodo n

Tipo flessione Fletta Deviato

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N L_o 0 cm Col. modello M-curvatura

Precompresso

σ_{sp} 1.320 N/mm² ε_{sp} 6.288 ‰ compressa predef.

Come si evince dai calcoli, la trave è in grado di resistere alle sollecitazioni flessionali derivante dal transito sia del mezzo da 20 ton ($M_R = 5326 \text{ kNm} > M_E = 2924 \text{ kNm}$) sia del mezzo da 40 ton ($M_R = 5326 \text{ kNm} > M_E = 3485 \text{ kNm}$).

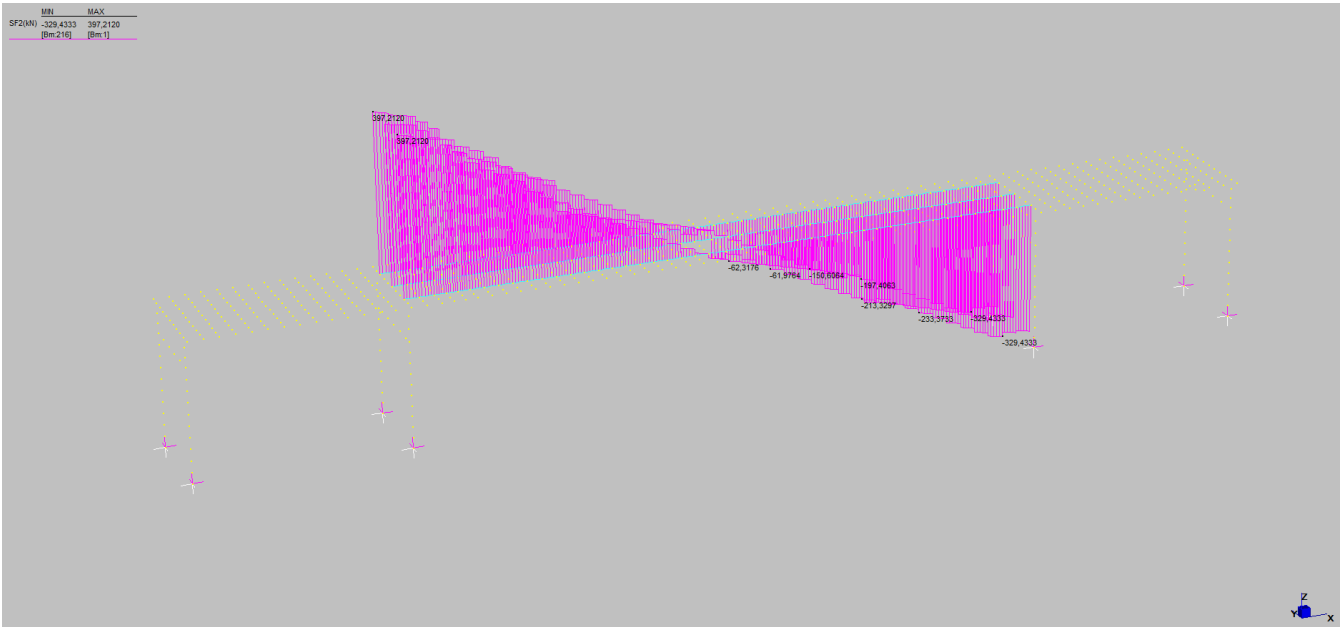
NB

L'armatura lenta della trave, costituita da ferri di sezione molto piccola, senza la precompressione è in grado di fornire una resistenza flessionale molto bassa, praticamente nulla. Per questo motivo risulta importante verificare l'effettivo stato dei cavi di precompressione mediante prove di rilascio tensionale per la misura della tensione sul calcestruzzo e/o prove di diffrazione a raggi X per la misura della tensione sui cavi da precompressione.

