

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRAR:

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO

Cavalcaferrovia Strada Interporto Rivalta Scrivia Alla Pk49+226

Relazione di calcolo tombino scatolare

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing.P.P.Marcheselli		

COMMESSA

A 3 0 1

LOTTO

0 X

FASE

D

ENTE

C V

TIPO DOC.

C L

OPERA/DISCIPLINA

I V 1 5 0 0

PROGR.

0 0 3

REV.

A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	K. Germanii 	08/01/2019	A. Nastasi 	08/01/2019	A. Mancarella 	08/01/2019	 Consorzio Colture e Servizi Agricoli Valico Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elab.:

File: A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC</p> <p>Relazione di calcolo</p> <p>Foglio 2 di 126</p>

1.	PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE	7
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
2.1.	Leggi ed Ordinanze	8
2.2.	Decreti	8
2.3.	Circolari	8
2.4.	Normativa per la progettazione di viadotti ed opere di scavalco ferroviarie	8
2.5.	Eurocodici	8
2.6.	Norme UNI	9
3.	UNITA' DI MISURA	10
4.	MATERIALI	10
4.1.	Calcestruzzi	10
4.1.1.	Calcestruzzo per sottofondazioni	10
4.1.2.	Calcestruzzo per pali di fondazione	11
4.2.	Acciai	11
4.2.1.	Acciaio per barre di armatura lenta	11
4.3.	Calcolo dei copriferri minimi	12
5.	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA	13
5.1.	Identificazione della località e dei parametri sismici generali	13
5.2.	Definizione della strategia progettuale	14
5.3.	Parametri di calcolo	17
5.3.1.	Parametri numerici sismici	17
5.3.2.	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	17
5.3.3.	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	17
5.3.4.	Fattori di struttura	18
5.4.	Definizione dello spettro di progetto elastico per lo SLV	19
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	21
7.	ANALISI DEI CARICHI	22

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio</p> <p>3 di 126</p>

7.1.	Sintesi delle dimensioni dello scatolare di calcolo.....	22
7.2.	Carichi permanenti strutturali	22
7.2.1.	Peso proprio delle strutture in cemento armato (g1)	22
7.3.	Carichi permanenti non strutturali	22
7.3.1.	Peso proprio della pavimentazione stradale (g2)	22
7.3.2.	Peso del terreno di ricoprimento sulla soletta superiore (g3)	24
7.3.3.	Spinta orizzontale dei terreni a tergo delle pareti verticali (g4, g5).....	25
7.3.4.	Spinta laterale dovuta ai sovraccarichi permanenti (g6, g7).....	27
7.4.	Carichi accidentali.....	28
7.4.1.	Carichi accidentali da traffico agenti sulla soletta di copertura (q1a, q2a)	28
7.4.2.	Spinta laterale dovuta ai sovraccarichi accidentali.....	33
7.4.3.	Carichi accidentali agenti in fondazione (q3).....	36
7.4.4.	Azione della frenatura (q4).....	37
7.5.	Deformazioni impresse – effetti reologici	39
7.5.1.	Ritiro della copertura	39
7.5.2.	Azione termica longitudinale (q5).....	40
7.5.3.	Azione termica differenziale (q6).....	40
7.6.	Azione sismica	41
7.6.1.	Azione inerziale delle masse (s2)	41
7.6.2.	Sovraspinta dinamica dei terreni (s1).....	42
8.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	43
8.1.	Definizione dei carichi elementari e dei coefficienti di partecipazione	43
8.2.	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni quasi-permanenti.....	50
8.3.	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni frequenti.	51
8.4.	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni caratteristiche	55
8.5.	Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo statiche	66
8.6.	Combinazione di carico sismiche.....	79
9.	MODELLO DI CALCOLO	80

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 4 di 126

9.1.	Descrizione del modello di calcolo	80
9.2.	Identificazione degli elementi e dei nodi del modello di calcolo	82
10.	APPLICAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI	83
10.1.	Carichi permanenti dovuti al peso della pavimentazione stradale (g ₂)	83
10.2.	Carichi permanenti dovuti al peso del terreno di ricoprimento (g ₃)	83
10.3.	Spinta del terreno sul ritto sinistro (g _{4,1})	84
10.4.	Spinta del terreno sul ritto destro (g _{5,1})	84
10.5.	Spinta del sovraccarico permanente sul ritto sinistro (g _{6,1})	85
10.6.	Spinta del sovraccarico permanente sul ritto destro (g _{7,1})	85
10.7.	Azione del ritiro sulla soletta superiore (e ₁)	86
10.8.	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 1 (q _{1a,1})	86
10.9.	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 2 (q _{1a,2})	87
10.10.	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 3 (q _{1a,3})	87
10.11.	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 4 (q _{1a,4})	88
10.12.	Carico accidentale da traffico distribuito (q _{2a})	88
10.13.	Spinta del sovraccarico accidentale da traffico concentrato diffuso sul ritto sinistro (q _{1b,1,1})	89
10.14.	Spinta del sovraccarico accidentale da traffico concentrato diffuso sul ritto destro (q _{1b,2,1})	89
1.1	Spinta del sovraccarico accidentale da traffico distribuito sul ritto sinistro (q _{2b,1,1})	90
10.15.	Spinta del sovraccarico accidentale da traffico distribuito sul ritto destro (q _{2b,2,1})	90
10.16.	Carico accidentale da traffico sulla soletta inferiore (q ₃)	92
10.17.	Azione orizzontale della frenatura sulla soletta superiore (q ₄)	92
10.18.	Azione termica longitudinale sulla soletta superiore (q ₅)	93
10.19.	Azione termica differenziale (q ₆)	93
10.20.	Sovraspinta dinamica del terreno sul ritto sinistro (s ₁)	94
10.21.	Azione inerziale orizzontale della soletta superiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s _{2a})	94

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 5 di 126

10.22.	Azione inerziale orizzontale della soletta inferiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2b})	95
10.23.	Azione inerziale orizzontale del ritto sinistro (s_{2c}).....	95
10.24.	Azione inerziale orizzontale del ritto destro (s_{2d}).....	96
11.	VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI.....	97
11.1.	Combinazioni SLE – Quasi Permanenti.....	97
11.2.	Combinazioni SLE – Frequenti	99
11.3.	Combinazioni SLE – Caratteristiche	100
11.4.	Combinazioni SLU	102
12.	ARMATURA DEL TOMBINO.....	104
13.	VERIFICHE STRUTTURALI CANNA TOMBINO	105
13.1.	Verifiche soletta superiore.....	105
13.1.1.	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo.....	105
13.1.2.	Sezione ed armatura di verifica.....	106
13.1.3.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente	106
13.1.4.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente 107	
13.1.5.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica.....	108
13.1.6.	Verifica allo Stato Limite di Fessurazione	109
13.1.7.	Verifica allo Stato Limite di Fessurazione- Combinazione quasi permanente	110
13.1.8.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	111
13.1.9.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....	112
13.2.	Verifiche dei ritti	112
13.2.1.	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo.....	113
13.2.2.	Sezione ed armatura di verifica.....	114
13.2.3.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente	114
13.2.4.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente 115	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 6 di 126

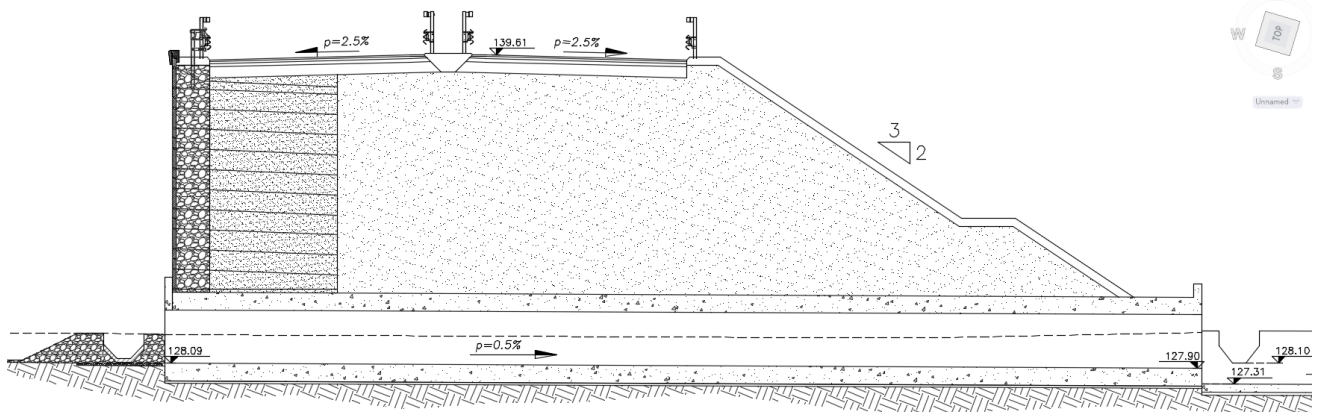
13.2.5.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica.....	116
13.2.6.	Verifica allo Stato Limite di Fessurazione	117
13.2.7.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	118
13.2.8.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....	119
13.3.	Verifiche soletta inferiore.....	120
13.3.1.	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo.....	120
13.3.2.	Sezione ed armatura di verifica.....	121
13.3.3.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente	121
13.3.4.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente 122	
13.3.5.	Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica.....	123
13.3.6.	Verifica allo Stato Limite di Fessurazione	124
13.3.7.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	125
13.3.8.	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio.....	126

1. PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE

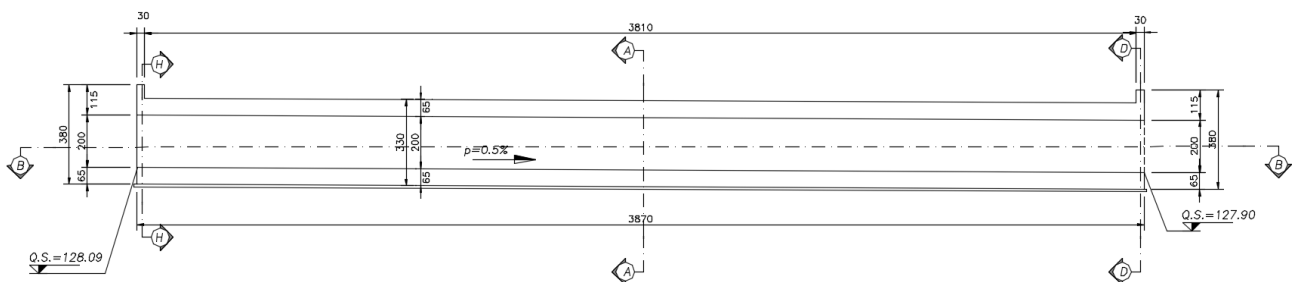
La presente relazione di calcolo riporta la descrizione, il dimensionamento e le verifiche strutturali e geotecniche del tombino scatolare nell'ambito del progetto definitivo "Infrastrutture ferroviarie strategiche definite dalla Legge Obiettivo n.443/01 – Tratta A.V./A.C. Terzo Valico dei Giovi".

L'opera in esame è un tombino scatolare di attraversamento su strada principale, gettato in opera, di dimensioni 3,00 x 2,00m. Lo spessore della soletta superiore ed inferiore è pari a 0,65 cm, mentre i piedritti hanno uno spessore pari a 0,55m.

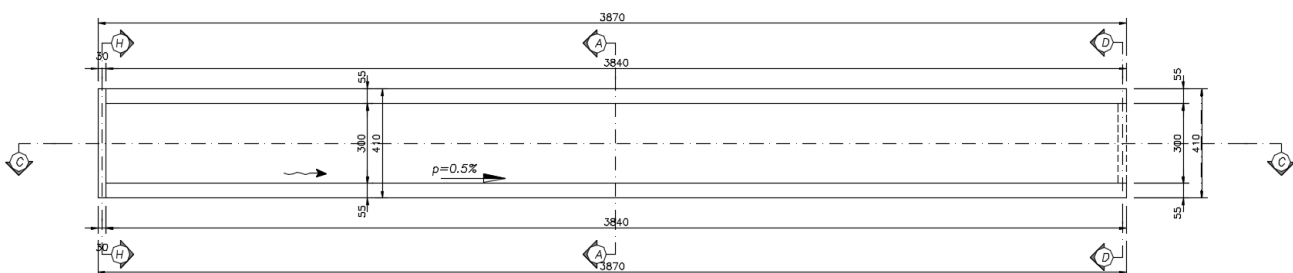
Si riportano nelle figure seguenti le caratteristiche dell'opera.



SEZIONE LONGITUDINALE



PIANTA



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 8 di 126

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati eseguiti nel rispetto della seguente normativa italiana:

2.1. Leggi ed Ordinanze

- L. 05.11.1971, n. 1086, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- L. 02.02.1974, n. 64, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

2.2. Decreti

- D.M. 17.01.2018, “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.M. 14.01.2008, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.M. 05.11.2001, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.

2.3. Circolari

- Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP., “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008”.
- Circ. Min. LL.PP. 04.05.1990, n. 34233., “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”.

2.4. Normativa per la progettazione di viadotti ed opere di scavalco ferroviarie

- Istruzione n° I/SC/PS-OM/2298 “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione e il collaudo del 2 giugno 1995.”, completo delle relative integrazioni, emanata dall’ASA SERVIZI DI INGEGNERIA delle FS il 13.1.1997.
- Istruzione 44a “Criteri per la compilazione e l’esame dei progetti di cavalcavia sulla sede ferroviaria del 5/10/92”.
- Istruzione 44b “Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica”. Testo aggiornato della istruzione 44b del 14/11/96 approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP.
- Prescrizioni tecniche Italferr

2.5. Eurocodici

- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1 – Parte 2), “Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti”.
- UNI EN 1992-1 (Eurocodice 2 – Parte 1), “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2 – Parte 2), “Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Ponti”.
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8 – Parte 2), “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti”.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio 9 di 126</p>

2.6. Norme UNI

- UNI EN 206-1:2006, “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità”.
- UNI 11104:2016, “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 10 di 126

3. UNITA' DI MISURA

Nei calcoli si farà uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: kN/m^2 , kN/m , kN
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm^2
- per le accelerazioni: m/sec^2

4. MATERIALI

4.1. Calcestruzzi

4.1.1. Calcestruzzo per sottofondazioni

Per la realizzazione degli strati di sottofondazione delle spalle è stato previsto l'utilizzo di un calcestruzzo di classe di resistenza **C12/15** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo	C12/15 ▼		
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15,00	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12,45	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	f_{cm}	20,45	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	7,06	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	1,61	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	1,13	$[\text{N/mm}^2]$
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	0,75	$[\text{N/mm}^2]$
Modulo elastico istantaneo	E_c	22.076,01	$[\text{N/mm}^2]$
Modulo elastico medio	E_{cm}	25.978,94	$[\text{N/mm}^2]$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 11 di 126

4.1.2. Calcestruzzo per pali di fondazione

Per le opere interrate e contro terra è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C32/40** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI - D.M. 17.01.2018			
Classe di resistenza del calcestruzzo		C32/40	▼
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33,20	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	f_{cm}	41,20	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	3,10	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	2,17	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	E_c	36.049,97	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	E_{cm}	32.811,24	[N/mm ²]

- Classe di esposizione → **XC2** (Norme UNI 11104:2016)
- Classe di resistenza minima → **C25/30** (Norme UNI 11104:2016)
- Massimo rapporto acqua/cemento → **0,60** (Norme UNI 11104:2016)
- Minimo contenuto in cemento → **300,00 kg/m³** (Norme UNI 11104:2016)
- Copriferro netto minimo → **c = 60 mm**

A favore di sicurezza nelle verifiche strutturali è utilizzato un calcestruzzo di classe **C25/30**.

4.2. Acciai

4.2.1. Acciaio per barre di armatura lenta


Per le barre di armatura lenta degli elementi in cemento armato è stato previsto l'utilizzo di un acciaio tipo **B450C** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Tipologia di acciaio → **B450C**
- Tensione caratteristica di rottura → $f_{tk} = 540,00 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento → $f_{yk} = 450,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo → $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico → $E_s = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 12 di 126

4.3. Calcolo dei copriferri minimi

Ai sensi delle prescrizioni di cui alla normativa vigente e con riferimento alla procedura di calcolo prevista dalla Circolare Applicativa (riferita alla normativa del 2008 ma a tutt'oggi valida) si riporta di seguito il calcolo del copriferro minimo inteso come ricoprimento delle barre:

	CODICE FILE	MAT-02	
	OGGETTO:	CALCOLO COPRIFERRO	
Definizione delle condizioni ambientali (TABELLA 4.1.IV - Descrizione delle condizioni ambientali)			
Condizioni ambientali	Classe di esposizione	Classe di esposizione di progetto	
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1	XC4	
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3	Condizioni ambientali di progetto	
Molto Aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	Aggressivo	
Definizione della classi di resistenza rispetto alla Tabelle C4.1.IV			
Classe minima Cmin	Classe di resistenza del calcestruzzo	Classe di resistenza del calcestruzzo	
C28/35	Barre da c.a. altri elementi	C35/45	
Classe C0	Vita Nominale dell'opera	Produzioni sottoposte a controllo qualità	
C45/55	50 Anni	SI	
Determinazione del copriferro minimo (Tab. C4.1.IV)			
Copriferro minimo ai sensi della tabella e delle precisazioni di cui al capitolo C4.1.6.1.3 della Circolare Applicativa		30	mm
Tolleranza costruttiva		5	mm
COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO		35	mm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 13 di 126

5. ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1. Identificazione della località e dei parametri sismici generali

Il viadotto oggetto della presente relazione è situato all'interno del territorio del Comune di Tortona (AL).



Il sito è definito dalle seguenti coordinate geografiche:

- Longitudine: **8,8173475**
- Latitudine: **44,8699532**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 14 di 126

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:
 LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche


Grafici spettri di risposta ▶▶

Variabilità dei parametri ▶▶

Elaborazioni

Tabella parametri ▶▶

Reticolo di riferimento



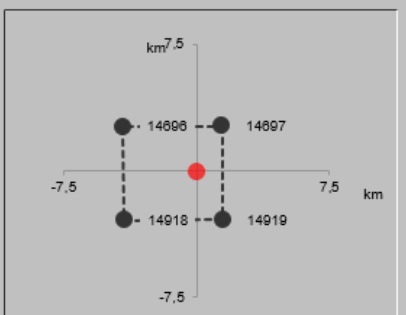
Controllo sul reticolo

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

Interpolazione

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

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

5.2. Definizione della strategia progettuale

In riferimento al D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", le opere sono progettate (in funzione dell'importanza strategica dell'infrastruttura) secondo i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera: **100 anni**

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 15 di 126

- Classe d'uso dell'opera: **IV**

2.4.2 CLASSI D'USO

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 così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- Coefficiente di utilizzo dell'opera: **2,00**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- Vita di riferimento dell'opera: **200 anni**

2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

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 :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Qui di seguito si riporta la sintesi delle scelte progettuali adottati con i tempi di ritorno dell'azione sismica identificati in funzione del singolo stato limite.

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	<input type="text" value="100"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	<input type="text" value="2"/>	info

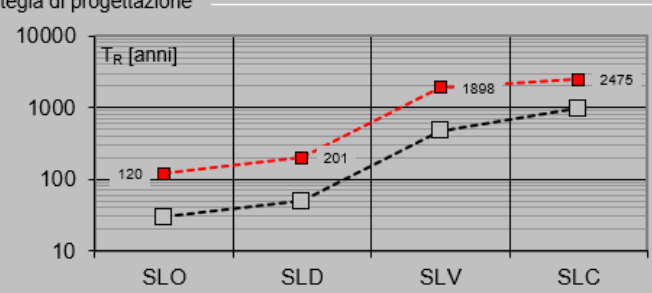
Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="200"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



Stato Limite	Strategia scelta (T_R [anni])	Strategia per costruzioni ordinarie (T_R [anni])
SLO	120	30
SLD	201	50
SLV	1898	500
SLC	2475	1000

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO	FASE 1	FASE 2	FASE 3
-------	--------	--------	--------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 17 di 126

5.3. Parametri di calcolo

5.3.1. Parametri numerici sismici

Sono stati definiti e utilizzati nei calcoli 3 differenti spettri di risposta di progetto:

- Spettro di progetto elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la valutazione delle azioni sismiche dovute alla massa delle strutture, del terreno e dei sovraccarichi direttamente gravanti su di esse.

Nella tabella successiva sono riportati i parametri numerici sismici per i periodi di ritorno associati ai diversi Stati Limite:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0,044	2,487	0,249
SLD	201	0,056	2,484	0,261
SLV	1898	0,141	2,455	0,279
SLC	2475	0,155	2,459	0,281

5.3.2. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica

Il terreno di fondazione è classificato sismicamente come di **categoria B**.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

5.3.3. Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 18 di 126

Considerando che il territorio si presenta essenzialmente pianeggiante e privo di significati salti di quota la categoria topografica del sito è stata assunta pari a **categoria T₁**.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

5.3.4. Fattori di struttura

A favore di sicurezza il calcolo e le verifiche sono stati effettuati in campo elastico.