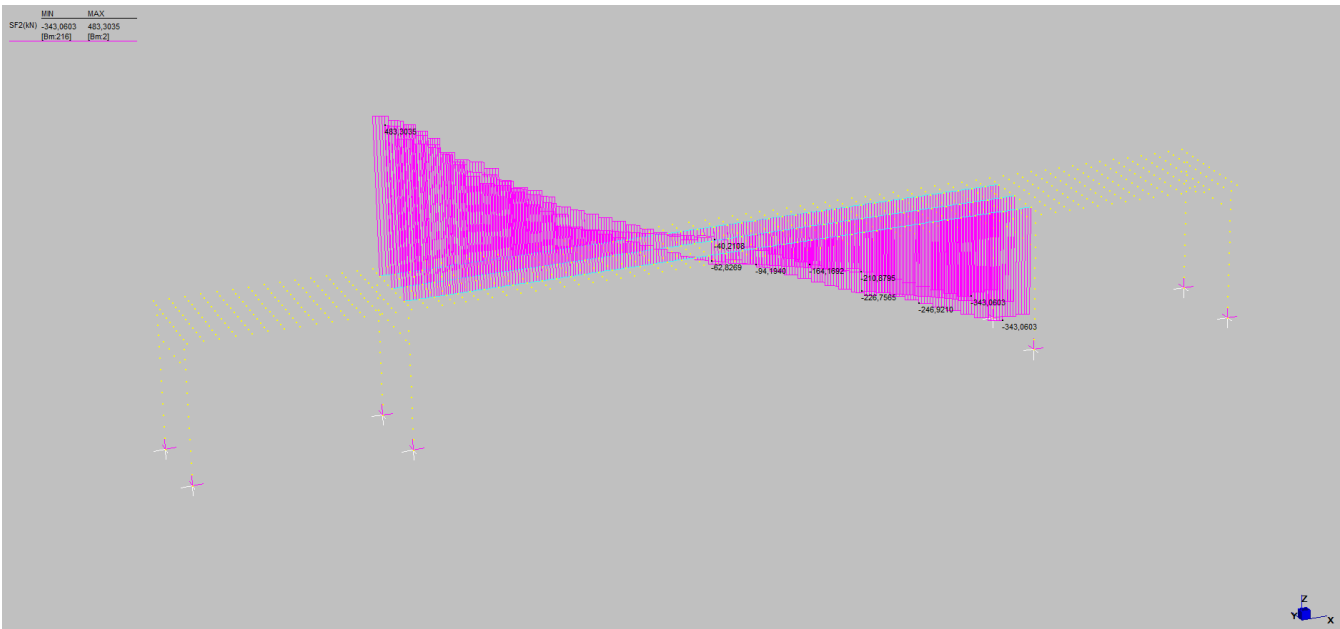
NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 25 di 31

8.2.2 Verifica a taglio (sezione all'appoggio)

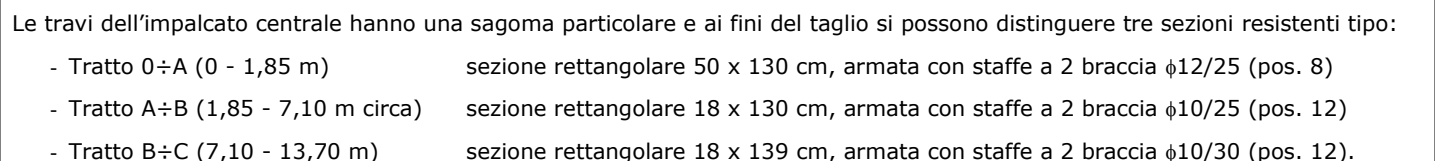
Dal modello è possibile ricavare le massime sollecitazioni di taglio sulle travi dell’impalcato centrale.



Massime sollecitazioni di taglio sulle travi dell’impalcato centrale (Combinazione SLU_2_20)



Massime sollecitazioni di taglio sulle travi dell’impalcato centrale (Combinazione SLU_2_40)