Il fattore di struttura è stato pertanto posto pari a **q = 1,00**.

Lo spettro di progetto adottato sarà pertanto identico allo spettro elastico.

5.4. Definizione dello spettro di progetto elastico per lo SLV

Nell'immagine successiva è riportata la determinazione dei parametri dello spettro di risposta elastico valutato per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info $S_S =$ $C_C =$ info

Categoria topografica **T1** info $h/H =$ $S_T =$ info

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta =$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_o Regol. in altezza **sì** info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta =$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta →

Parametri e punti spettri di risposta →

$S_{d,0}$ [g]

$S_{d,1}$ [g]

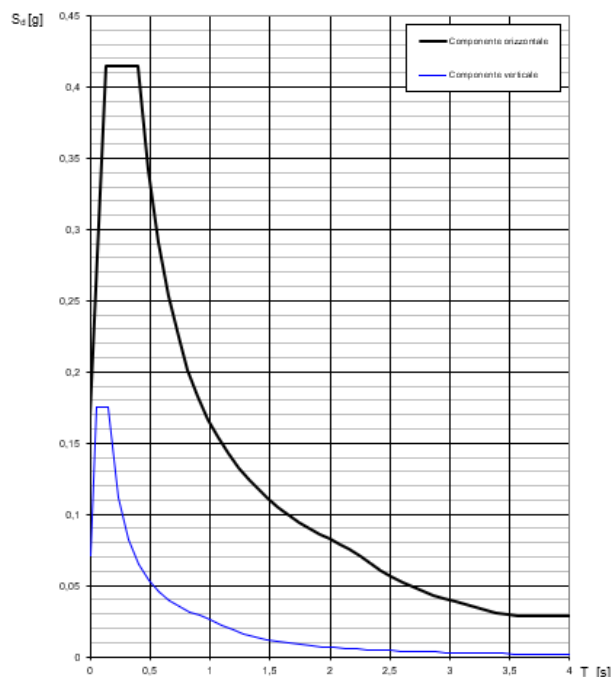
S_e [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



Nella tabella successiva sono riportati analiticamente i parametri sismici ed i valori delle accelerazioni normalizzate in funzione del periodo di vibrazione:

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,141 g
F_0	2,455
T_C	0,279 s
S_S	1,200
C_C	1,419
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,132 s
T_C	0,397 s
T_D	2,163 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,169
$T_B \leftarrow$	0,132	0,415
$T_C \leftarrow$	0,397	0,415
	0,481	0,342
	0,565	0,291
	0,649	0,254
	0,733	0,224
	0,817	0,201
	0,901	0,183
	0,986	0,167
	1,070	0,154
	1,154	0,143
	1,238	0,133
	1,322	0,124
	1,406	0,117
	1,490	0,110
	1,574	0,105
	1,659	0,099
	1,743	0,094
	1,827	0,090
	1,911	0,086
	1,995	0,082
	2,079	0,079
$T_D \leftarrow$	2,163	0,076
	2,251	0,070
	2,338	0,065
	2,426	0,061
	2,513	0,056
	2,601	0,053
	2,688	0,049
	2,776	0,046
	2,863	0,043
	2,951	0,041
	3,038	0,039
	3,125	0,036
	3,213	0,034
	3,300	0,033
	3,388	0,031
	3,475	0,029
	3,563	0,028
	3,650	0,028
	3,738	0,028
	3,825	0,028
	3,913	0,028
	4,000	0,028

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 21 di 126

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Ai sensi della relazione geotecnica il terreno di fondazione è schematizzato dalle seguenti unità litotecniche:

Stratigrafia di calcolo	Da [m] (da p.c.)	A [m] (da p.c.)	Tipo di terreno
LS	p.c.	2.0	Limo sabbioso
GS	2.0	10.0	Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa
GA	10.0	16.0	Ghiaia medio grossa in matrice argillosa
GS/GA	16	in poi	Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa/argillosa

Le unità litologiche descritte in precedenza sono caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici:

Terreno	Sigla	γ (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)
Rilevato	R	20	0.0	35
Limo Sabbioso	LS	18	0.0	28
Ghiaia sabbiosa	GS	20	0.0	38
Ghiaia Argillosa	GA	20	0.0	34
Ghiaia sabbiosa argillosa	GS/GL	20	0.0	37

Dai dati piezometrici disponibili si rinviene la presenza della falda a circa **-6,00 m** da p.c. per cui non è interferente con le opere in oggetto.

Il terreno spingente è costituito da materiale idoneo per la costruzione del rilevato, caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 35,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

A favore di sicurezza i calcoli e le verifiche sono stati effettuati considerando il terreno di fondazione di tipo **LS**:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 28,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 22 di 126

7. ANALISI DEI CARICHI

7.1. Sintesi delle dimensioni dello scatolare di calcolo

Qui di seguito si riporta la sintesi delle dimensioni degli elementi dello scatolare e del relativo modello.

DIMENSIONI ELEMENTARI DELLO SCATOLARE	CARATTERISTICHE			
Spessore soletta superiore	sp soletta sup. =	25,00	[cm]	
Altezza piedritti	h piedritti =	200,00	[cm]	
Spessore piedritti	sp piedritti =	25,00	[cm]	
Spessore soletta inferiore	sp soletta inf. =	25,00	[cm]	
Luce interna dello scatolare	Luce interna =	200,00	[cm]	
DIMENSIONI BEAM		CARATTERISTICHE		
Altezza beam piedritti	h beam piedritti =	225,00	[cm]	
Larghezza beam soletta	L beam solette =	225,00	[cm]	

7.2. Carichi permanenti strutturali

7.2.1. Peso proprio delle strutture in cemento armato (g1)

Il peso per unità di volume delle strutture in cemento armato è assunto pari a $\gamma_{ca} = 25,0 \text{ kN/m}^3$.

Il peso proprio degli elementi strutturali è assegnato automaticamente dal software di calcolo agli elementi finiti sulla base delle caratteristiche geometriche e delle caratteristiche dei materiali assegnate ai singoli elementi (beam e/o shell).

Tale carico nel modello è definitivo come "g1"

7.3. Carichi permanenti non strutturali

7.3.1. Peso proprio della pavimentazione stradale (g2)

Il peso per unità di volume della pavimentazione stradale è assunto, a favore di sicurezza, pari a $\gamma_{pav} = 24,0 \text{ kN/m}^3$.

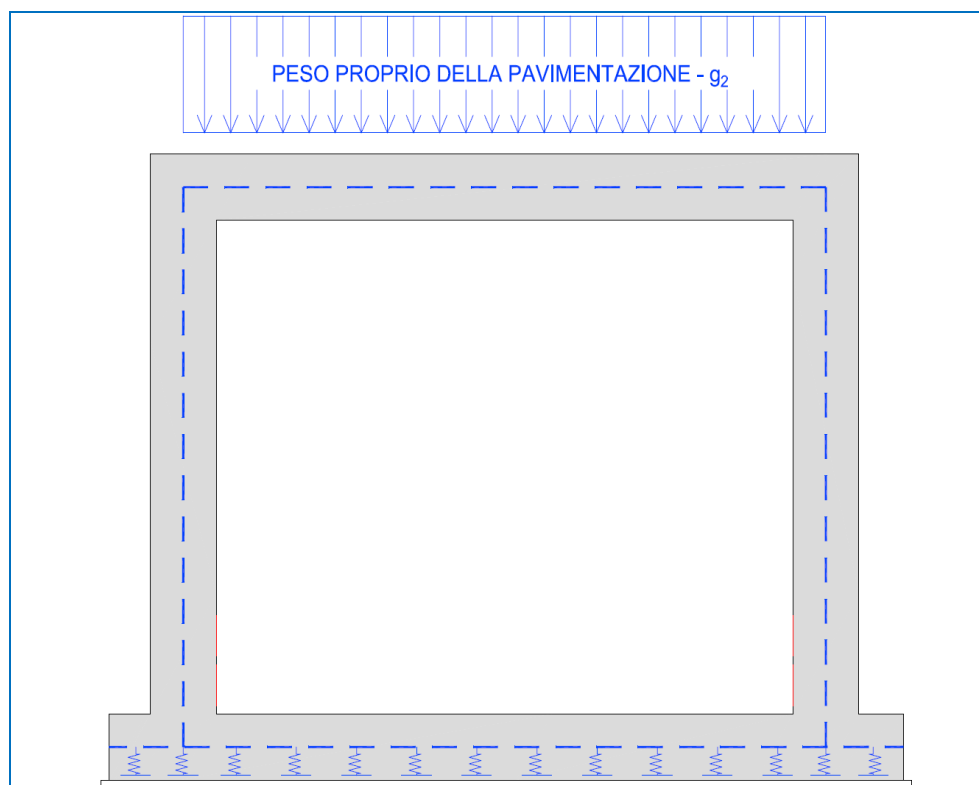
Tale peso per unità di volume è associato a tutti gli strati legati del pacchetto e quindi all'usura al binder e alla base, mentre per quel che attiene il misto cementato e il misto granulare di fondazione questo è stato assimilato (anche nei calcoli della diffusione del carico accidentale con angolo pari a 30°) al terreno da rilevato (associando quindi a questo elemento un peso per unità di volume pari a 20 kN/m^3).

Lo spessore medio complessivo di tali strati pavimentati è assunto pari a **26 cm**. In ogni caso il valore considerato nei calcoli è stato opportunamente e a favore di sicurezza incrementato per tenere conto di possibili future ricariche.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Peso per unità di superficie della pavimentazione (carico g2)	spessore =	26,00	[cm]	P _{pavimentazione reale} =	6,24	[kN/m ²]
Valore arrotondato effettivamente applicato al modello per tenere conto anche delle successive ricariche di bitume				P _{pavimentazione} =	8,00	[kN/m ²]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 23 di 126

Tale carico nel modello è definitivo come “g2”. Qui di seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico è applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



Si trascura il contributo relativo alla parte esterna dei piedritti (metà spessore) il quale indurrebbe esclusivamente un contributo di compressione sui ritti stessi del tutto influente nelle verifiche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 24 di 126

7.3.2. Peso del terreno di ricoprimento sulla soletta superiore (g3)

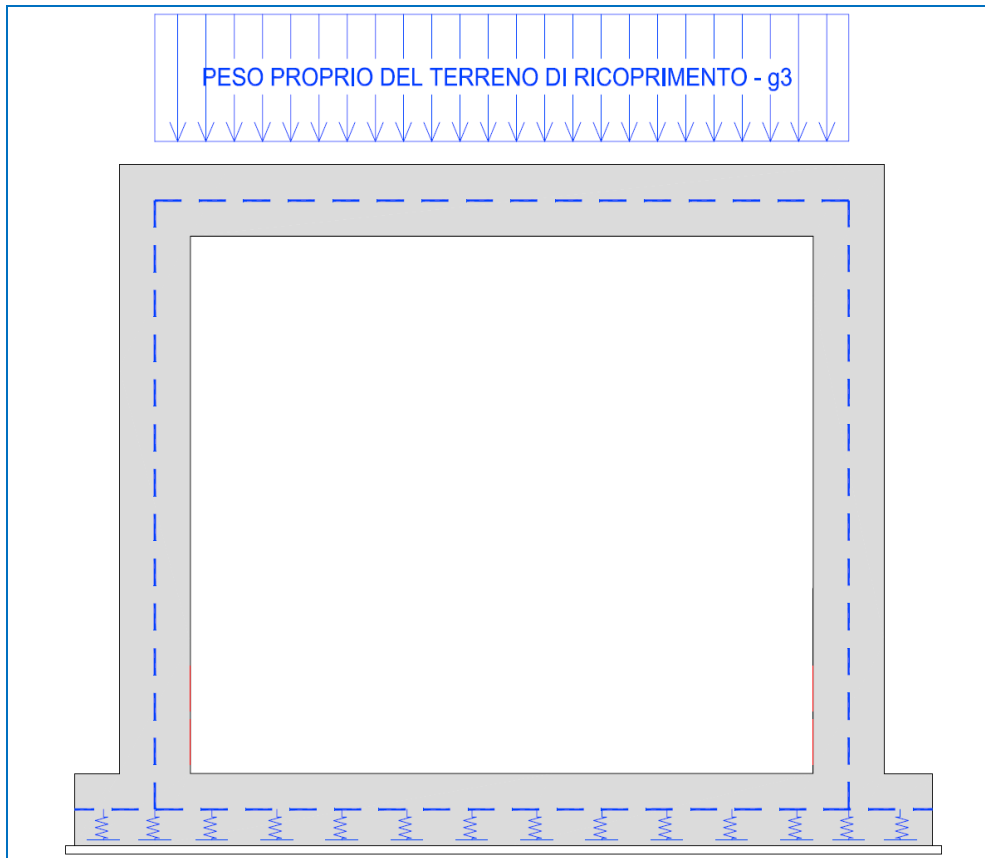
Il peso per unità di volume del terreno di ricoprimento, comprensivo degli eventuali strati di misto cementato e misto granulare della fondazione del pacchetto pavimentato, è assunto pari a $\gamma_{\text{terreno}} = 20,0 \text{ kN/m}^3$.

Lo spessore medio dello strato di ricoprimento risulta pari a **847 cm**. In ogni caso il valore considerato nei calcoli è stato opportunamente e a favore di sicurezza incrementato per tenere conto di possibili future ricariche, minime differenze tra il progettato e l'as-built e per tenere in conto l'incidenza dell'impermeabilizzazione e delle finiture superiore non espressamente analizzate.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Peso per unità di superficie del ricoprimento (carico g3)	spessore =	847,00	[cm]	Pricoprimento reale=	169,40	[kN/m ²]
Peso per unità di superficie del ricoprimento (carico g3)				Pricoprimento=	170,00	[kN/m ²]

Tale carico nel modello è definitivo come "g3"

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico è applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



Si trascura il contributo relativo alla parte esterna dei piedritti (metà spessore) il quale indurrebbe esclusivamente un contributo di compressione sui ritti stessi del tutto influente nelle verifiche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 25 di 126

7.3.3. Spinta orizzontale dei terreni a tergo delle pareti verticali (g4, g5)

La spinta del terreno sulle pareti laterali dell'opera è stata calcolata mediante la seguente relazione:

$$S_t = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k \cdot H^2$$

dove:

- γ è il peso per unità di volume del terreno
- k è il coefficiente di spinta del terreno
- H è l'altezza complessiva dello strato di terreno

Per la valutazione della spinta dei terreni sulle pareti verticali sono state considerate le due differenti condizioni di terreno:

- Condizioni di riposo

In tale condizione viene assunto per la determinazione della spinta il coefficiente di spinta a riposo k_0 , calcolato mediante la seguente relazione:

$$k_0 = 1 - \text{sen}(\varphi)$$

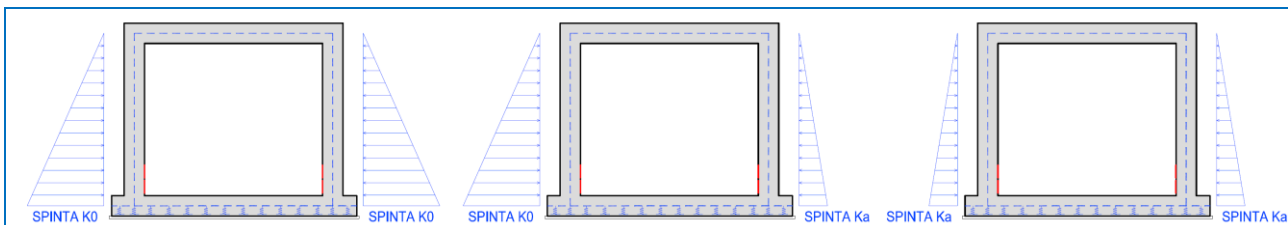
- Condizioni di stato limite attivo

In tale condizione viene assunto per la determinazione della spinta il coefficiente di spinta attiva k_a , calcolato mediante la seguente relazione:

$$k_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Verranno considerate tre differenti combinazioni di spinta:

1. Condizione di riposo del terreno su entrambe i lati del sottopasso (massimizzazione dei tagli sui ritti e dell'azione normale di compressione sulla soletta superiore)
2. Condizione di stato limite attivo su entrambe i lati del sottopasso (minimizzazione delle azioni di compressione sulla soletta superiore)
3. Condizione di riposo del terreno a sinistra del sottopasso e condizione di stato limite attivo del terreno a destra del sottopasso (sbaricentrimento delle spinte)



La spinta attiva è stata introdotta come load case nel software di calcolo partendo dal load pattern relativo alla spinta a riposo e moltiplicando quest'ultimo per un coefficiente riduttivo pari a:

$$n = k_a / k_0$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo		Foglio 26 di 126

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Angolo di attrito terreno	$\varphi =$	35,00	[°]			
Peso del terreno	$\gamma =$	20,00	[kN/mc]			
Coesione del terreno	$c' =$	0,00	[MPa]			
Coefficiente di spinta di riposo				$k_0 =$	0,426	[-----]
Coefficiente di spinta attiva				$k_a =$	0,271	[-----]
Rapporto tra i coefficienti				$n =$	0,636	[-----]

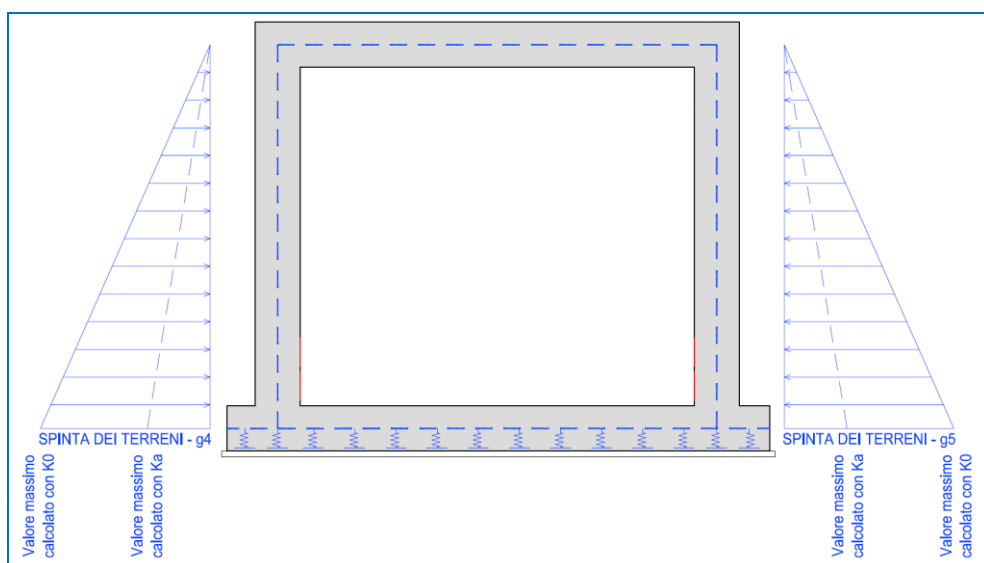
In particolare nel caso specifico i valori massimi del carico triangolare, riferiti ad ambedue le condizioni di carico, sono di seguito calcolate.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
H totale (H di modello)	$h_{\text{beam piedritti}} =$	2,65	[m]			
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_0	k_0	0,426	[-----]	$g_4 / g_5 (k_0) =$	22,58	[kN/mq]
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_a	k_a	0,271	[-----]	$g_4 / g_5 (k_a) =$	14,36	[kN/mq]

Si rappresenta che tale carico è calcolato con riferimento alle dimensioni di modello (elementi beam) trascurando il contributo del semi-spessore della soletta inferiore mentre quello della soletta superiore è stato tenuto in conto nel calcolo della sovra-spinta (vedi paragrafo seguente).

Tali carichi nel modello sono definiti come “g4” e “g5” a cui è sempre associato un ulteriore suffisso numerico per indicare la reciproca combinazione tra k_a e k_0 .