Elementi con armature trasversali resistenti a taglio (p.to 4.1.2.1.3.2 DM 14 gennaio 08)			
SEZIONE 0-A			
Caratteristiche del calcestruzzo			
Resistenza caratteristica del calcestruzzo	Rck	25	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck}	20,75	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	γ _c	1,5	
Coefficiente riduttivo per la resistenza di lunga durata	α _{cc}	0,85	
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	f _{cd}	11,76	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo ridotta	f _{cd}	5,88	N/mm ²
Caratteristiche dell'acciaio di armatura			
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f _{yk}	265	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ _s	1,15	
Resistenza di calcolo (ridotta 80 % per ferri piegati)	f _{yd}	230	N/mm ²
Caratteristiche della sezione			
Larghezza della sezione	b _w	500	mm
Altezza della sezione	h	1300	mm
Sezione di calcestruzzo	A _c	650000	mm ²
Distanza media centro ferro-limbo sezione	c	30	mm
Braccio delle forze interne	z	1240	mm
Altezza utile della sezione	d	1270	mm
Caratteristiche della armatura trasversale d'anima			
Inclinazione armatura trasversale (45° < α < 90°)	α	90°	
Interasse dell'armatura trasversale	s	250	mm
Area dell'armatura trasversale posta ad interasse s	A _{sw}	226	mm ²
Valore dello sforzo di compressione di calcolo (kN)			
	N _{Ed}	0	kN
Coefficiente maggiorativo	α _{cp}	0,90	N/mm ²
Inclinazione bielle compresse di c/c	cotg θ	2,50	
Resistenza del conglomerato			
$V_{Rd1} = 0,90 \times d \times b_w \times \alpha_{cp} \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta)$		1159	kN
Resistenza dell'armatura trasversale			
$V_{Rd2} = 0,90 \times d \times A_{sw} / s \times f_{yk} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \sin \alpha$		595	kN
Resistenza a taglio della membratura			
$V_{Rd3} = \min (V_{Rd1}, V_{Rd2})$		595	kN

Elementi con armature trasversali resistenti a taglio (p.to 4.1.2.1.3 DM 14 gennaio 08)			
SEZIONE 0-A			
Caratteristiche del calcestruzzo			
Resistenza caratteristica del calcestruzzo	Rck	25	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{cd}	20,75	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	γ _c	1,15	-
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α _{cc}	0,85	-
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	f _{cd}	11,76	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo ridotta	f _{cd}	5,88	N/mm ²
Caratteristiche dell'acciaio di armatura			
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f _{yk}	265	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ _s	1,15	-
Resistenza di calcolo (ridotta 80 % per ferri piegati)	f _{yd}	230	N/mm ²
Caratteristiche della sezione			
Larghezza della sezione	b _w	180	mm
Altezza della sezione	h	1300	mm
Sezione di calcestruzzo	A _c	234000	mm ²
Distanza media centro ferro-fermo sezione	c	30	mm
Braccio delle forze interne	z	1240	mm
Altezza utile della sezione	d	1270	mm
Caratteristiche della armatura trasversale d'anima			
Inclinazione armatura trasversale (45° < α < 90°)	α	90°	-
Interrasse dell'armatura trasversale	s	250	mm
Area dell'armatura trasversale posta ad interrasso s	A _{sw}	157	mm ²
Valore dello sforzo di compressione di calcolo (kN)			
Coefficiente maggiorativo	N _{Ed}	0	kN
Coefficiente maggiorativo	α _{cr}	1,00	N/mm ²
Inclinazione bielle compresse di cis	cotg θ	2,50	-
Resistenza del conglomerato			
$V_{Rd1} = 0,90 \times d \times b_w \times \alpha_{cr} \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) =$		417	kN
Resistenza dell'armatura trasversale			
$V_{Rd2} = 0,90 \times d \times A_{sw} / s \times f_{yk} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \sin \alpha =$		414	kN
Resistenza a taglio della membratura			
$V_{Rd3} = \min (V_{Rd1}, V_{Rd2}) =$		414	kN