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carichi sono applicati alla struttura e quindi al modello di calcolo.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

7.3.4. Spinta laterale dovuta ai sovraccarichi permanenti (g6, g7)

La spinta dovuta ai sovraccarichi permanenti viene valutata mediante la seguente relazione:

$$S_{cp} = p \cdot k \cdot H$$

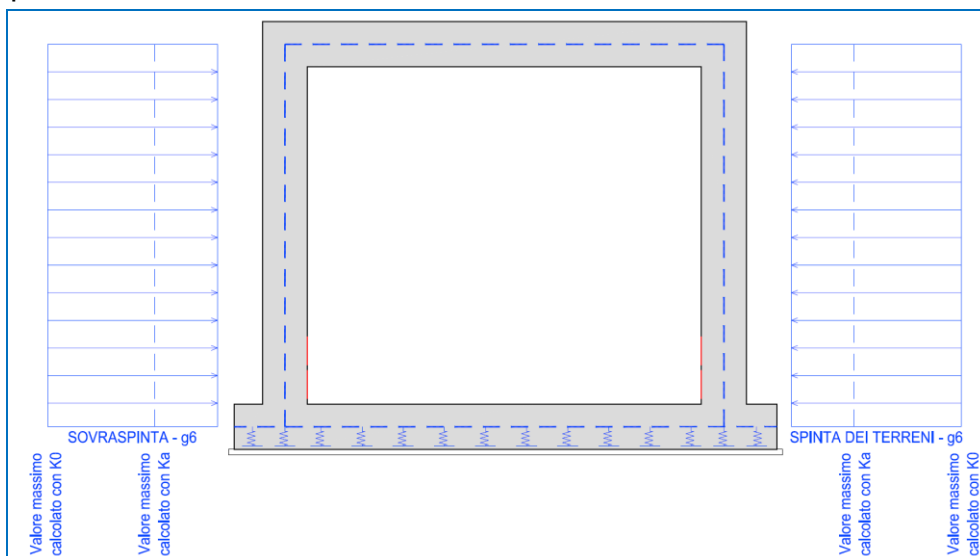
dove:

- p è l'entità del sovraccarico permanente agente (peso della pavimentazione e del terreno di ricoprimento) già definiti precedentemente nonché del rinterro agente per lo spessore di metà soletta superiore (per tenere in conto delle differenti dimensioni degli elementi beam rispetto alla realtà);
- k è il coefficiente di spinta del terreno definito al paragrafo precedente in funzione delle condizioni del terreno assunte.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Carico pavimentazione	SP pavimentazione =	0,26	[m]	Ppavimentazione =	8,00	[kN/m ²]
Carico rinterro	SP rinterro =	8,47	[m]	Pricoprimento =	170,00	[kN/m ²]
Carico rinterro su mezzo spessore soletta	SP soletta =	0,33	[m]	Pricoprimento sol =	6,50	[kN/m ²]
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k0	k0	0,426	[-----]	g6 / g7 (k0) =	78,60	[kN/mq]
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di ka	ka	0,271	[-----]	g6 / g7 (ka) =	49,98	[kN/mq]

Tali carichi nel modello sono definiti come “g6” e “g7” a cui è sempre associato un ulteriore suffisso numerico per indicare la reciproca combinazione tra ka e k0.

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carichi sono applicati alla struttura e quindi al modello di calcolo.



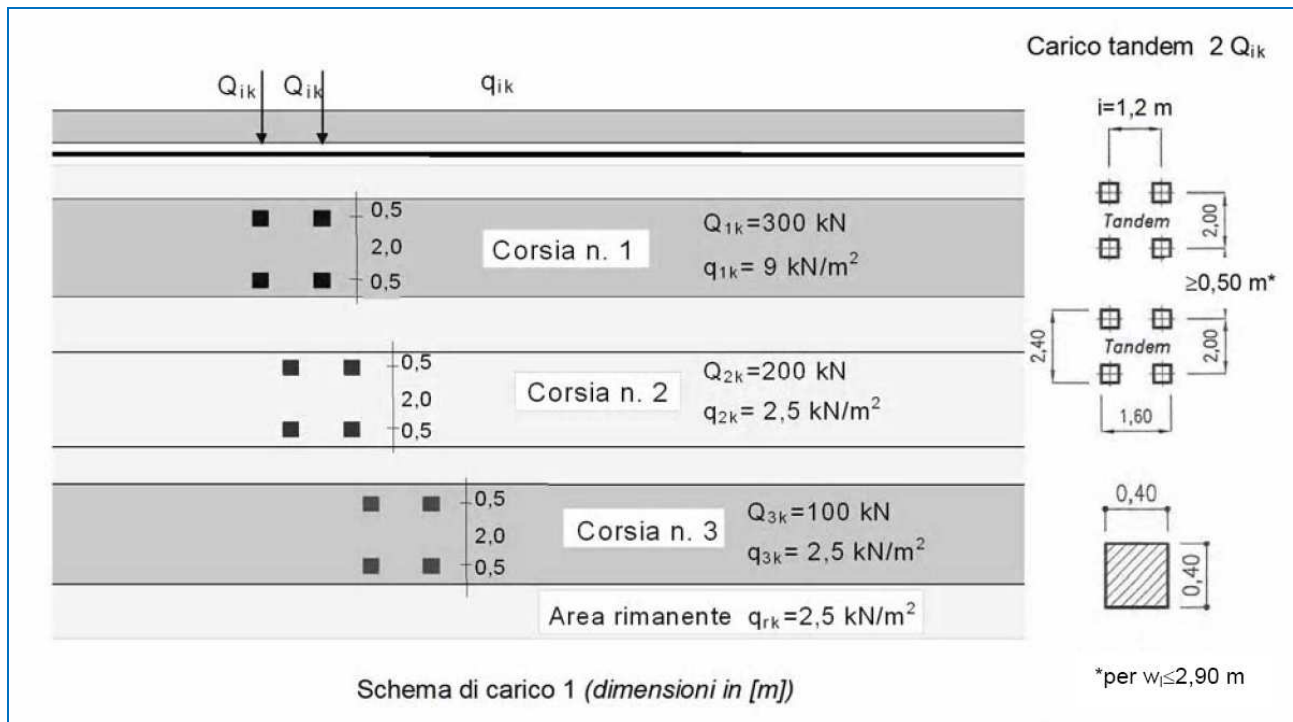
Ovviamente anche per questi carichi sono state considerate tre differenti combinazioni tra parete destra e sinistra con i coefficienti di spinta k0 e ka già definiti al punto precedente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 28 di 126

7.4. Carichi accidentali

7.4.1. Carichi accidentali da traffico agenti sulla soletta di copertura (q_{1a} , q_{2a})

Il carico accidentale da traffico agente sulla soletta di copertura è stato valutato secondo lo schema n.1 proposto dal D.M. 17.01.2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni al paragrafo 5.1.3.3.5 e riportato nell’immagine seguente:



Nei calcoli sono stato presi in esame i carichi relativi alla 1^a colonna di carico:

- $Q_{1a} = 2 \times 300$ kN disposti come nell’immagine precedente
- $q_{1a} = 9,00$ kN/m²

I carichi concentrati sono stati diffusi fino alla linea media della soletta superiore secondo i seguenti angoli:

- pavimentazione stradale: 45°
- terreno di ricoprimento: 30°
- soletta di copertura in cemento armato: 45°

Tale procedura risulta conforme a quanto previsto al capitolo 5.1.3.3.6 “Strutture secondarie di Impalcato” del D.M. 17/01/2018 Introducendo esclusivamente un angolo di diffusione ridotto, tipico di tutti i testi scientifici e comunque conforme a quanto previsto nella Circolare al capitolo C5.1.3.3.7.1, per il terreno interposto tra estradosso soletta e intradosso pavimentazione.

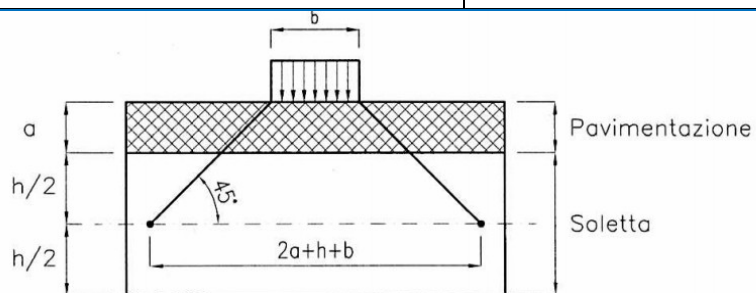


Figura 5.1.3a – Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

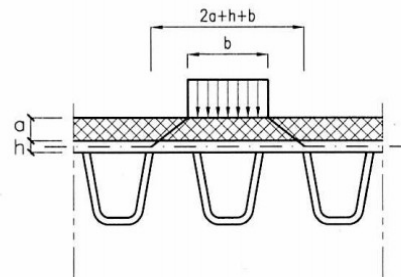
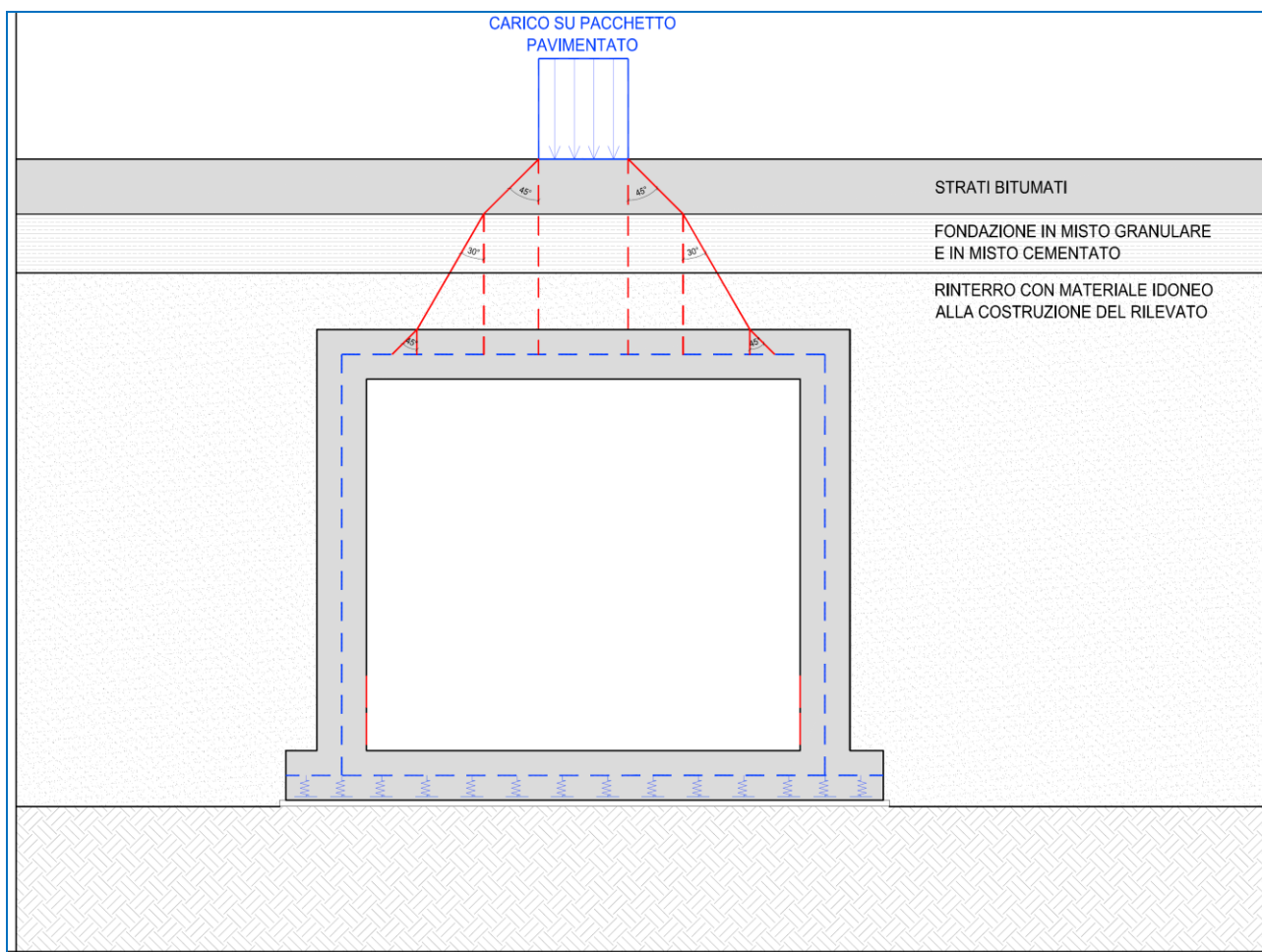


Figura 5.1.3b – Diffusione dei carichi concentrati negli impalcati a piastra ortotropa

Conseguentemente il carico risulta diffuso come segue.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 30 di 126

Conseguentemente considerando lo spessore medio della pavimentazione e lo spessore medio del ricoprimento già definiti ai capitoli precedenti si ottiene per i carichi concentrati da traffico schematizzati come agenti su un'unica area di impronta di dimensioni 160cmx240cm (comunque a favore di sicurezza rispetto a quanto previsto dalla Circolare al punto C5.1.3.3.7.1 laddove si prevede l'applicazione sui terrapieni di un carico uniformemente ripartito applicato ad una superficie pari a 300x220cm). L'impronta di 160x240cm è quella che unisce i punti esterni delle quattro impronte di carico.

VALUTAZIONE DELLA DIFFUSIONE DEI CARICHI MOBILI CONCENTRATI STRADALI			
Carico totale tandem (schema carico stradale stradale 01)	Q	600,00	[kN]
Dimensione dell'area di impronta in direzione parallela al traffico	a	1,60	[m]
Dimensione dell'area di impronta in direzione perpendicolare al traffico	b	2,40	[m]
Carico concentrato al bordo	<input type="checkbox"/> Carico concentrato al bordo		
Spessore della pavimentazione stradale (strati di nero escluso misto granulare e misto cementato)	h_1	0,26	[m]
Angolo di diffusione del carico attraverso la pavimentazione stradale	α_1	45,00	[°]
Spessore del terreno di ricoprimento (compreso misto granulare e misto cementato)	h_2	8,47	[m]
Angolo di diffusione del carico attraverso il terreno di ricoprimento	α_2	30,00	[°]
Spessore della soletta superiore	h_3	0,65	[m]
Angolo di diffusione attraverso la soletta superiore	α_3	45,00	[°]
AREA DI DIFFUSIONE DEL CARICO CONCENTRATO FINO ALLA LINEA MEDIA DELLA SOLETTA SUPERIORE			
Carico concentrato stradale Q diffuso fino alla linea media della soletta superiore		14,98	[kN/m ²]
Dimensione dell'area di diffusione in direzione parallela al traffico	$a_{diffuso}$	3,00	[m]
Dimensione dell'area di diffusione in direzione perpendicolare al traffico	$b_{diffuso}$	13,35	[m]

Si rappresenta che in senso trasversale la diffusione del carico è limitata a 3m a favore di sicurezza e al fine di non sottostimare il carico non essendo nella presente trattazione considerata la sovrapposizione con i carichi delle corsie convenzionali 2 e 3. La dimensione di 3m è pari a quella della corsia convenzionale

Il valore del carico per unità di superficie prodotto dalla diffusione del carico tandem totale Q_{1a} (come definito dalla tabella sopra riportata) è stato applicato alla soletta dello scatolare come meglio illustrato alla pagina seguente.

Tale carico è identificato nel modello di calcolo come $q_{1a,1} - q_{1a,2} - q_{1a,3} - q_{1a,4}$.

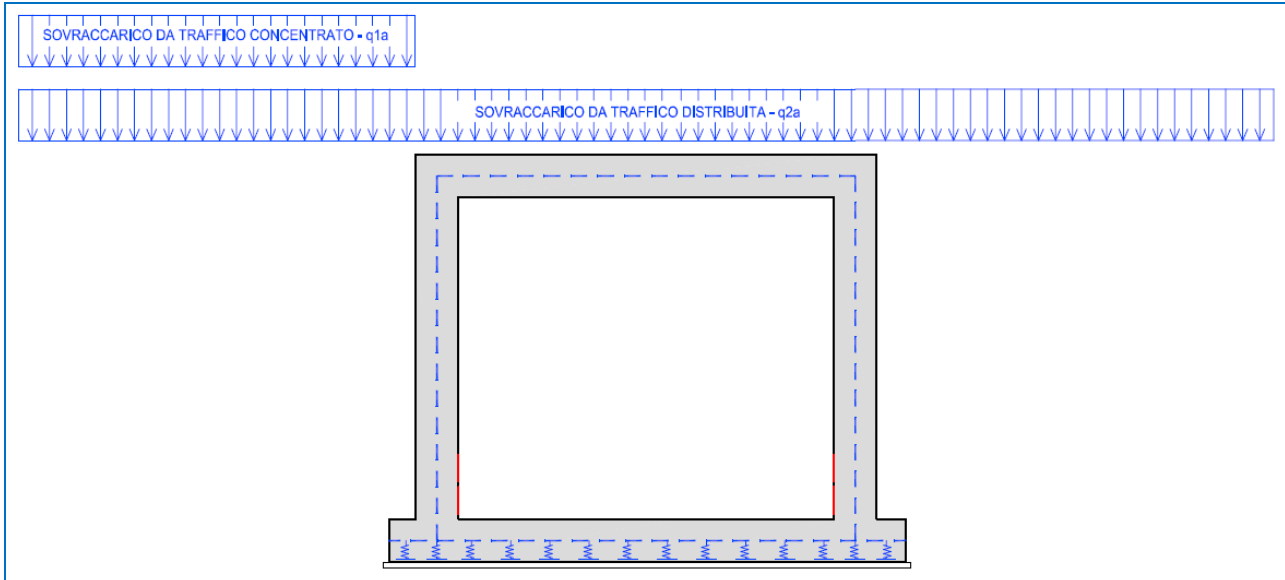
Il carico distribuito q_{2a} viene considerato agente sull'intera copertura con valore di calcolo pari a **9,00 kN/m²**, senza quindi tenere in conto a favore di sicurezza alcuna distribuzione.

Tale valore è stato applicato alla soletta dello scatolare come meglio illustrato alla pagina seguente.

Tale carico è identificato nel modello di calcolo come q_{2a} .

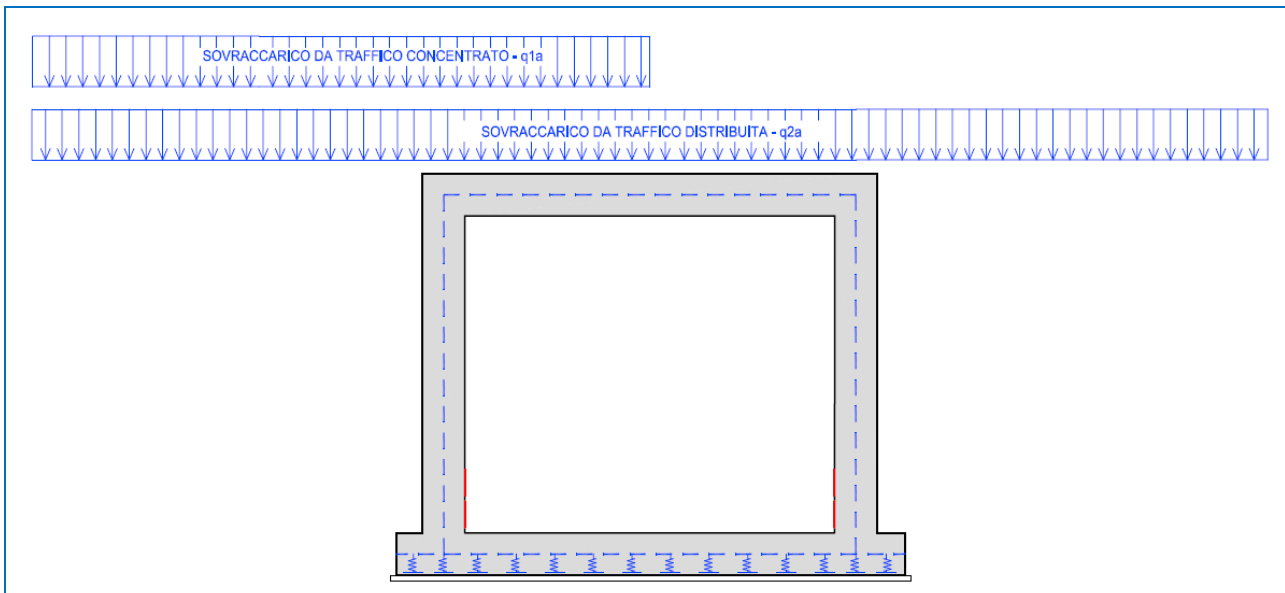
Qui a seguire le disposizioni possibili del carico accidentale considerate nella modellazione

- **Disposizione 1**

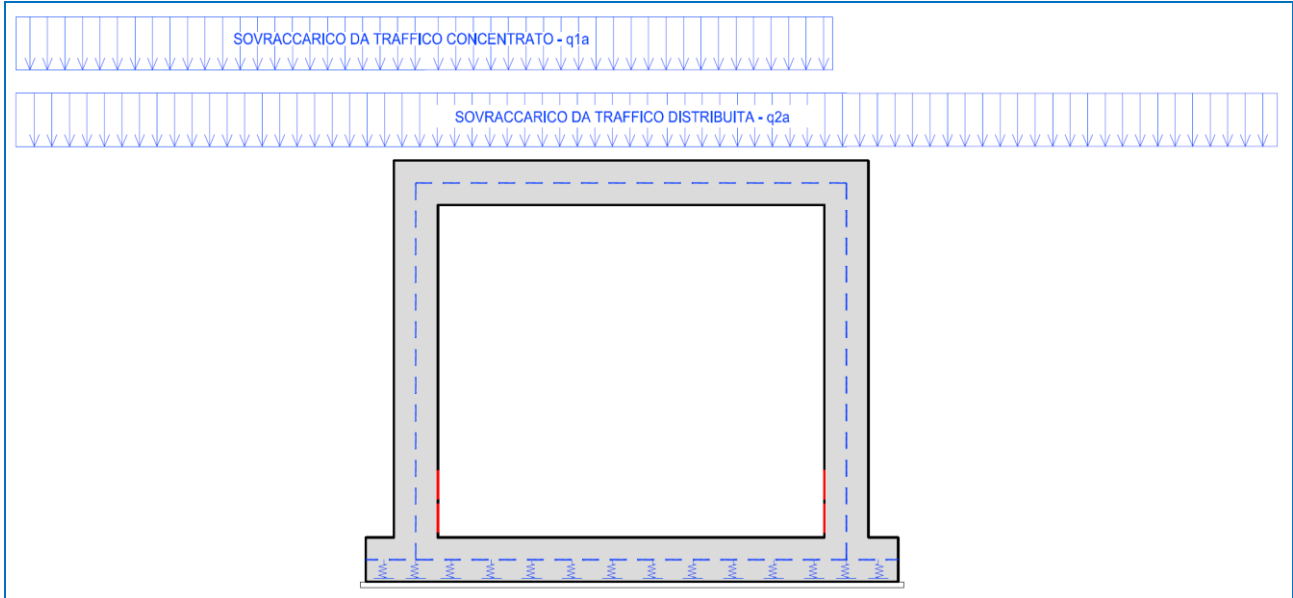


Ai fine nel modello in esame il carico concentrato (q_{1a}) è posto pari a 0 sulla soletta. La disposizione 01 ha però influenza sulle spinte laterali

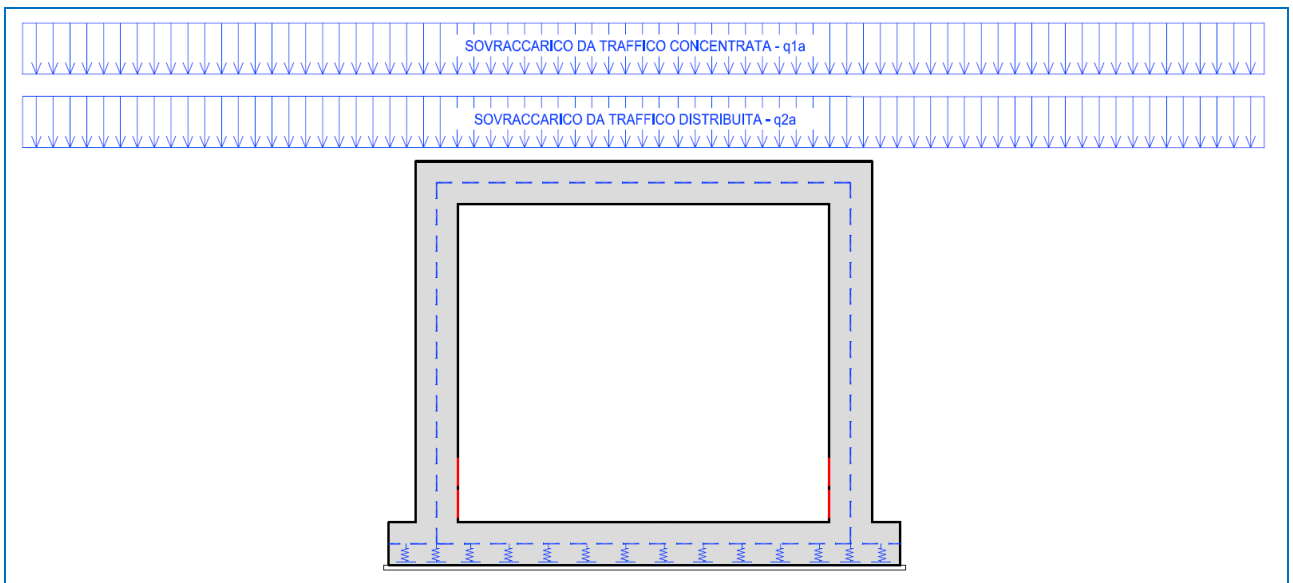
- **Disposizione 2**



- **Disposizione 3**



- **Disposizione 4**



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 33 di 126

7.4.2. Spinta laterale dovuta ai sovraccarichi accidentali

La spinta dovuta ai sovraccarichi accidentali viene valutata mediante la seguente relazione:

$$S_{cq} = q \cdot k \cdot H$$

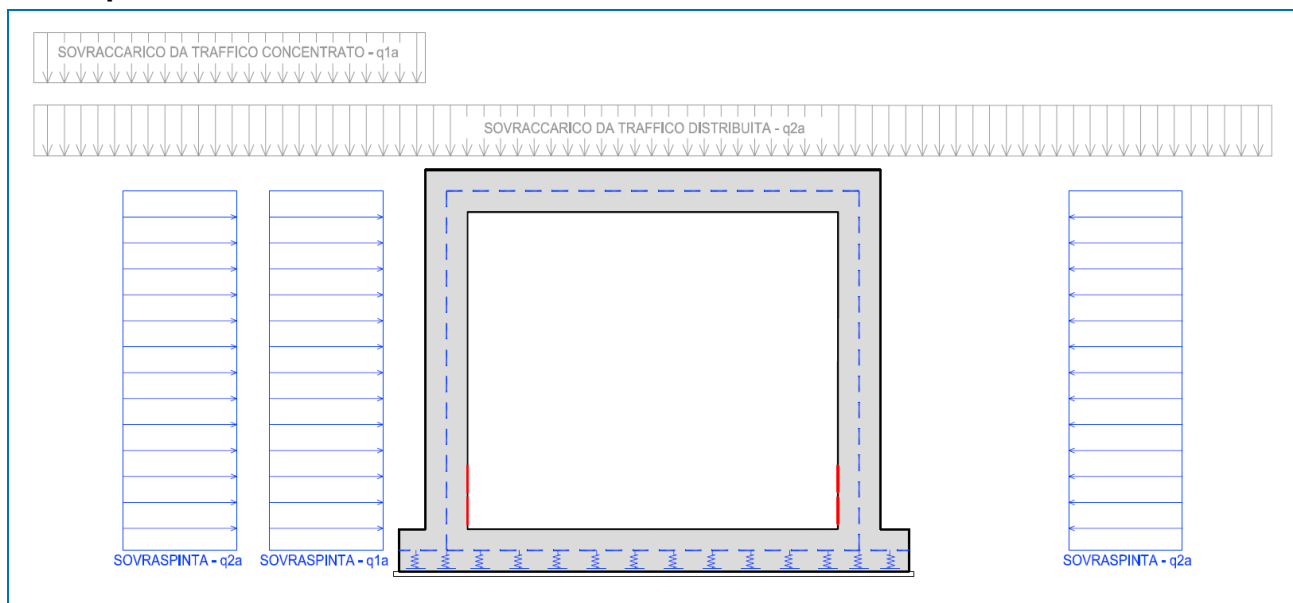
dove:

- q è l'entità del sovraccarico accidentale agente (peso della pavimentazione e del terreno di ricoprimento); sono stati considerati due differenti carichi accidentali da traffico:
 - carico concentrato, Q1 come da normativa, diffuso fino al piano medio della soletta di copertura
 - carico distribuito su corsia
- k è il coefficiente di spinta del terreno
- H è l'altezza complessiva dello strato di terreno il coefficiente di spinta è assunto pari a quello delle condizioni a riposo (k0)

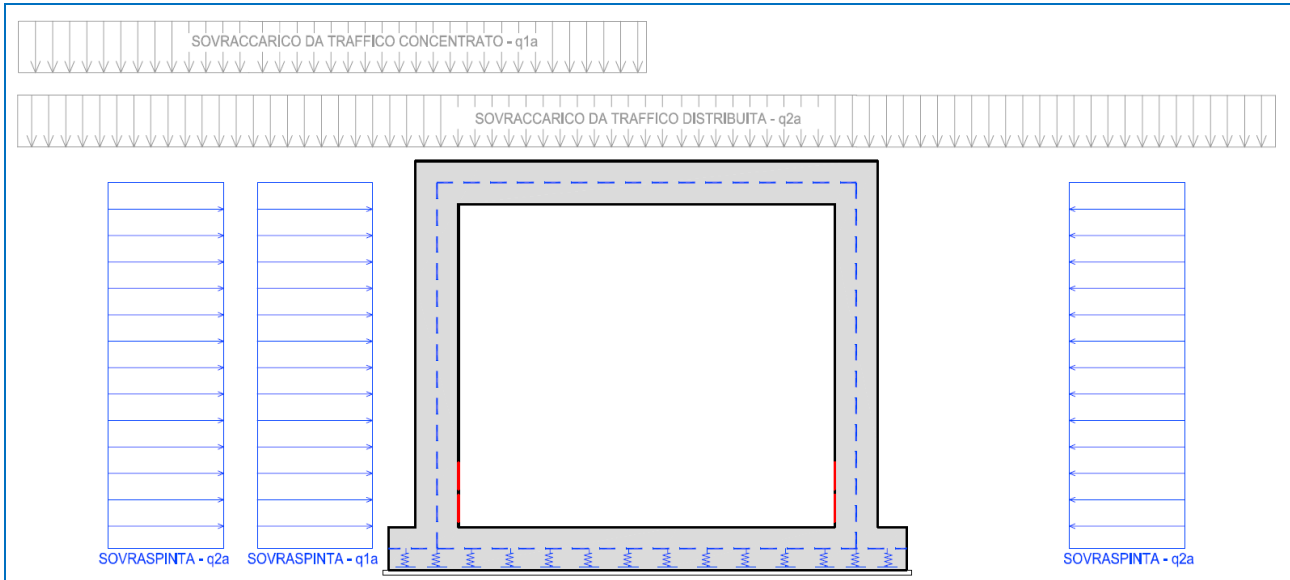
TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Spinta lungo l'elemento beam del piedritto in condizioni di k0 per carico concentrato	q1a =	14,98	[kN/mq]	q1b (k0) =	6,38	[kN/mq]
Spinta lungo l'elemento beam del piedritto in condizioni di k0 per carico distribuito	q2a =	9,00	[kN/mq]	q2b (k0) =	3,83	[kN/mq]

Qui a seguire le disposizioni possibili del carico accidentale considerate nella modellazione.

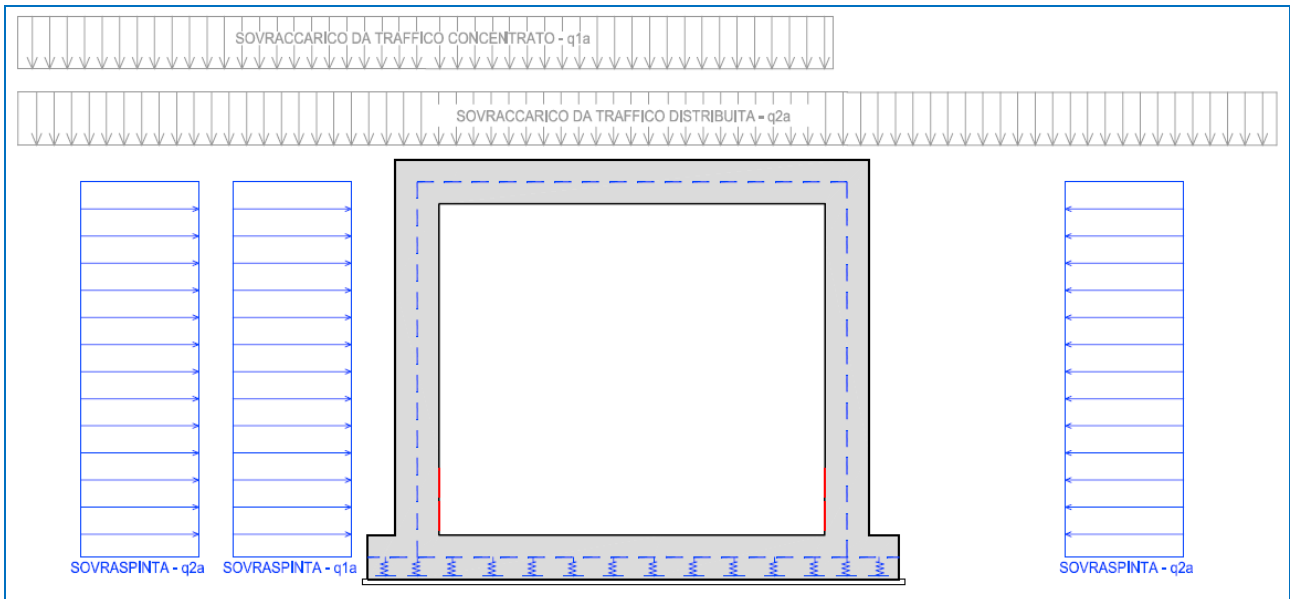
• Disposizione 1



• **Disposizione 2**

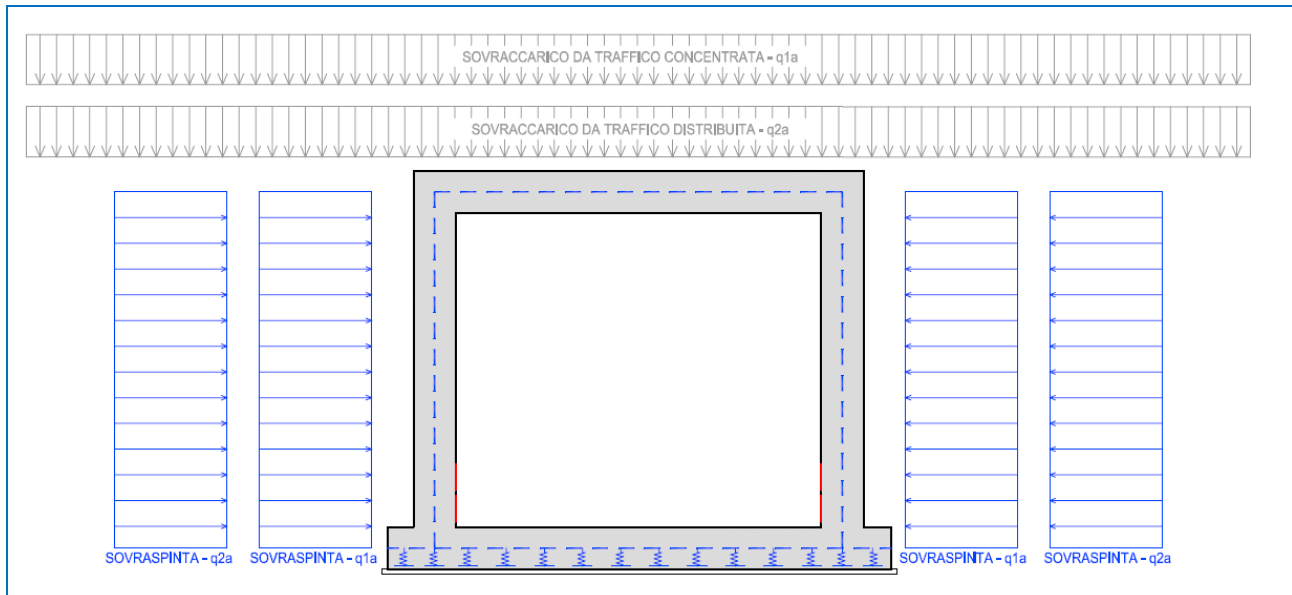


• **Disposizione 3**





• **Disposizione 4**



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 36 di 126

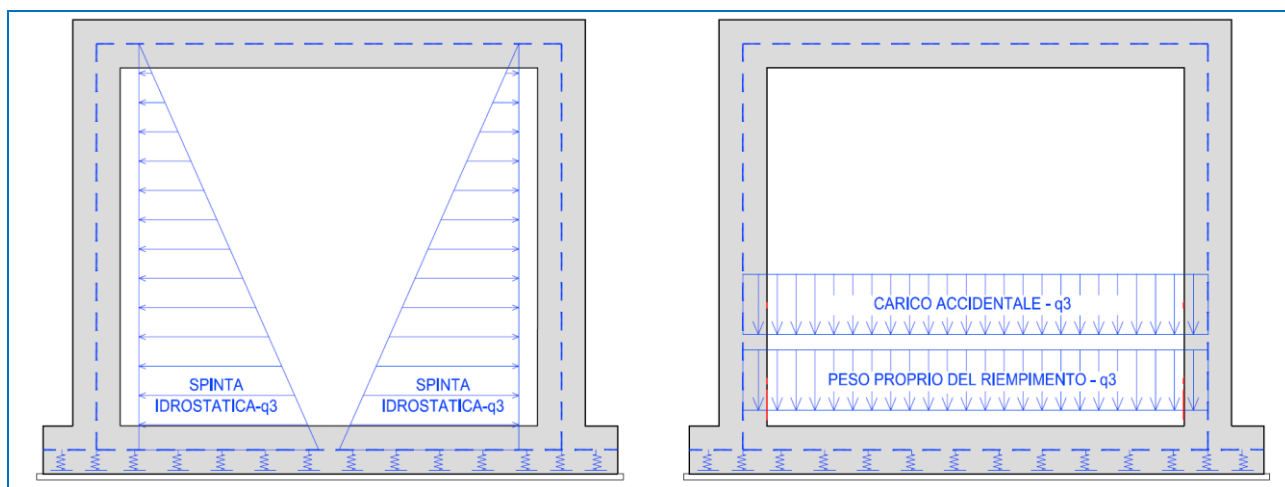
7.4.3. Carichi accidentali agenti in fondazione (q3)

Per i tombini in esame i carichi accidentali che possono gravare sulla fondazione sono rappresentati dal peso dell'acqua assunto pari a **10 kN/mc**.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Altezza interna scatolare	$h_{\text{pedritti}} =$	2,00	[m]	$Y_{\text{acqua}} =$	10,00	[kN/m ³]
Presenza	$h_{\text{riempimento}} =$	0,00	[m]	$Y_{\text{riempimento}} =$	10,00	[kN/m ³]
Peso per unità di volume dell'acqua	$Y_{\text{acqua}} =$	10,00	[kN/m ³]			
Carico accidentale agente sulla zattera di fondazione				$q3_{\text{verticale acqua}} =$	20,00	[kN/mq]
Carico del riempimento agente sulla zattera di fondazione				$q3_{\text{verticale riemp.}} =$	0,00	[kN/mq]
Valore massimo della spinta triangolare agente sui piedritti	$k =$	1,000	[-----]	$q3_{\text{max orizzontale}} =$	20,00	[kN/mq]

Tale carico nel modello è definito come “q3”.

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico sia applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 37 di 126

7.4.4. Azione della frenatura (q_4)

L'azione della frenatura è valutata solo se persiste la seguente condizione:

$$\Delta H \leq L_{libera}$$

Con:

- ΔH : distanza tra l'estradosso della pavimentazione stradale e la linea media della soletta superiore;
- L_{libera} : luce libera in direzione trasversale del manufatto.

L'azione della frenatura è stata valutata mediante la seguente relazione (espressione 5.1.4 di cui al capitolo 5.1.3.5 del D.M. 17/01/2018) valida per i ponti di 1° categoria:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

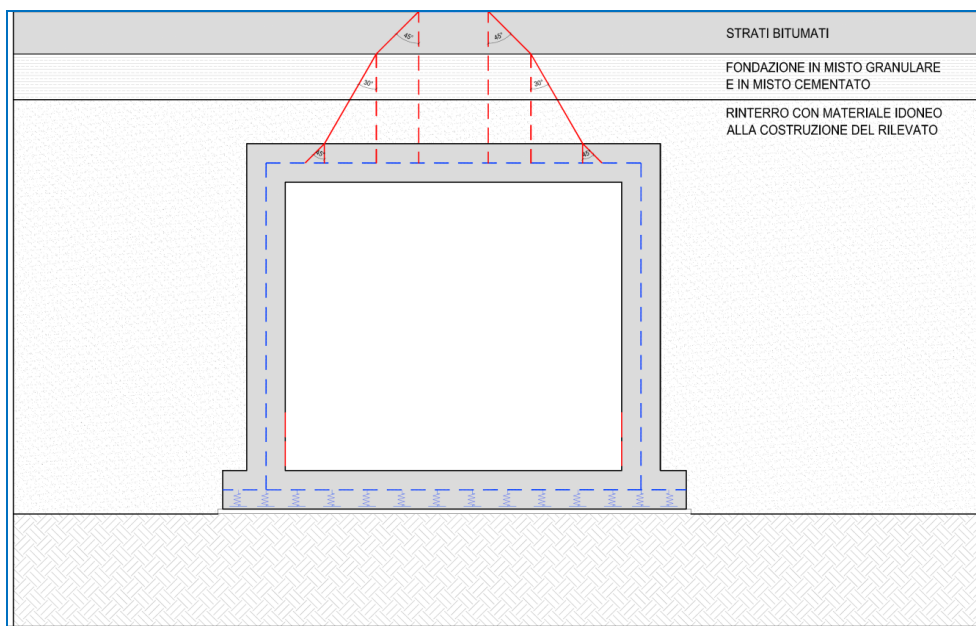
Il carico dovuto alla frenatura viene ripartito su una fascia di larghezza B :

$$B = w_1 + \Delta H$$

Con:

- ΔH : distanza tra l'estradosso della pavimentazione stradale e la linea media della soletta superiore;
- w_1 : larghezza convenzionale della corsia.