Elementi con armature trasversali resistenti a taglio (p.to 4.1.2.1.3.2 DM 14 gennaio 05)			
SEZIONE B-C			
Caratteristiche del calcestruzzo			
Resistenza caratteristica del calcestruzzo	Rck	25	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f _{ck}	20,75	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	γ _c	1,5	
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α _{cc}	0,85	
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	f _{cd}	11,78	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo ridotta	f _{cd}	5,88	N/mm ²
Caratteristiche dell'acciaio di armatura			
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f _{yk}	265	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ _s	1,15	
Resistenza di calcolo (ridotta 80 % per ferri piegati)	f _{yd}	230	N/mm ²
Caratteristiche della sezione			
Larghezza della sezione	b _w	180	mm
Altezza della sezione	h	1300	mm
Sezione di calcestruzzo	A _c	234000	mm ²
Distanza media centro ferro-fermo sezione	c	30	mm
Braccio delle forze interne	z	1240	mm
Altezza utile della sezione	d	1270	mm
Caratteristiche della armatura trasversale d'anima			
Inclinazione armatura trasversale (45° < α < 90°)	α	90	°
Interasse dell'armatura trasversale	s	300	mm
Area dell'armatura trasversale posta ad interasse s	A _{sw}	157	mm ²
Valore dello sforzo di compressione di calcolo (kN)			
	N _{ed}	0	kN
Coefficiente maggiorativo	α _{cp}	0,90	N/mm ²
Inclinazione bielle compresse di c/s	cotg θ	2,50	
Resistenza del conglomerato			
$V_{Rd1} = 0,90 \cdot u \cdot b_w \cdot x \cdot \alpha_s \cdot x \cdot f_{ctd} \cdot x (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta)$		417	kN
Resistenza dell'armatura trasversale			
$V_{Rd2} = 0,90 \cdot u \cdot A_{sw} / s \cdot x \cdot f_{yk} \cdot x (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot x \sin \alpha$		345	kN
Resistenza a taglio della membratura			
$V_{Rd3} = \min (V_{Rd1}, V_{Rd2})$		345	kN

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 27 di 31

Si riporta nell’immagine seguente il diagramma di copertura del taglio:

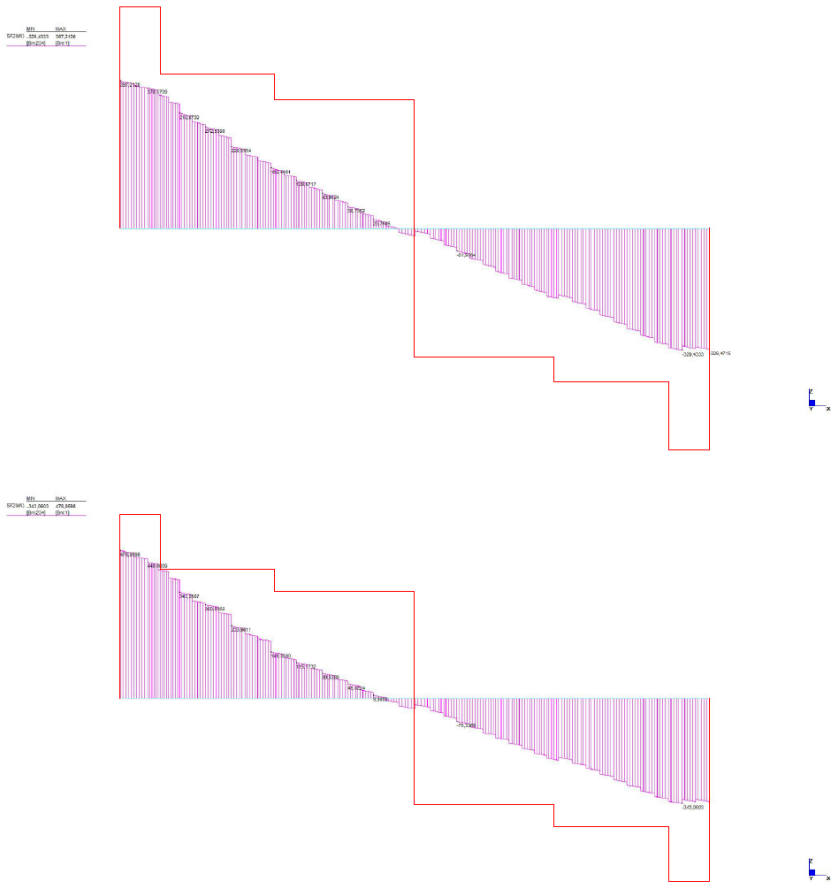


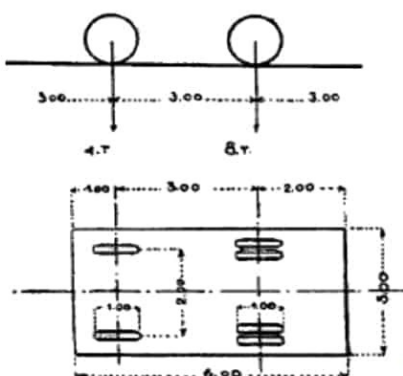
Diagramma copertura tagli combinazione SLU_2_20 (sopra) e SLU_2_40 (sotto)