Di seguito viene riportato lo schema della diffusione del carico trasversalmente all'asse stradale.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 38 di 126

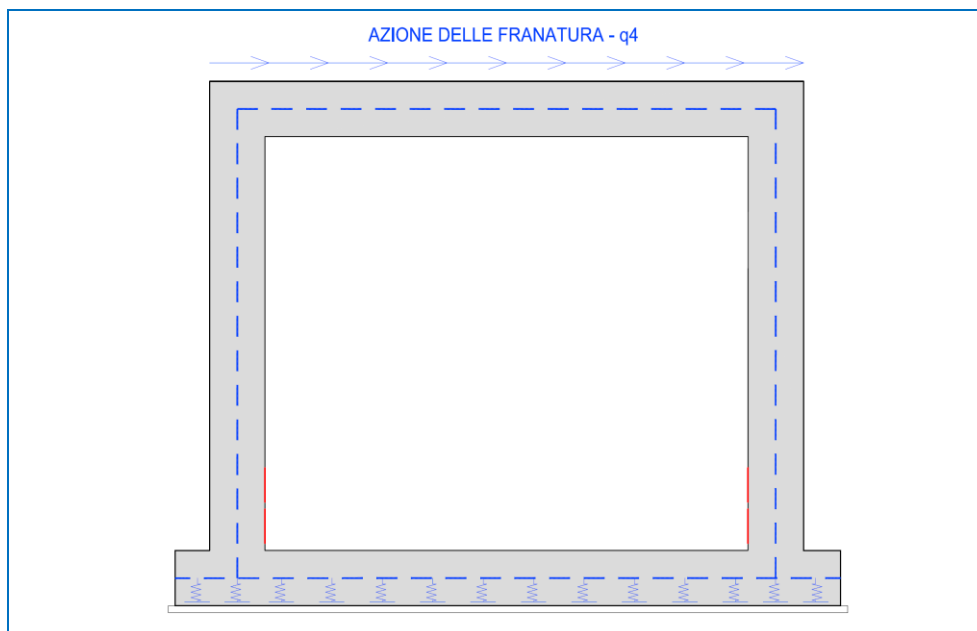
Il carico dovuto alla frenatura, considerato distribuito lungo la soletta superiore e riferito a una striscia di larghezza unitaria di struttura, è dunque pari a:

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Altezza interna scatolare	h piedritti =	0,00	[m]	Y _{acqua} =	10,00	[kN/m ³]
Presenza	h riempimento =	0,00	[m]	Y _{riempimento} =	10,00	[kN/m ³]
Peso per unità di volume dell'acqua	Y _{acqua} =	10,00	[kN/m ³]			
Carico accidentale agente sulla zattera di fondazione				q ₃ verticale acqua =	0,00	[kN/mq]
Carico del riempimento agentale sulla zattera di fondazione				q ₃ verticale riemp. =	0,00	[kN/mq]
Valore massimo della spinta triangolare agente sui piedritti	k =	1,000	[-----]	q ₃ max orizzontale =	0,00	[kN/mq]
Carico della frenatura ripartito applicato al modello				q _{frenatura reale} =	0,000	[kN/ml]*
Carico a favore di sicurezza applicato al modello				q _{frenatura} =	0,000	[kN/ml]*
Nota Bene:	* Il carico espresso in kN/ml è da intendersi applicato ad una "striscia" di struttura di larghezza pari a 100cm					

La larghezza di riferimento dell'azione della frenatura è assunta pari alla larghezza della singola corsia di carico, ossia pari a 300 cm. Così facendo si prende in considerazione la situazione più sfavorevole, nella quale l'azione di frenatura avviene su una corsia di bordo e quindi non ha possibilità di diffondersi in entrambi i lati.

Tale carico nel modello è definito come "q4".

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico sia applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



Il carico applicato tiene conto delle maggiori dimensioni reali dello scatolare rispetto a quelle del modello ad elementi beam.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 39 di 126

7.5. Deformazioni impresse – effetti reologici

7.5.1. Ritiro della copertura

In senso trasversale il ritiro è schematizzato come una contrazione termica uniforme equivalente della sola soletta superiore.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Calcestruzzo	Classe di resistenza C32/40			f _{ck} =	33,20	[N/mm ²]
Calcolo del parametro h ₀	A _c =	0,65	[mq]	u =	1,00	[m]
Calcolo della funzione di sviluppo temporale	t =	1000,00	[giorni]	t _s =	1,00	[giorni]
Ritiro per essiccamento	k _h =	0,70	[---]	ε _{c0} =	0,0004240	
Ritiro autogeno	Umidità relativa =	60,00	[%]	ε _{cd, infinito} =	0,0002968	[---]
Ritiro totale				ε _{cd, (t)} =	0,0002968	[---]
Calcolo delta termico equivalente	coeff termico	1,00E-05	[1/°]	ε _{ca, infinito} =	0,0000580	[---]
Calcolo termica uniforme da inserire su modello	n° =	1/3	[---]	ε _{ca, infinito} =	0,0003548	[---]
				Delta termico =	35,48	[°]
				DT modello =	11,83	[°]

Nota Bene: la procedura di calcolo del ritiro del calcestruzzo utilizzata è conforme a quella prescritta dal D.M. 17/01/2018 al capitolo 11.2.10.6 e tiene conto delle normali condizioni di getto e di umidità dell'aria. Tale procedura porta a risultati nella sostanza comparabili con quelli dell'Eurocodice 2.

A favore di sicurezza l'umidità dell'aria è stata posta pari al 60% anche se in generale la stessa risulta mediamente superiore.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 40 di 126

7.5.2. Azione termica longitudinale (q5)

Considerando che la struttura in esame è del tutto interrata e mai esposta direttamente ai raggi solari ma comunque soggetta ai tipici sbalzi termici a favore di sicurezza è stata considerata un'azione termica uniforme agente sulla soletta di copertura del sottopasso pari a **+/- 15°C**.

Il valore è conforme oltre che ai suggerimenti dei principali testi scientifici anche a quanto previsto al punto 5.2.2.4.2 Temperatura (Capitolo ponti ferroviari) della norma D.M. 17/01/2018 per impalcati in calcestruzzo, c.a. e c.a.p..

Tale azione è applicata alla sola soletta di copertura come variazione termica uniforme.

Tale carico nel modello è definito come “q5”.

7.5.3. Azione termica differenziale (q6)

Considerando che la struttura in esame è del tutto interrata e mai esposta direttamente ai raggi solari ma comunque soggetta ai tipici sbalzi termici, a favore di sicurezza è stata considerata un'azione termica differenziale agente sulla soletta di copertura del sottopasso pari a **+/- 5°C**.

Il valore è conforme, oltre che ai suggerimenti dei principali testi scientifici, anche a quanto previsto al punto 5.2.2.4.2 Temperatura -“*variazione termica non uniforme*” (Capitolo ponti ferroviari) della norma D.M. 17/01/2018 il quale prescrive testualmente: “*In aggiunta alla variazione termica uniforme, andrà considerato un gradiente di temperatura di 5°C fra estradosso ed intradosso di impalcato con verso da determinare caso per caso.*”

Tale valore è applicato al modello sulla sola soletta superiore come “gradiente termico a metro lineare”.

Tale carico nel modello è definito come “q6”.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 41 di 126

7.6. Azione sismica

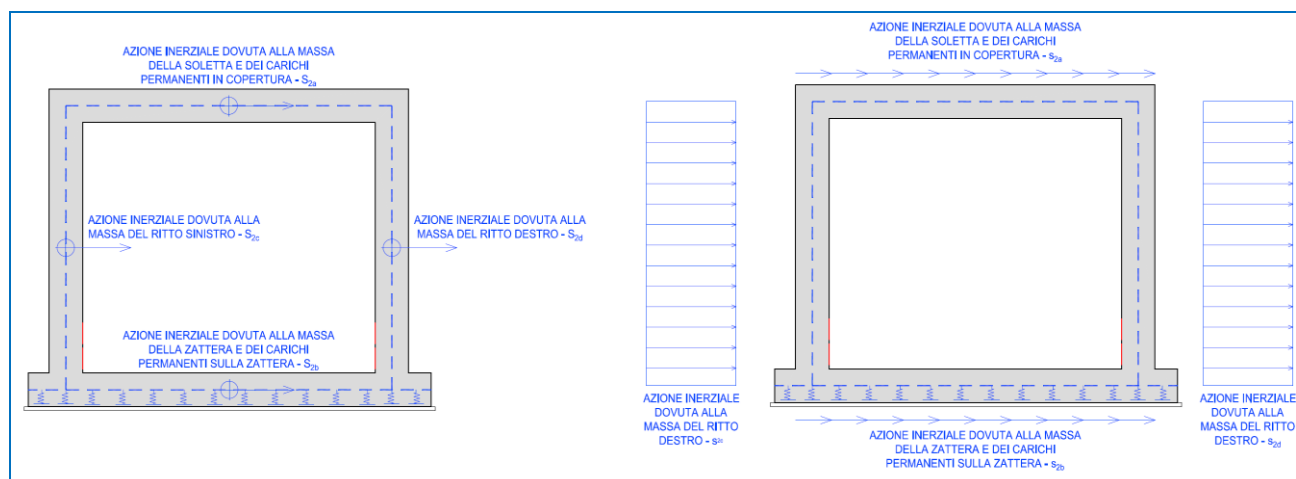
Le sollecitazioni agenti sulla struttura in fase sismica vengono determinate attraverso un'analisi pseudo-statica, secondo quanto riportato nel DM 17.01.2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", paragrafo 7.11.6. e conformemente alle previsioni di cui al punto 5.1.3.12 della norma vigente. In particolare conformemente a questo ultimo paragrafo (5.1.3.12), trattandosi di un'opera secondaria ed essendo la stessa inserita in un contesto non urbano ad intenso traffico, all'interno delle masse sismiche non sono stati considerati i carichi da traffico.

7.6.1. Azione inerziale delle masse (s_2)

Le azioni inerziali, orizzontali e verticali, dovute alle accelerazioni subite in fase sismica dalle masse degli elementi strutturali e del terreno sovrastante la struttura di copertura sono state valutate moltiplicando il peso degli elementi strutturali per i coefficienti sismici orizzontale k_h (pari alla PGA) e verticale k_v .

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche complessive sismiche	a_g (PGA) =	0,141	[-----]	$Y_{calcestruzzo} =$	25,00	[kN/mc]
	$S_S =$	1,20	[-----]	$S_T =$	1,00	[-----]
	$K_h =$	0,17	[-----]	$K_v =$	0,08	[-----]
Inerzia ricoprimento	Area ricoprimento	34,73	[mq]	$s_{2,a} =$	36,28	[kN/mq]
Inerzia sismica soletta superiore	Area soletta superiore	2,67	[mq]			
Inerzia sismica piedritti	Area piedritto	1,10	[mq]	$s_{2,c}$ e $s_{2,d} =$	1,76	[kN/mq]
Inerzia sismica soletta inferiore	Area soletta inferiore	3,06	[mq]	$s_{2,b} =$	3,64	[kN/mq]

Tali azioni nel modello sono definite come "s2" seguito da un suffisso numerico in funzione dei singoli elementi considerati (soletta piedritti ...). Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico sia applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 42 di 126

7.6.2. Sovrappinta dinamica dei terreni (s1)

L'azione di spinta attiva dei terreni in fase sismica (sovrappinta dinamica) viene valutata mediante la relazione di Wood:

$$\Delta P = \gamma \cdot a_g \cdot S \cdot H^2$$

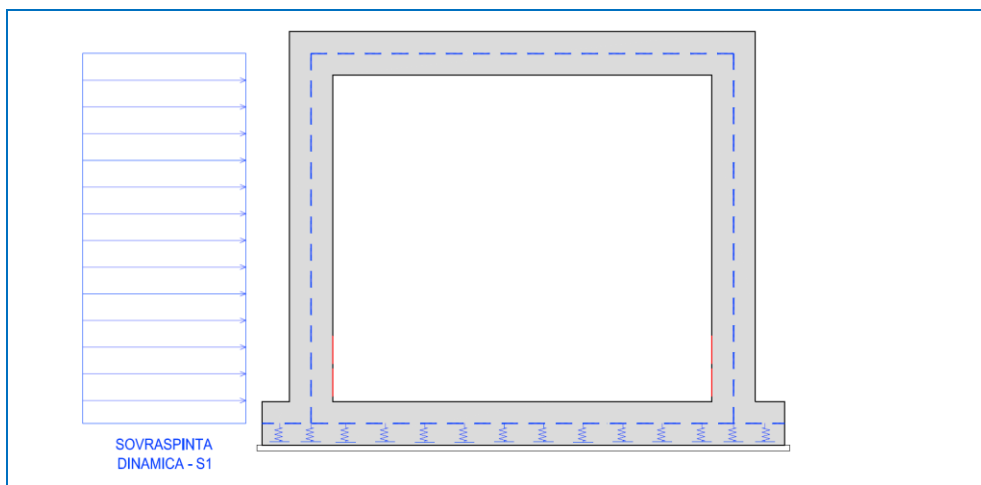
dove:

- γ è il peso per unità di volume del terreno
- H è l'altezza della struttura soggetta alla spinta del terreno

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche compressive sismiche	ag (PGA) =	0,141	[-----]	Y _{rinterno} =	20,00	[kN/mc]
	S _s =	1,20	[-----]	S _r =	1,00	[-----]
Spinta lungo l'elemento beam del piedritto in condizioni di k0 per carico distribuito	Kh	0,169	[-----]	Kv	0,085	[-----]
	H =	2,00	[m]	s1 =	13,54	[kN/mq]

Tale azioni nel modello è definita come "s1".

Qui si seguito si riporta la schematizzazione grafica di come tale carico sia applicato alla struttura e quindi al modello di calcolo.



Nota Bene: l'azione sismica è applicata ad un solo lato del modello (alla stregua di quanto già fatto per le spinte del terreno in condizione k0/ka e delle sovrappinte). L'output del modello, in termini di sollecitazioni flettenti e taglianti, è quindi di tipo asimmetrico. L'armatura è ovviamente stata progettata simmetrica e le verifiche sono state condotte con i valori massimi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 43 di 126

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1. Definizione dei carichi elementari e dei coefficienti di partecipazione

Ai sensi di quanto previsto dal NTC 2018 le combinazioni di carico sono state sviluppate secondo la Tab. 5.1.IV qui di seguito riportata:

	<i>Carichi sulla carreggiata</i>					<i>Carichi su marciapiedi e piste ciclabili</i>
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a categoria
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali



Si rappresenta che ovviamente il carico da folla su marciapiedi e piste ciclabili è stato considerato ininfluenza visto che è stata calcolata una "fetta" di struttura di larghezza unitaria caricata con i carichi stradali da traffico.



L'approccio seguito per il calcolo e verifica dell'opera è l'**Approccio 2** con la combinazione dei coefficienti parziali **A1+M1+R3** (D.M. 17/01/2018 cap.6.4.3.1).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 44 di 126

Nella tabella successiva sono riportati i carichi elementari introdotti nei modelli di calcolo ed i rispettivi coefficienti di amplificazione (γ) e partecipazione (ψ):

CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	γ_{SLU} (sfavorevole)	γ_{SLU} (favorevole)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
g_1	Peso proprio degli elementi strutturali	-		PP-01	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
g_2	Carico permanente dovuto al peso della pavimentazione stradale	-		CP-01	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
g_3	Carico permanente dovuto al peso del terreno di ricoprimento	-							
$g_{4.1}$	Spinta laterale del terreno sul ritto sinistro	k_0		SPT-01	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{5.1}$	Spinta laterale del terreno sul ritto destro	k_0							
$g_{4.2}$	Spinta laterale del terreno sul ritto sinistro	k_a		SPT-02	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{5.2}$	Spinta laterale del terreno sul ritto destro	k_a							
$g_{4.1}$	Spinta laterale del terreno sul ritto sinistro	k_0		SPT-03	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{5.2}$	Spinta laterale del terreno sul ritto destro	k_a							
$g_{6.1}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto sinistro	k_0		SPCP-01	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{7.1}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto destro	k_0							
$g_{6.2}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto sinistro	k_a		SPCP-02	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{7.2}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto destro	k_a							
$g_{6.1}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto sinistro	k_0		SPCP-03	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
$g_{7.2}$	Spinta laterale dei sovraccarichi permanenti sul ritto destro	k_a							
ε_1	Azione del ritiro	-	-	RT-01	1,20	0,00	1,00	1,00	1,00

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA								
 <small>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</small>		 <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>						A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo		Foglio 45 di 126
CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	Y _{SLU} (sfavorevole)	Y _{SLU} (favorevole)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
q _{1a,1}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	1	SPACC-01	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,2.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a,1}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	1	SPACC-02	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b,1.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,1.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a,1}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	1	SPACC-03	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a,2}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	2	SPACC-04	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA								
 <small>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</small>		 <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>						A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo		Foglio 46 di 126
CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	Y _{SLU} (sfavorevole)	Y _{SLU} (favorevole)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.2.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a.2}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b.1.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k _a	2	SPACC-05	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.1.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a.2}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀	2	SPACC-06	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2b.2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{1a.3}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	3	SPACC-07	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00	

Relazione di calcolo

CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	Y _{SLU} (sfavorevole)	Y _{SLU} (favorevole)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
q _{1b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.2.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1a.3}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1b.1.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k _a	3	SPACC-08	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.1.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1a.3}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀	3	SPACC-09	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b.2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1a.4}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-	4	SPACC-10	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1b.1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00

Relazione di calcolo

CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	Y _{SLU} (sfavorevole)	Y _{SLU} (favorevole)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
q _{1b,2.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto destro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b,2.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k ₀			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1a,4}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-	4	SPACC-11	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1b,1.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b,1.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{2b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a			1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q _{1a,4}	Carico accidentale da traffico concentrato diffuso sulla copertura	-			4	SPACC-12	1,35	0,00	0,75
q _{2a}	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-	1,35	0,00			0,75	0,75	0,00
q _{1b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto sinistro	k ₀	1,35	0,00			0,75	0,75	0,00
q _{1b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico concentrato diffuso sul ritto destro	k _a	1,35	0,00			0,75	0,75	0,00
q _{2b,1.1}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀	1,35	0,00			0,75	0,75	0,00
q _{2b,2.2}	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k _a	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00		
q ₃	Carico accidentale da traffico distribuito sulla	-	-	ACCZATT-01	1,50	0,00	1,00	1,00	0,00

CARICO ELEMENTARE		COEFF. DI SPINTA	DISPOSIZIONE	CASI DI ANALISI	Y _{SLU} (sfavorevole)	Y _{SLU} (favorevole)	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
	zattera di base								
q ₄	Azione longitudinale della frenatura	-	-	FR-01	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00
q ₅	Azione termica longitudinale	-	-	TL-01	1,20	0,00	0,60	0,50	0,50
q ₆	Azione termica differenziale	-	-	TD-01	1,20	0,00	0,60	0,50	0,50
s ₁	Sovrappinta dinamica dei terreni	-	-	SISMA	1,00	1,00	-	-	-
s _{2a}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa della soletta ed ai carichi permanenti portati in copertura	-	-		1,00	1,00	-	-	-
s _{2b}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa della zattera ed ai carichi permanenti portati sulla zattera	-	-		1,00	1,00	-	-	-
s _{2c}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa del ritto sinistro	-	-		1,00	1,00	-	-	-
s _{2d}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa del ritto destro	-	-		1,00	1,00	-	-	-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 50 di 126

8.2. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni quasi-permanenti

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche quasi permanenti allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- Ψ_{2i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori quasi permanenti

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - QUASI PERMANENTI																												
CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA	
Q.P.01	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
Q.P.02	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
Q.P.03	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
Q.P.04	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
Q.P.05	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
Q.P.06	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
Q.P.07	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
Q.P.08	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
Q.P.09	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
Q.P.10	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
Q.P.11	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
Q.P.12	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 51 di 126

8.3. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni frequenti

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche frequenti allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- Q_{k1} rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- Ψ_{1i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori frequenti

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - FREQUENTI																												
CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SIGMA	
FR.01	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
FR.02	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
FR.03	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
FR.04	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
FR.05	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
FR.06	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
FR.07	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
FR.08	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
FR.09	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
FR.10	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
FR.11	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
FR.12	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
FR.13	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
FR.14	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
FR.15	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
FR.16	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00
FR.17	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
FR.18	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	0,00
FR.19	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	0,00
FR.20	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC

Relazione di calcolo

Foglio
54 di
126

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - FREQUENTI

CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA
FR.97	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
FR.98	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00
FR.99	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,60	0,00
FR.100	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 55 di 126

8.4. Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni caratteristiche

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche caratteristiche allo Stato Limite di Esercizio, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum G_{kj} + Q_{k1} + \sum (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- Q_{k1} rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- ψ_{0i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - CARATTERISTICHE																												
CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCF-01	SPCF-02	SPCF-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA	
CAR.01	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
CAR.02	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00
CAR.03	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,60	0,00
CAR.04	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	0,00
CAR.05	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
CAR.06	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00
CAR.07	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,60	0,00
CAR.08	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	0,00
CAR.09	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
CAR.10	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00
CAR.11	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,60	0,00
CAR.12	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	0,00
CAR.13	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
CAR.14	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00
CAR.15	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	0,60	0,00
CAR.16	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,60	-0,60	0,00
CAR.17	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00
CAR.18	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,60	0,00



COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - CARATTERISTICHE

Table with columns for 'CASO DI ANALISI' and various structural limit states (e.g., PP-01, CP-01, SPT-01, etc.) and rows for individual cases (CAR.57 to CAR.94) with associated characteristic values.



COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - CARATTERISTICHE

Table with columns: CASO DI ANALISI, PP-01, CP-01, SPT-01, SPT-02, SPT-03, SPCP-01, SPCP-02, SPCP-03, RT-01, SPACC-01, SPACC-02, SPACC-03, SPACC-04, SPACC-05, SPACC-06, SPACC-07, SPACC-08, SPACC-09, SPACC-10, SPACC-11, SPACC-12, ACCZAIT-01, FR-01, TL-01, TD-01, SISMA. Rows include cases CAR.247 through CAR.284.

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO - CARATTERISTICHE

CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA
CAR.361	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.362	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.363	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.364	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
CAR.365	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.366	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.367	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.368	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
CAR.369	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.370	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.371	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.372	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
CAR.373	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.374	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.375	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.376	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
CAR.377	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.378	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.379	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.380	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
CAR.381	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
CAR.382	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
CAR.383	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
CAR.384	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 66 di 126

8.5. Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo statiche

Per le combinazioni di carico statiche relative alla struttura in oggetto si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, par. 2.5.3.

Sulla base di ciò sono state individuate le combinazioni di carico statiche allo Stato Limite Ultimo, ottenute tramite la relazione generale:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (\gamma_{Gj} \cdot G_{kj}) + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- γ_G e γ_Q rappresentano i coefficienti parziali di amplificazione dei carichi
- G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- Q_{k1} rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base in ogni combinazione
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- Ψ_{0i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

I coefficienti di amplificazione dei carichi per le combinazioni di carico A1, secondo il D.M. 17.01.2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, par. 2.6, tabella 2.6.I, sono riepilogati nelle seguenti tabelle:

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE																											
CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA
STR.01	γ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60
STR.02	γ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00



Relazione di calcolo

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

Table with columns for CASO DI ANALISI (STR.71 to STR.104) and various structural load cases (PP-01 to SIGMA). Each row contains two values (psi and Y) for each case, representing different load combination scenarios.



COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

Table with columns for CASO DI ANALISI and various load cases (PP-01, CP-01, SPT-01, etc.), containing numerical values for each combination.



COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

Table with columns for CASO DI ANALISI and various load cases (PP-01, CP-01, SPT-01, etc.) and rows for structural elements (STR.275 to STR.308) with values for each combination.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC

Relazione di calcolo

Foglio 76 di 126

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

Table with columns: CASO DI ANALISI, PP-01, CP-01, SPT-01, SPT-02, SPT-03, SPCP-01, SPCP-02, SPCP-03, RT-01, SPACC-01, SPACC-02, SPACC-03, SPACC-04, SPACC-05, SPACC-06, SPACC-07, SPACC-08, SPACC-09, SPACC-10, SPACC-11, SPACC-12, ACCZATT-01, FR-01, TL-01, TD-01, SIGMA. Rows include cases like STR.309 through STR.342, each with multiple load case entries (psi, Y).



COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

Table with columns for CASO DI ANALISI and various static load cases (PP-01, CP-01, SPT-01, etc., up to SIGMA). Each case is evaluated with values for psi and Y.

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC

Relazione di calcolo

Foglio
78 di
126

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - STATICHE

CASO DI ANALISI		PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACZZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA
STR.377	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.378	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.379	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.380	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.381	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.382	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	1,00	-1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.383	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	-1,00	1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00
STR.384	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,00	-1,00	-1,00	0,00
	Υ	1,35	1,50	1,35	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,20	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,50	1,35	1,20	1,20	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 79 di 126

8.6. Combinazione di carico sismiche

In fase sismica è stata ipotizzata un'unica combinazione di carico allo Stato Limite di Salvaguardia ottenuta tramite la relazione generale:

$$F_d = E + \sum G_{kj} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- E rappresenta il carico sismico
- G_{kj} rappresenta il valore caratteristico della j-esima azione permanente
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile
- Ψ_{2i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori quasi permanenti

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO - SSISMICHE																											
CASO DI ANALISI	PP-01	CP-01	SPT-01	SPT-02	SPT-03	SPCP-01	SPCP-02	SPCP-03	RT-01	SPACC-01	SPACC-02	SPACC-03	SPACC-04	SPACC-05	SPACC-06	SPACC-07	SPACC-08	SPACC-09	SPACC-10	SPACC-11	SPACC-12	ACCZATT-01	FR-01	TL-01	TD-01	SISMA	
SISMA.1	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00
SISMA.2	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	1,00
SISMA.3	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	1,00
SISMA.4	ψ	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	1,00
SISMA.5	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00
SISMA.6	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	1,00
SISMA.7	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	1,00
SISMA.8	ψ	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	1,00
SISMA.9	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00
SISMA.10	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,50	1,00
SISMA.11	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,50	1,00
SISMA.12	ψ	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	1,00

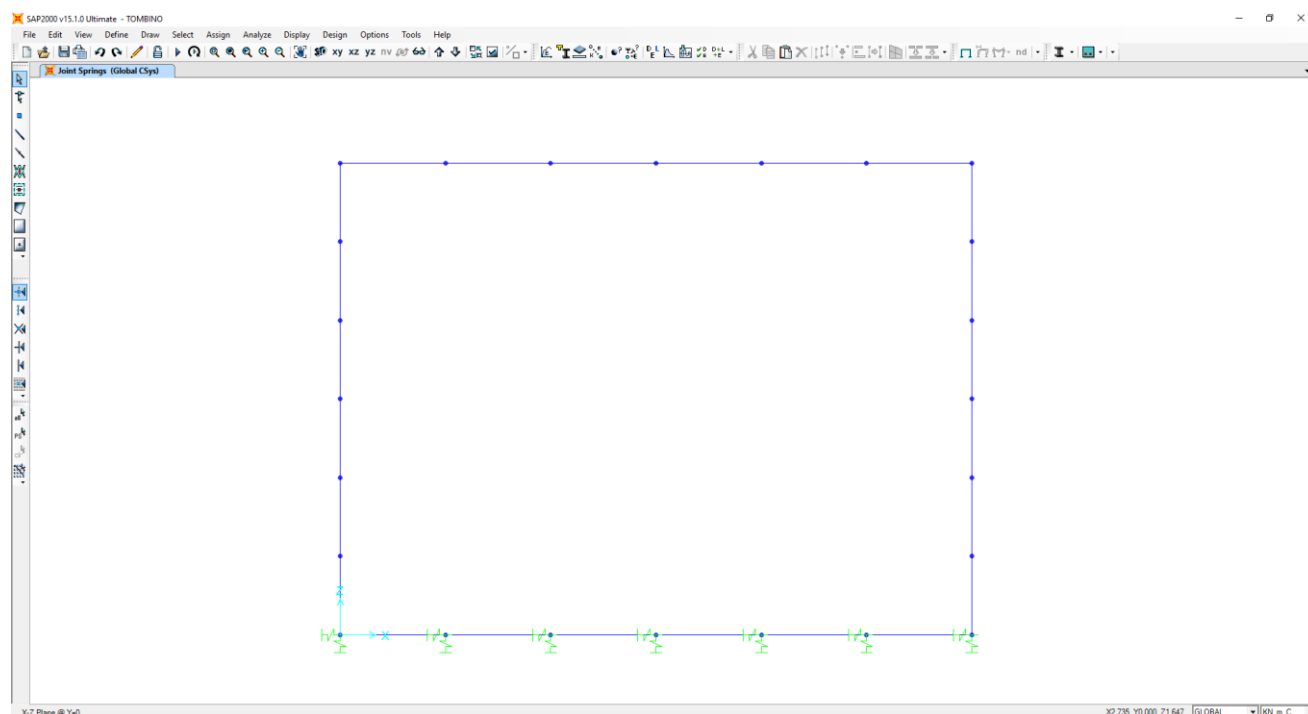
<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio 80 di 126</p>

9. MODELLO DI CALCOLO

9.1. Descrizione del modello di calcolo

Per la determinazione delle azioni sollecitanti sugli elementi strutturali è stato pertanto realizzato un apposito modello di calcolo bidimensionale agli elementi finiti mediante il software SAP2000 v.15.1 (Computers & Structures, Inc).

Gli elementi strutturali sono stato modellati mediante elementi monodimensionali tipo “beam”. In corrispondenza dei nodi ritto – fondazione e ritto – soletta superiore è stato applicato un apposito offset a rigidezza infinita.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 81 di 126

A favore di sicurezza si considera come terreno di fondazione l'unità litotecnica **LS**.

Si considera una costante di sottofondo pari a **$k = 10.000,00 \text{ kN/m}^3$** .

Nella tabella successiva è riportata la valutazione delle costanti di rigidezza verticali assegnate alle molle elastiche che schematizzano il terreno:

**SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO ALLA WINKLER
VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA DELLE MOLLE**

Costante di sottofondo del terreno (costante di Winkler) K_s :

10.000,00 kN/m^3

Larghezza della striscia di calcolo L_c :

1,00 m

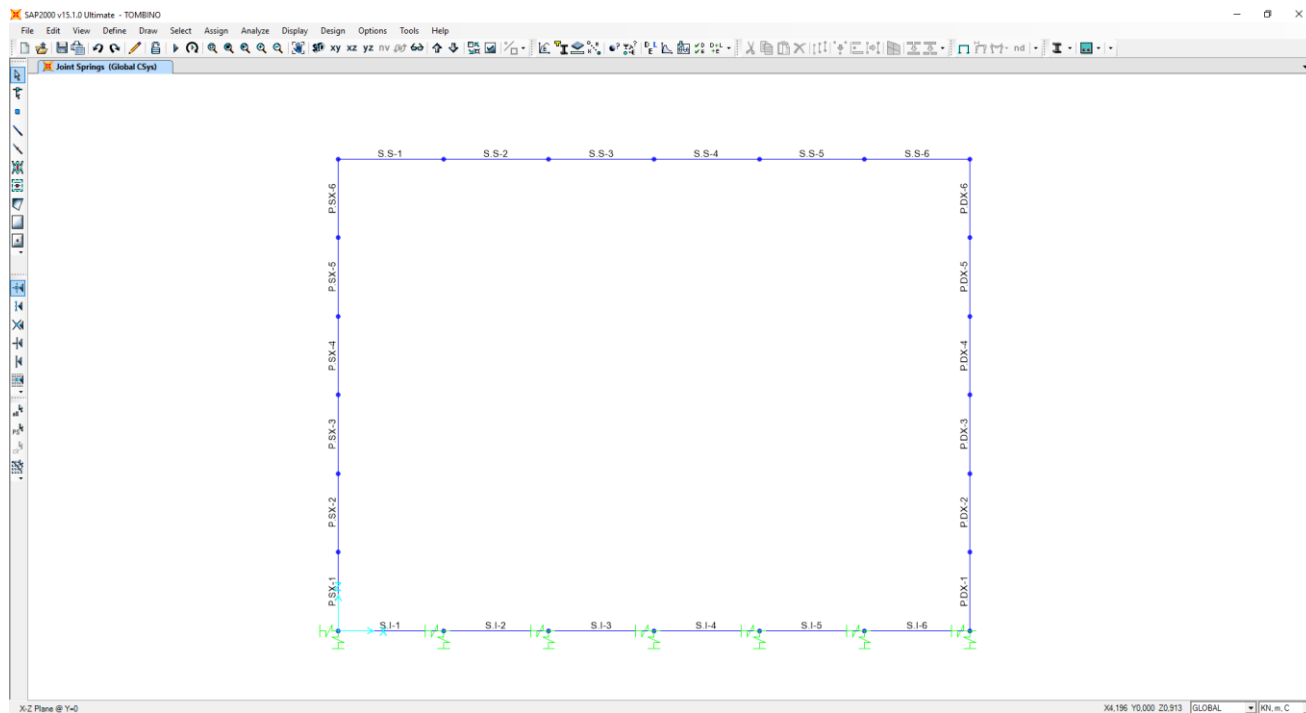
INTERASSI		
PUNTO INIZIALE	PUNTO FINALE	DISTANZA (m)
M1	M2	0,592
M2	M3	0,592
M3	M4	0,592
M4	M5	0,592
M5	M6	0,592
M6	M7	0,592

RIGIDEZZA DELLE MOLLE		
MOLLA	LARGHEZZA DI PERTINENZA (m)	K (kN/m)
M1	0,296	2.958,33
M2	0,592	5.916,66
M3	0,592	5.916,66
M4	0,592	5.916,66
M5	0,592	5.916,66
M6	0,592	5.916,66
M7	0,296	2.958,33

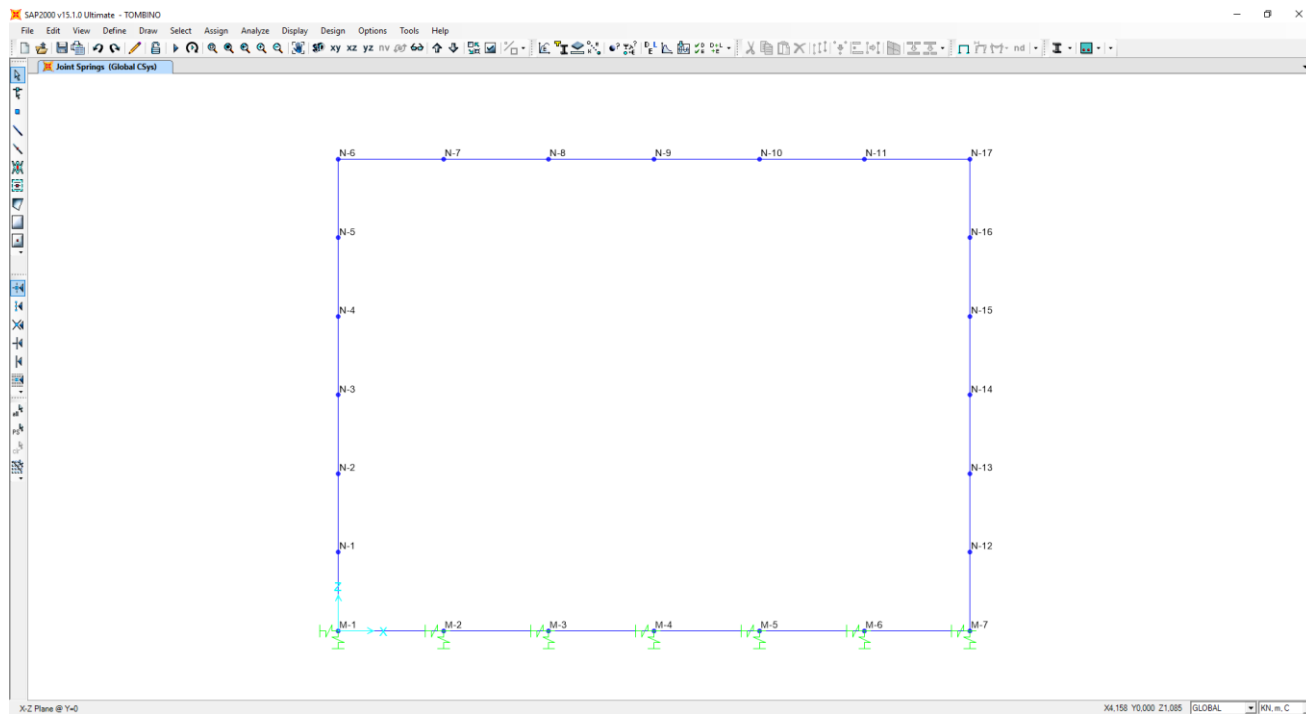
Le costanti di rigidezza orizzontali delle molle sono state assunte pari alla metà della costante di rigidezza verticale.

9.2. Identificazione degli elementi e dei nodi del modello di calcolo

Nell'immagine successiva è riportata l'identificazione dei differenti elementi strutturali:

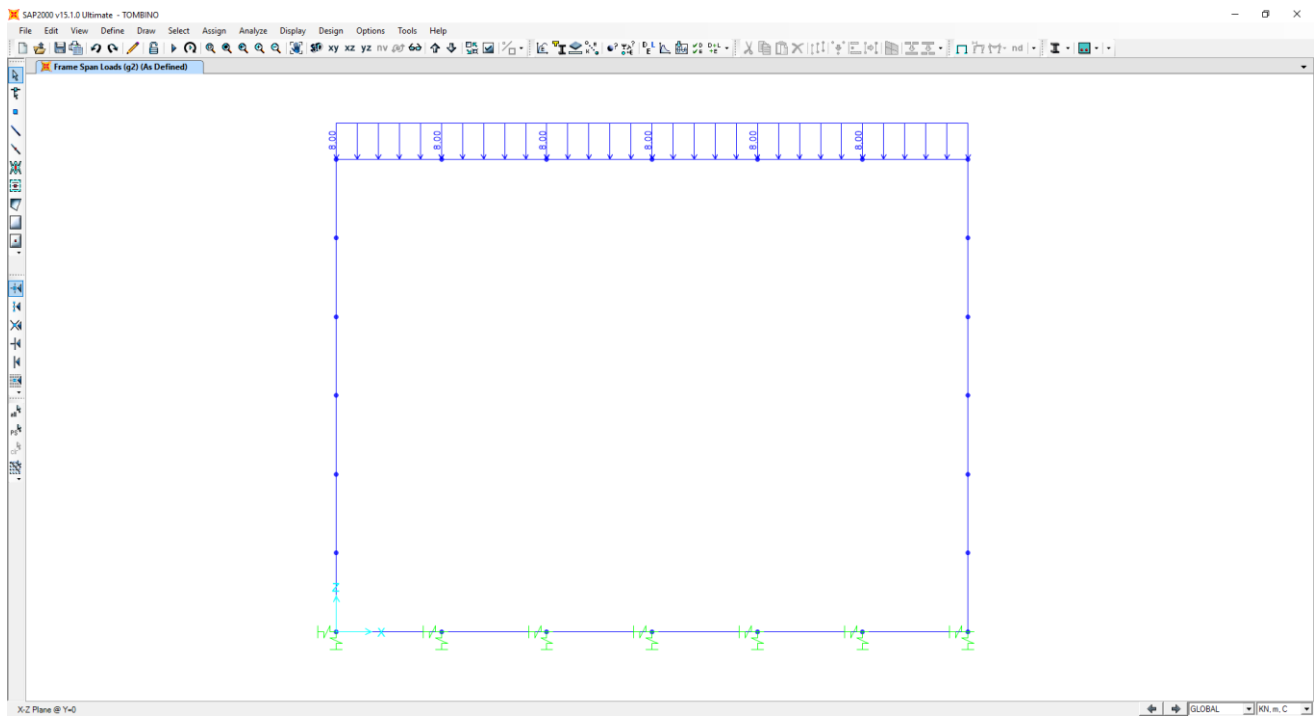


Nell'immagine successiva è riportata la numerazione dei nodi:

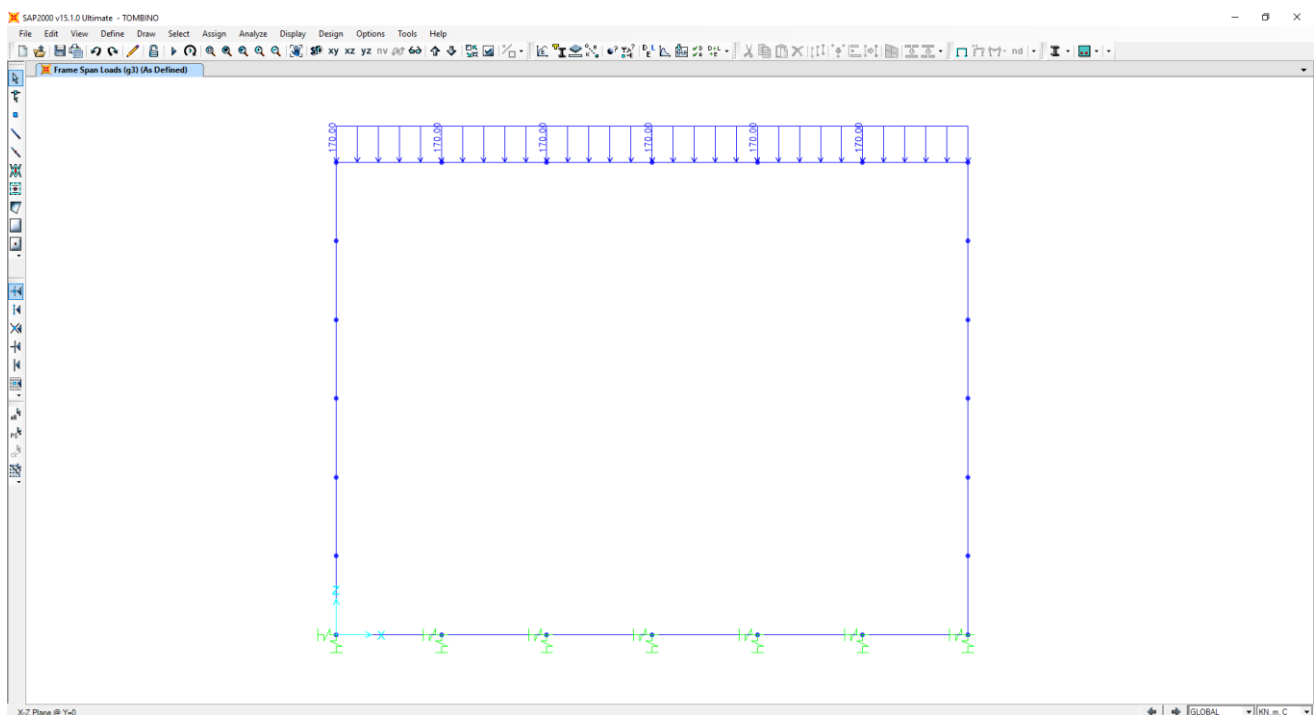


10. APPLICAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI

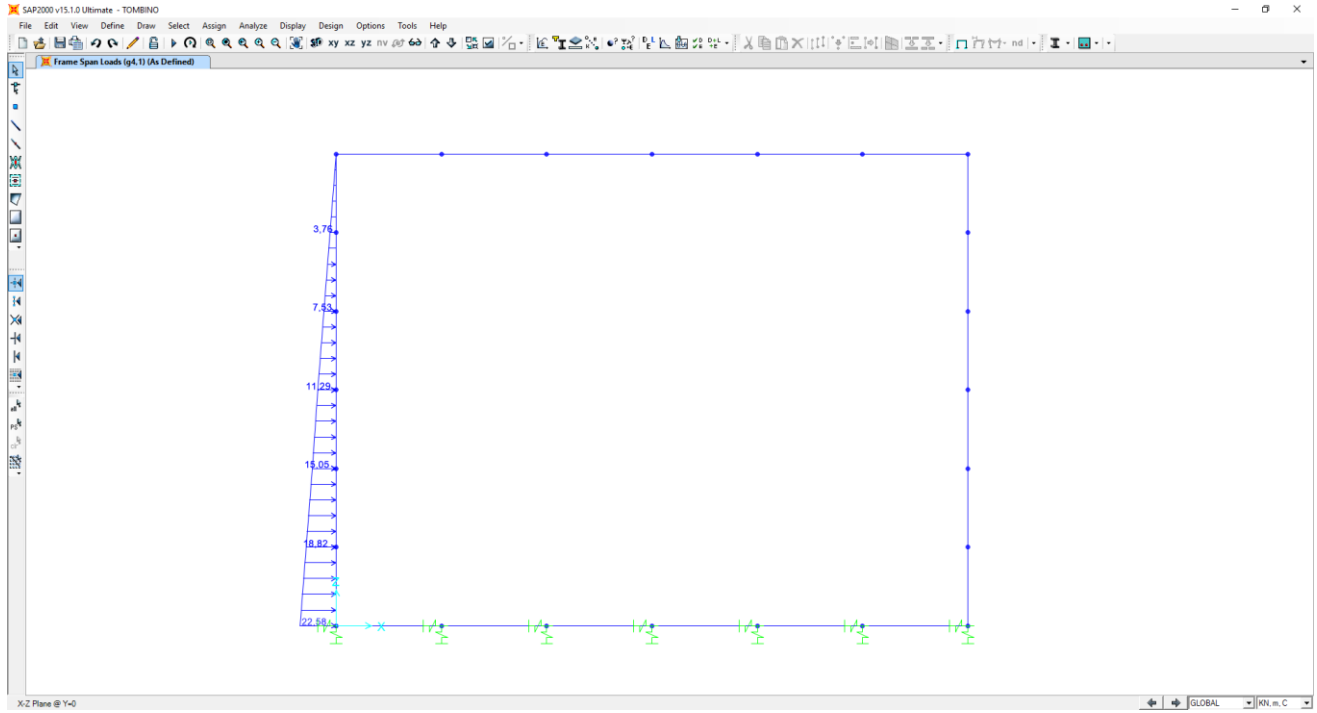
10.1. Carichi permanenti dovuti al peso della pavimentazione stradale (g2)



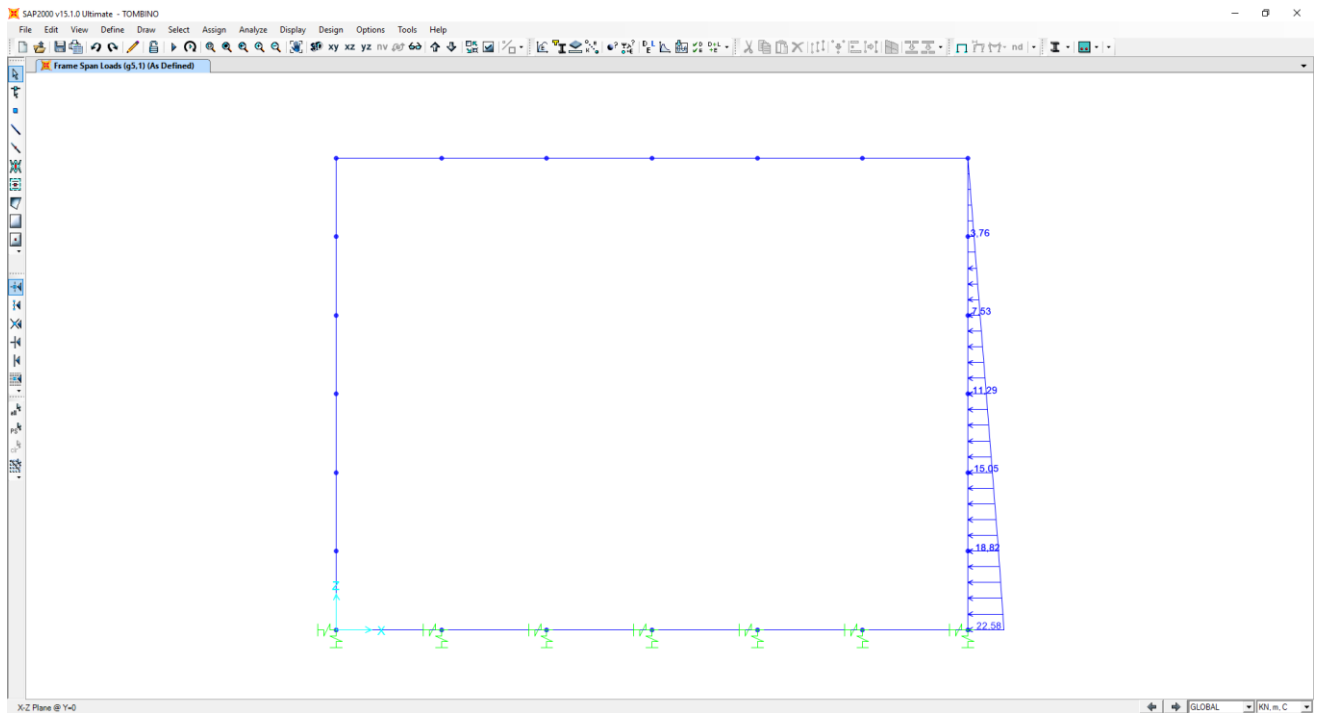
10.2. Carichi permanenti dovuti al peso del terreno di ricoprimento (g3)



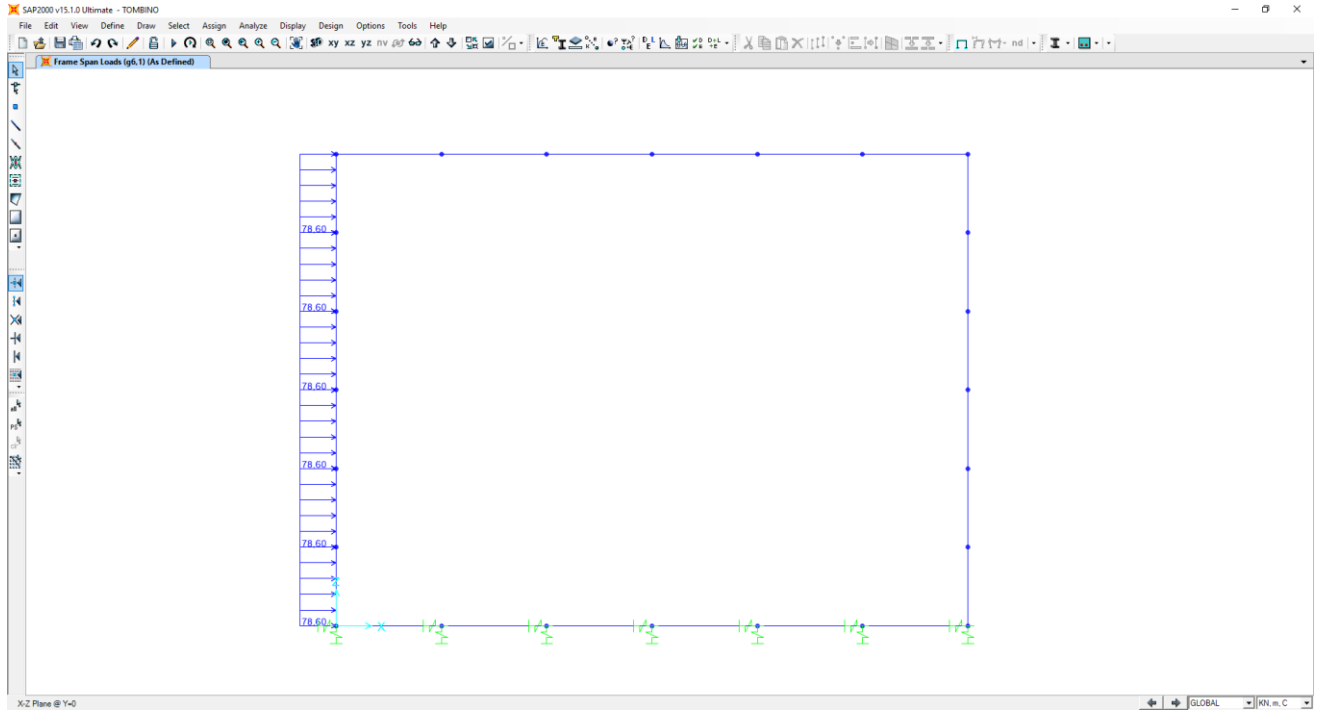
10.3. Spinta del terreno sul ritto sinistro ($g_{4,1}$)



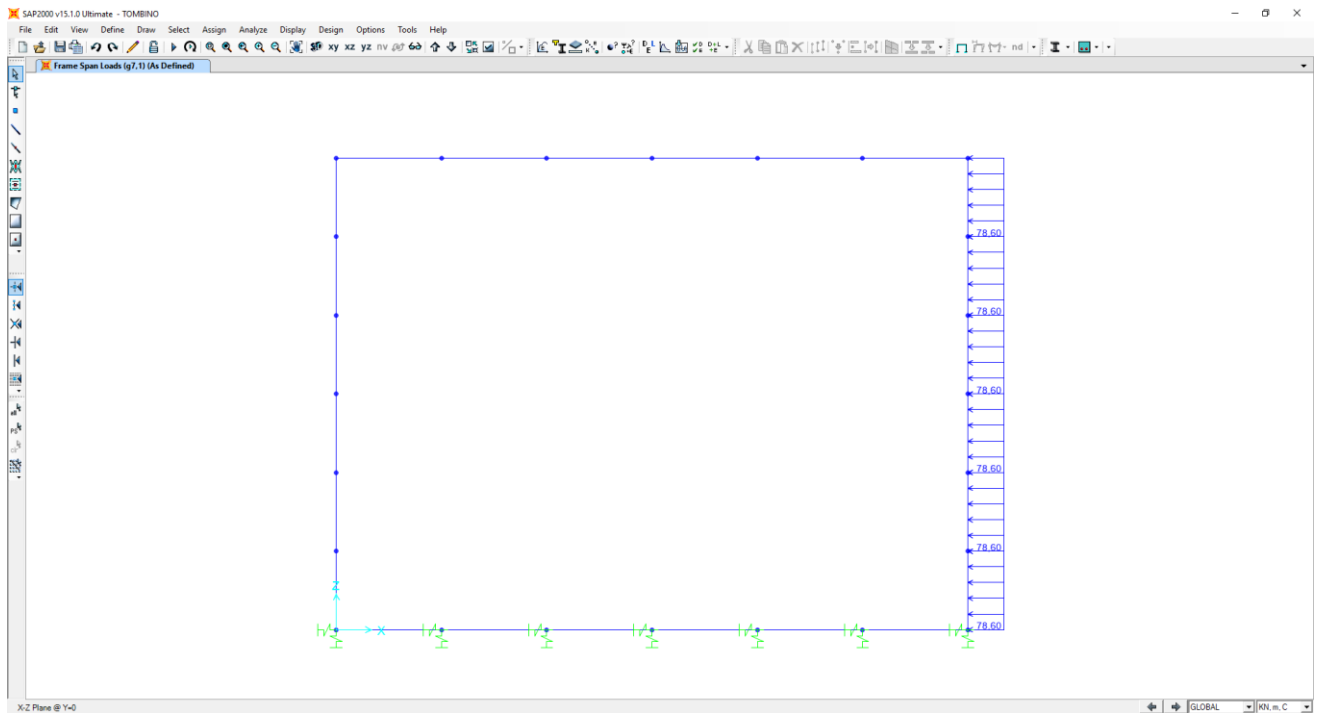
10.4. Spinta del terreno sul ritto destro ($g_{5,1}$)



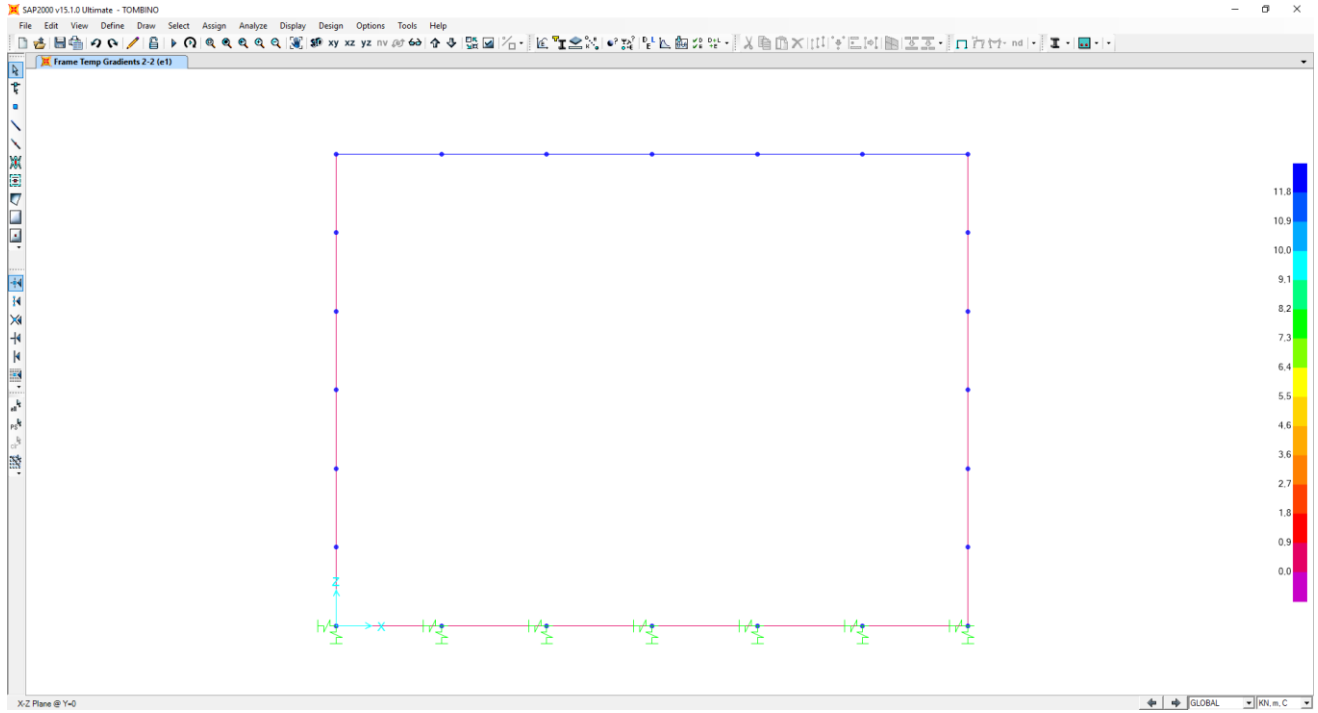
10.5. Spinta del sovraccarico permanente sul ritto sinistro ($g_{6,1}$)



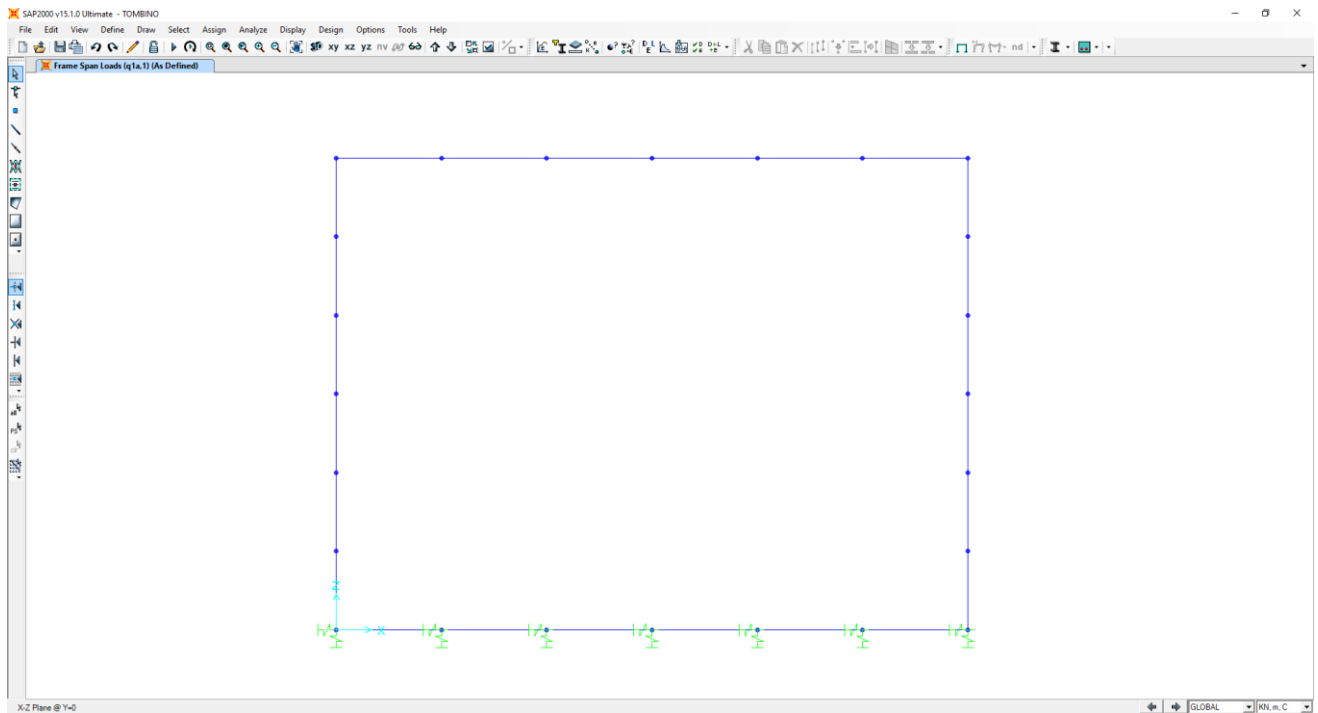
10.6. Spinta del sovraccarico permanente sul ritto destro ($g_{7,1}$)