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 28 di 31

9. VALUTAZIONI CON LE NORMATIVE DELL'EPOCA

A questo punto è interessante effettuare alcune valutazioni sulle sollecitazioni agenti sul cavalcavia, confrontando quelle determinate nelle pagine precedenti con quelle derivanti dall'applicazione delle normative risalenti all'epoca della sua realizzazione. L'opera risale agli anni '60 ed è stata dimensionata in base ai carichi previsti dalla Circolare n° 820/1952.

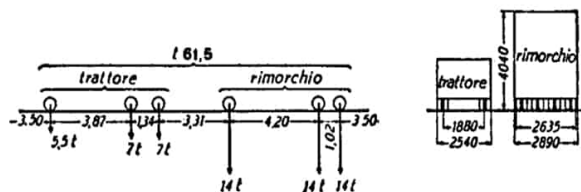
Rispetto alla previgente normativa, costituita dalla Normale n° 8/1933 e dalla successiva Circolare n° 6018/1945 completata dalla Circolare 772/1946, la Circolare del 1952 introdusse nuovi schemi di carico più gravosi per le strade e le autostrade, in quanto erano stati valutati troppo esigui i carichi da traffico considerati nelle precedenti Norme fino a quel momento in vigore.



Colonna indefinita di autocarri del peso di 12 ton previste dalla Normale n°8 del 1933

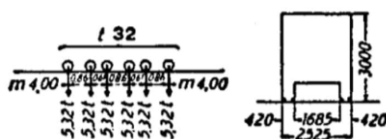
In particolare, con la Circolare del 1952 veniva considerata la più gravosa tra le seguenti due configurazioni di carico:

- un treno indefinito di carichi identificati dallo SCHEMA di figura seguente, affiancato a uno o più treni di autocarri da 12 t della Normale n° 8 del 1933 (figura precedente) e folla compatta sui marciapiedi (400 kg/mq);



SCHEMA I di carico previsto dalla Circolare n°820 del 15/03/1952

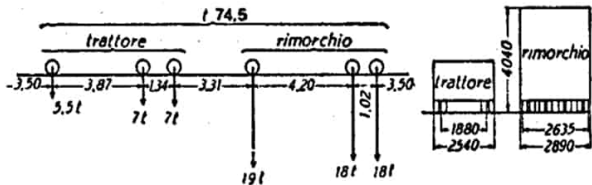
- un treno indefinito di carichi specificati dallo SCHEMA II di figura seguente, affiancato a uno o più treni di autocarri da 12 t come sopra e folla compatta sui marciapiedi.



SCHEMA II di carico previsto dalla Circolare n°820 del 15/03/1952

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL			
REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc
			Pag. 29 di 31

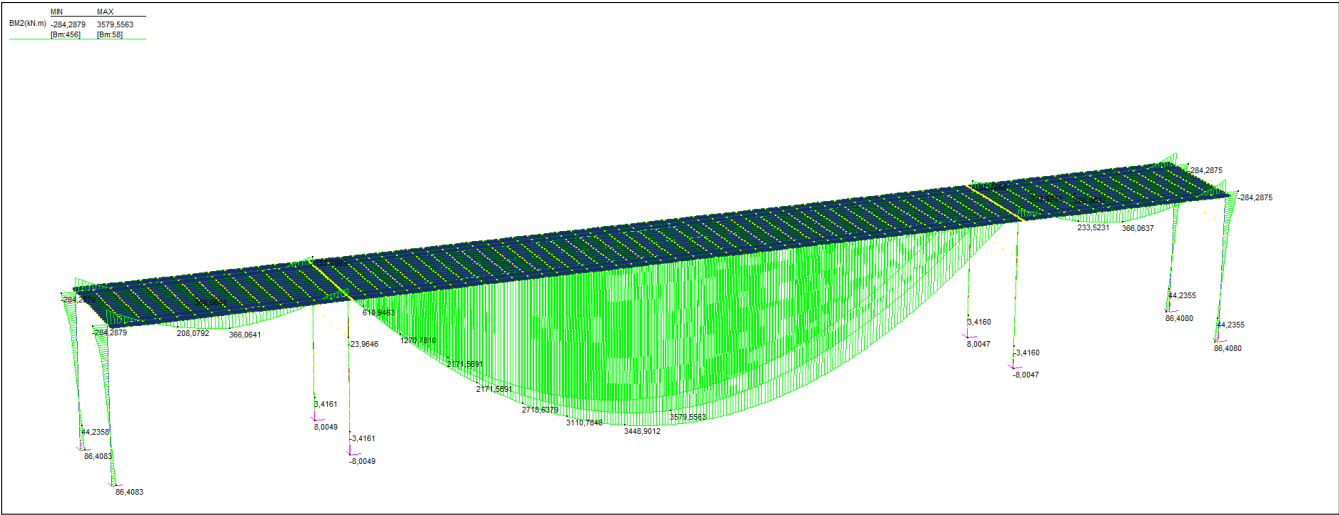
La Circolare del 1952 definiva anche una condizione eccezionale assimilata a un carico militare isolato SCHEMA III (figura sotto) affiancato a uno o più treni di autocarri da 12 t come sopra indicati e folla compatta sui marciapiedi.



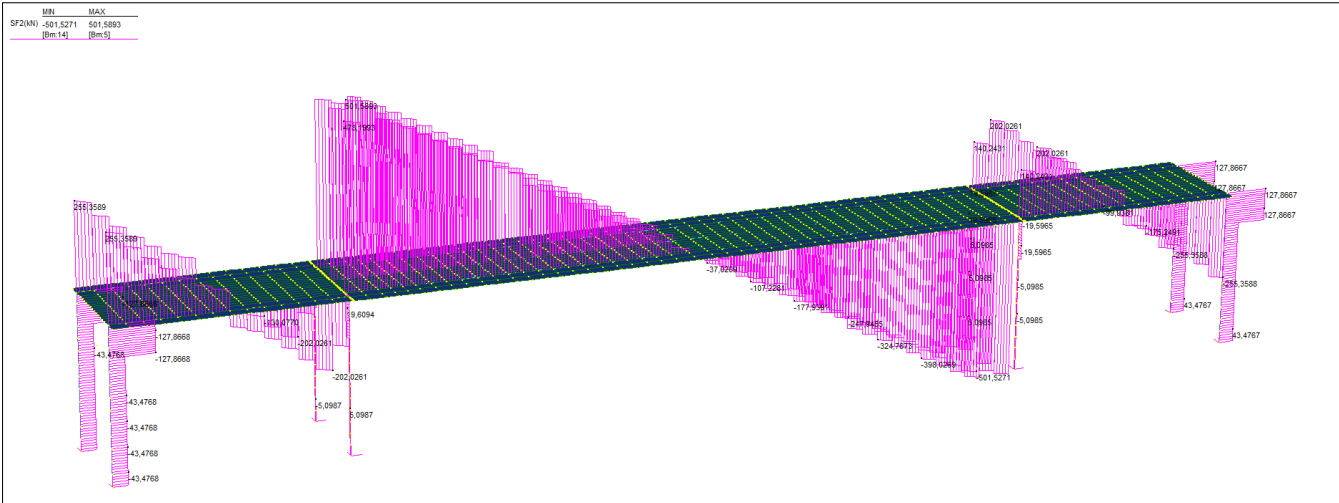
SCHEMA III di carico previsto dalla Circolare n°820 del 15/03/1952

Il cavalcavia in questione verosimilmente è nato come ponte di tipo 2, verificato con treno indefinito di Schema II senza ulteriori carichi vista la larghezza contenuta e l'assenza dei marciapiedi.

In queste condizioni le sollecitazioni ricavate dal modello sono le seguenti:



Massime sollecitazioni flessionali sulle travi dei portali e dell'impalcato con carichi da Circolare del 1952 (Combinazione SLU_CIRC)



Massime sollecitazioni di taglio sulle travi dei portali e dell'impalcato con carichi da Circolare del 1952 (Combinazione SLU_CIRC)

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"				
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291		0	Gennaio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO	FILE: Rel_tecnica.doc		Pag. 30 di 31

Nella tabella a seguire sono riassunte le sollecitazioni nelle varie simulazioni effettuate.

SIMULAZIONE	MASSIME SOLLECITAZIONI SULLE TRAVI PRINCIPALI DEI PORTALI		MASSIME SOLLECITAZIONI SULLE TRAVI PRINCIPALI DELL'IMPALCATO	
	Mmax	Tmax	Mmax	Tmax
Passaggio mezzo da 20 ton	371 kNm	250 kN	2924 kNm	397 kN
Passaggio mezzo da 40 ton	523 kNm	326 kN	3485 kNm	483 kN
Passaggio carico da Circolare del '52	366 kNm	255 kN	3580 kNm	501 kN

Come si vede le sollecitazioni indotte dai carichi della Circolare del 1952 risultano in linea con le sollecitazioni indotte dal passaggio del mezzo da 40 ton sulle travi di impalcato, mentre per quanto riguarda le strutture dei portali di avvicinamento, le sollecitazioni riferite alla Circolare risultano essere allineate con le sollecitazioni del mezzo da 20 ton.

NEOEN RENEWABLES ITALIA SRL REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE PARI A 24,99 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA ESISTENTE RICADENTI NEI COMUNI DI BENTIVOGLIO (BO) E MALALBERGO (BO), DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) IN LOCALITA' "LA CASELLA"			
AUTOSTRADA A13 BOLOGNA - PADOVA Verifica di transitabilità cavalcavia "della Castellina" – prog. 19+291	0	Gennaio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
	RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO		FILE: Rel_tecnica.doc Pag. 31 di 31

10. CONCLUSIONI

Nell'ambito dei lavori di realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico della potenza nominale pari a 24,98496 MWp e relative opere di connessione alla rete elettrica esistente ricadenti nei comuni di Bentivoglio (BO) e Malalbergo (BO), da realizzarsi nel comune di Bentivoglio (BO) in località "La Casella", si rende necessario transitare con diversi convogli sulla strada comunale "via Castellina".

La viabilità interseca l'Autostrada A13 Bologna-Padova al Km. 19+291 con un cavalcavia avente piano viabile largo 4 metri più due cordoli laterali di larghezza 50 cm, costituito da 2 strutture a portale di avvicinamento e da un impalcato centrale avente luce tra gli appoggi pari a 27 m.

Sul cavalcavia, realizzato negli anni '60, esiste una limitazione al transito di carichi non superiori alle 12 ton.

Il comune di Bentivoglio ha già rilasciato una deroga al transito fino a 20 ton per alcuni mezzi agricoli.

Nel documento è stato verificato che, sia il transito di un mezzo con carico massimo 20 ton, sia l'eventuale transito in via del tutto eccezionale di un mezzo con carico massimo di 40 ton, non determinano sollecitazioni superiori alla resistenza delle strutture.

Inoltre, tra i documenti messi a disposizione dalla Società Autostrade, vi è la Relazione di collaudo che riporta i risultati di una prova di carico effettuata nel maggio del 1966.

Come si legge nella relazione, per la prova di carico sono stati impiegati 4 autocarri da 21,11 ton di media, distribuiti lungo lo sviluppo del cavalcavia.

Alla luce dei risultati ottenuti si ritiene che l'attuale deroga alle 20 ton per il passaggio di mezzi agricoli possa essere estesa a 30 ton per il passaggio dei mezzi di cantiere, mentre per le 40 ton è preferibile effettuare una prova di carico a conferma delle valutazioni svolte.

Savona, 30/01/2025

Il tecnico
Ing. Goso Marco