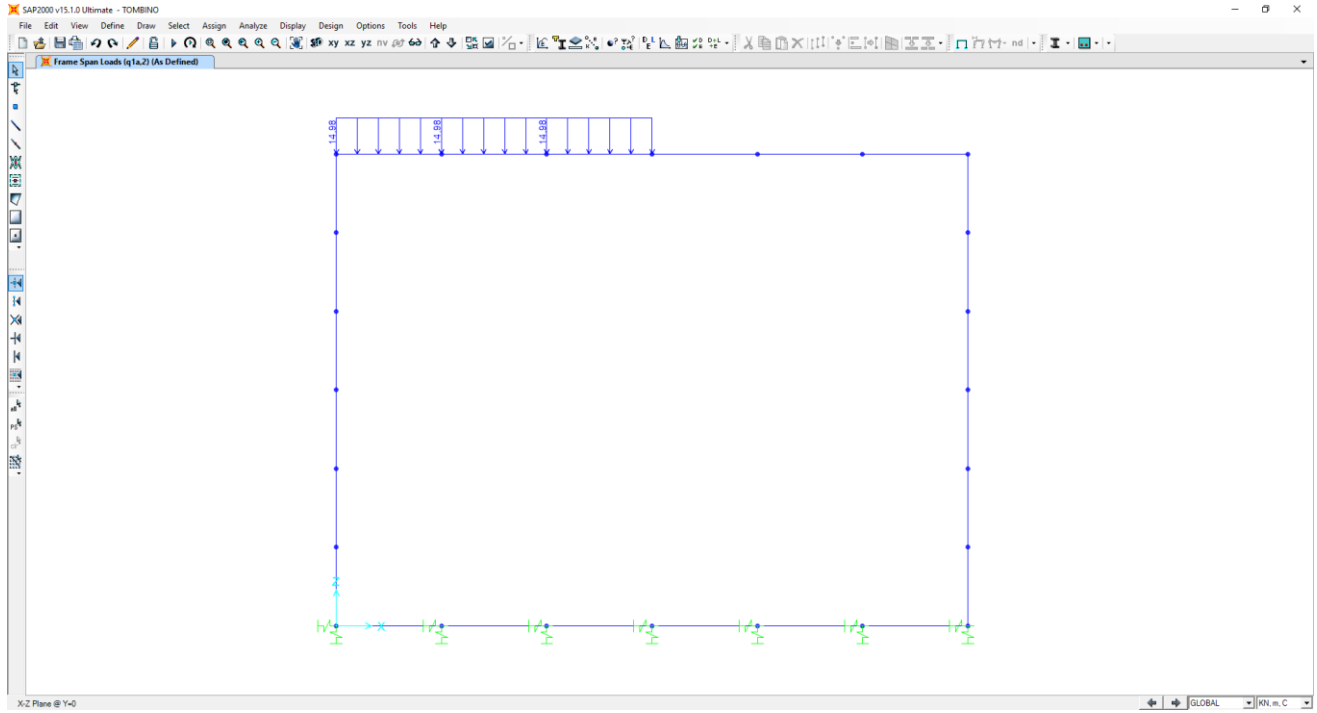
10.7. Azione del ritiro sulla soletta superiore (e_1)



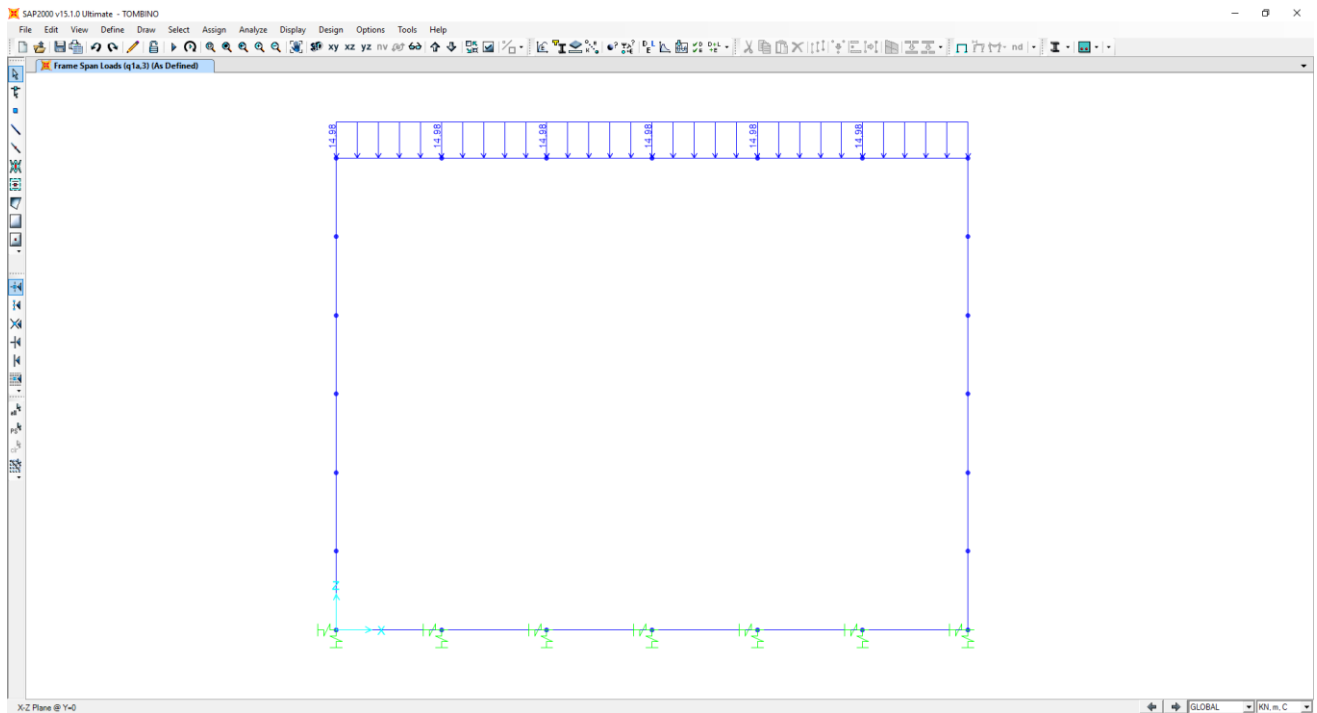
10.8. Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 1 ($q_{1a,1}$)



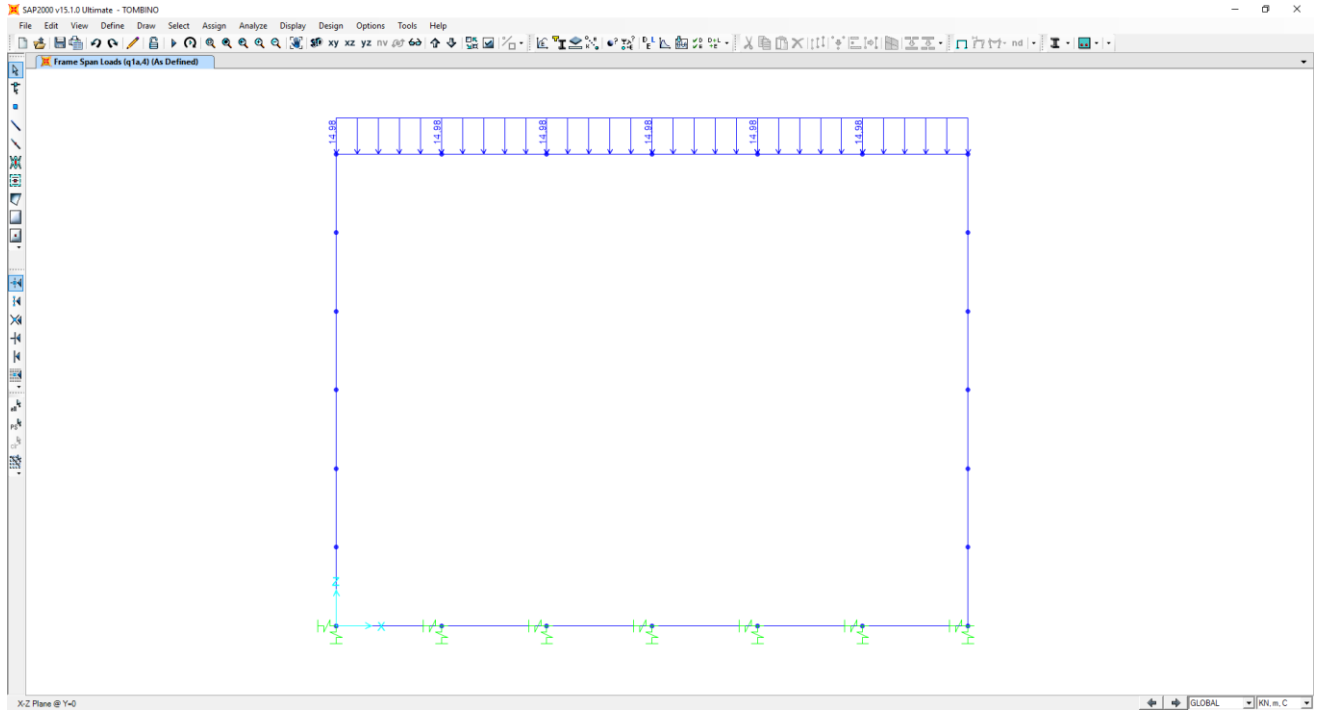
10.9. Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 2 ($q_{1a,2}$)



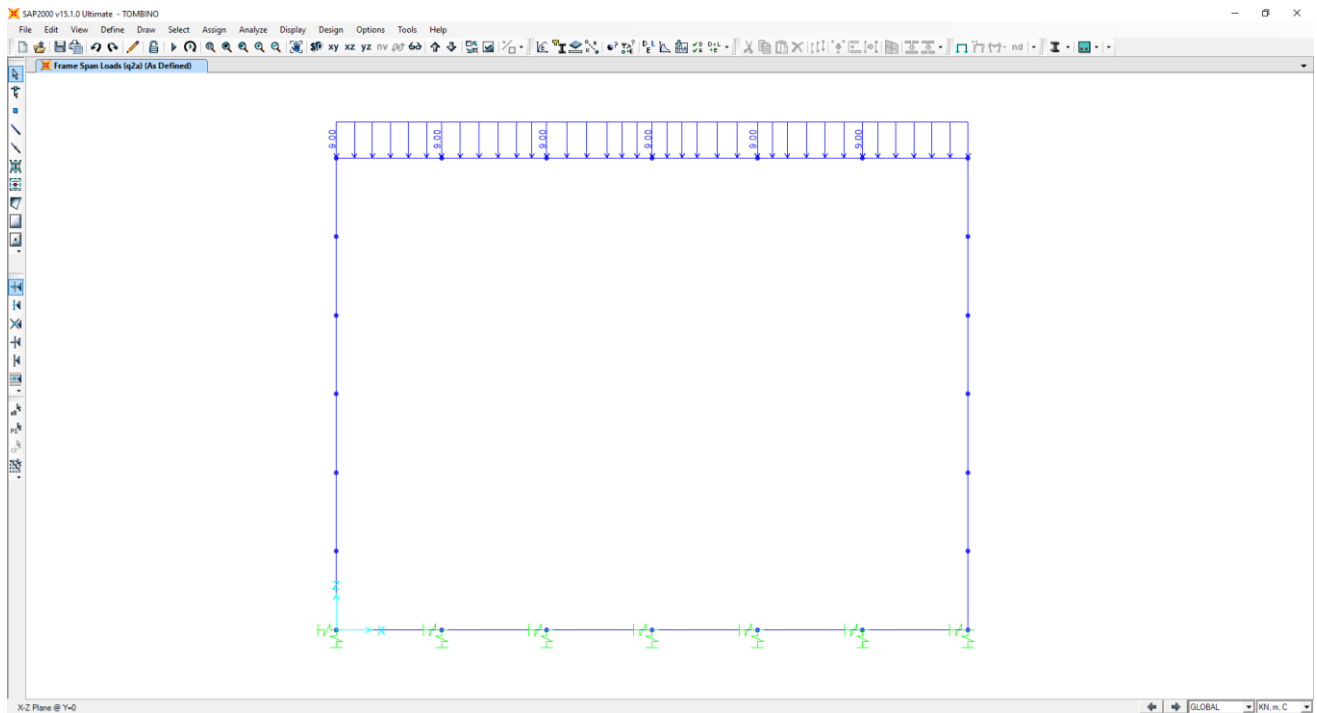
10.10. Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 3 ($q_{1a,3}$)



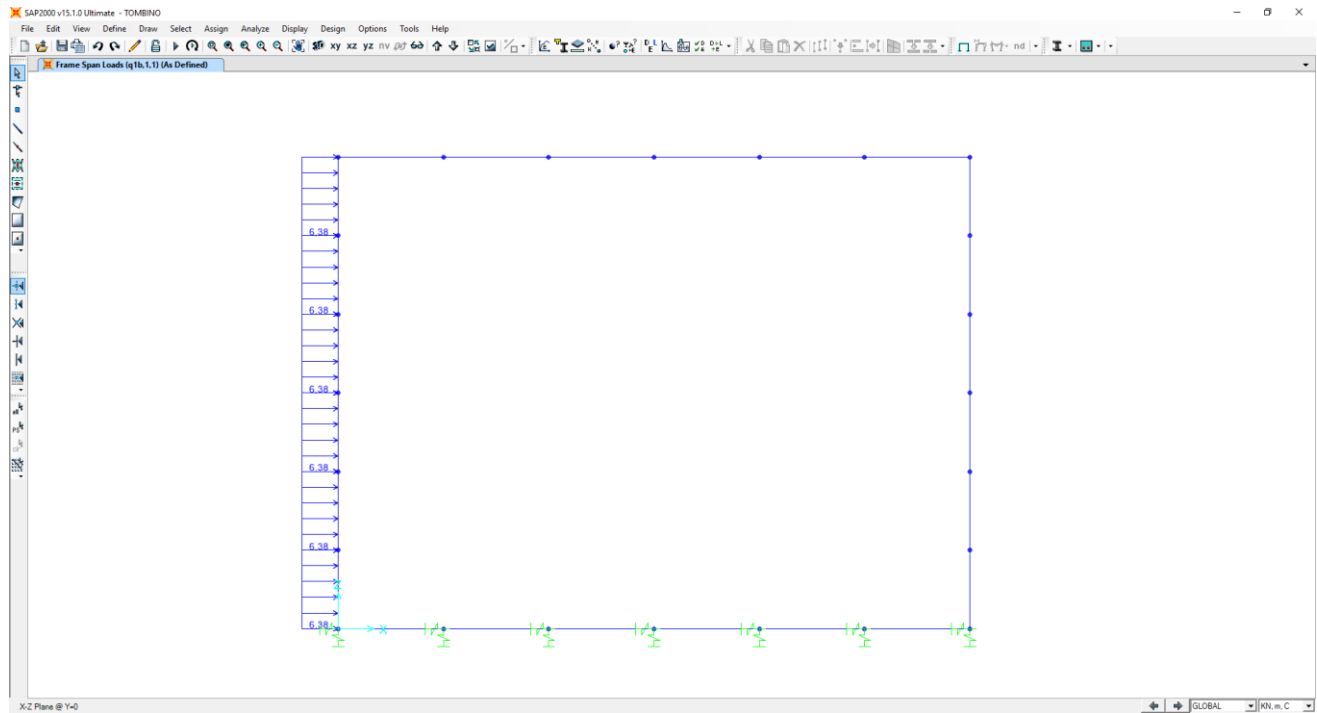
10.11. Carico accidentale da traffico concentrato diffuso – Disposizione 4 ($q_{1a,4}$)



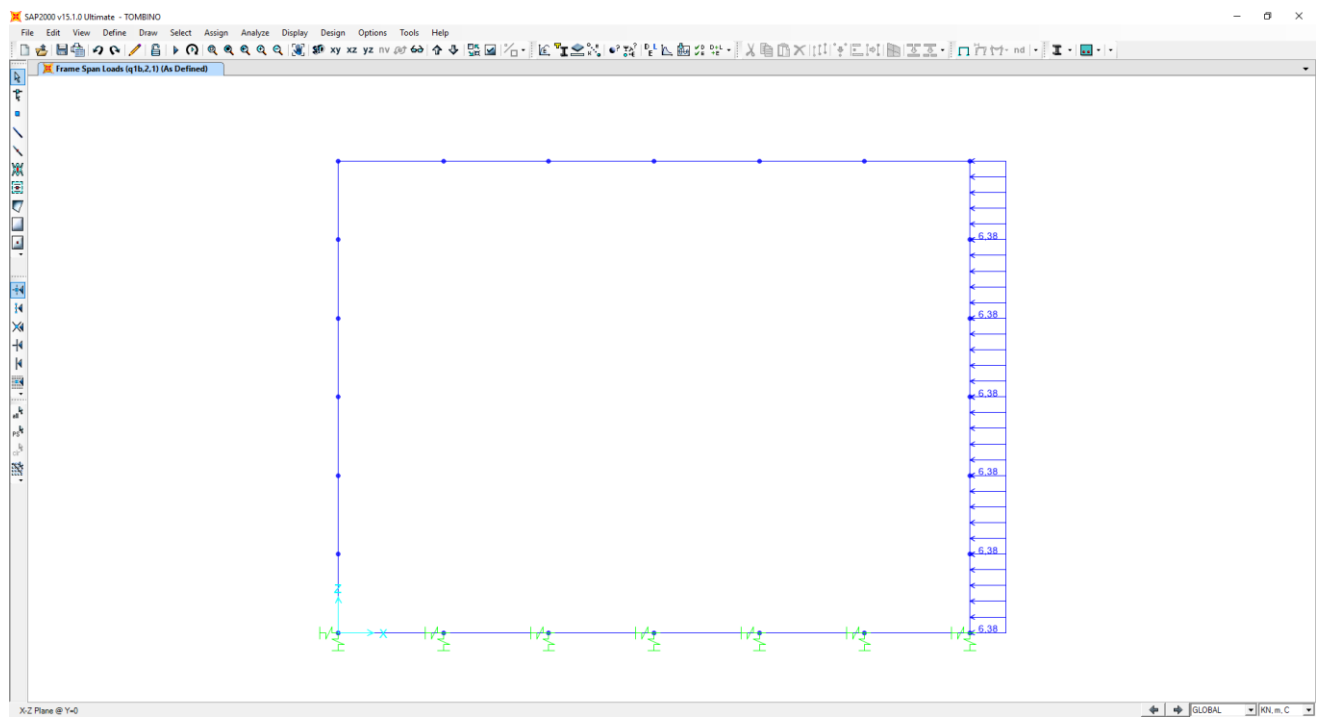
10.12. Carico accidentale da traffico distribuito (q_{2a})



10.13. Spinta del sovraccarico accidentale da traffico concentrato diffuso sul ritto sinistro ($q_{1b,1,1}$)

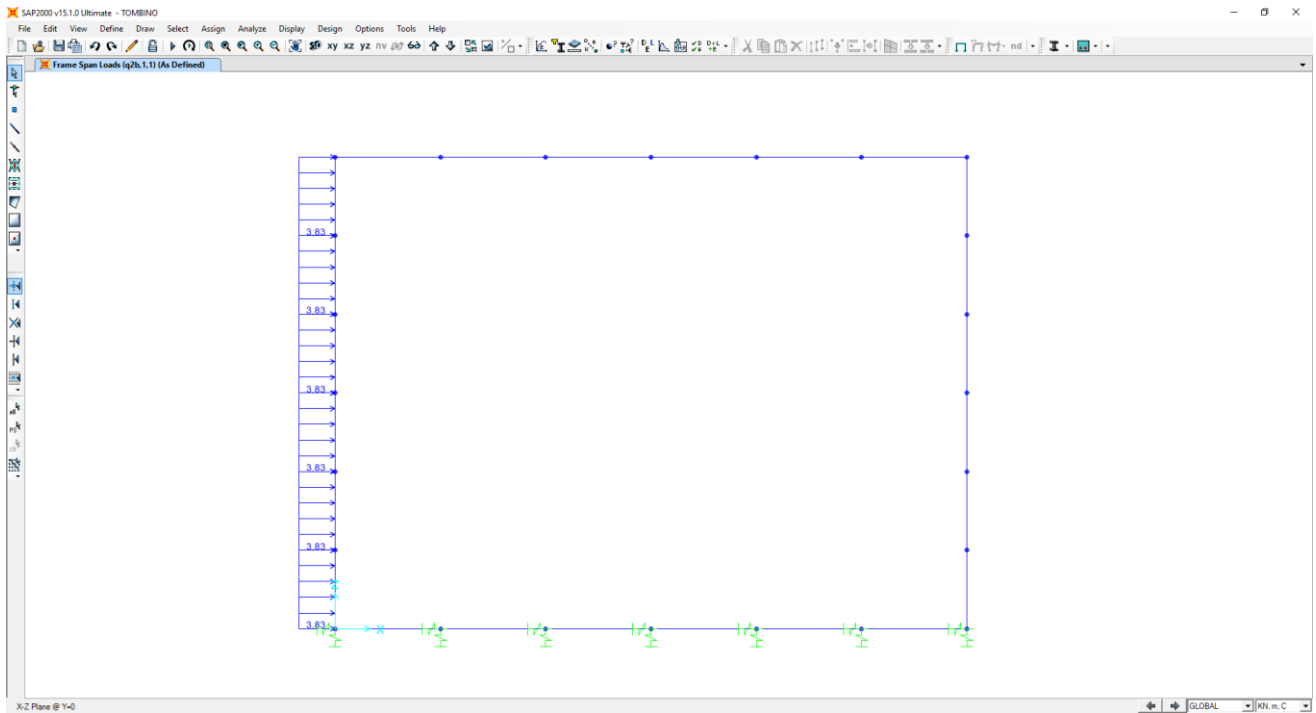


10.14. Spinta del sovraccarico accidentale da traffico concentrato diffuso sul ritto destro ($q_{1b,2,1}$)



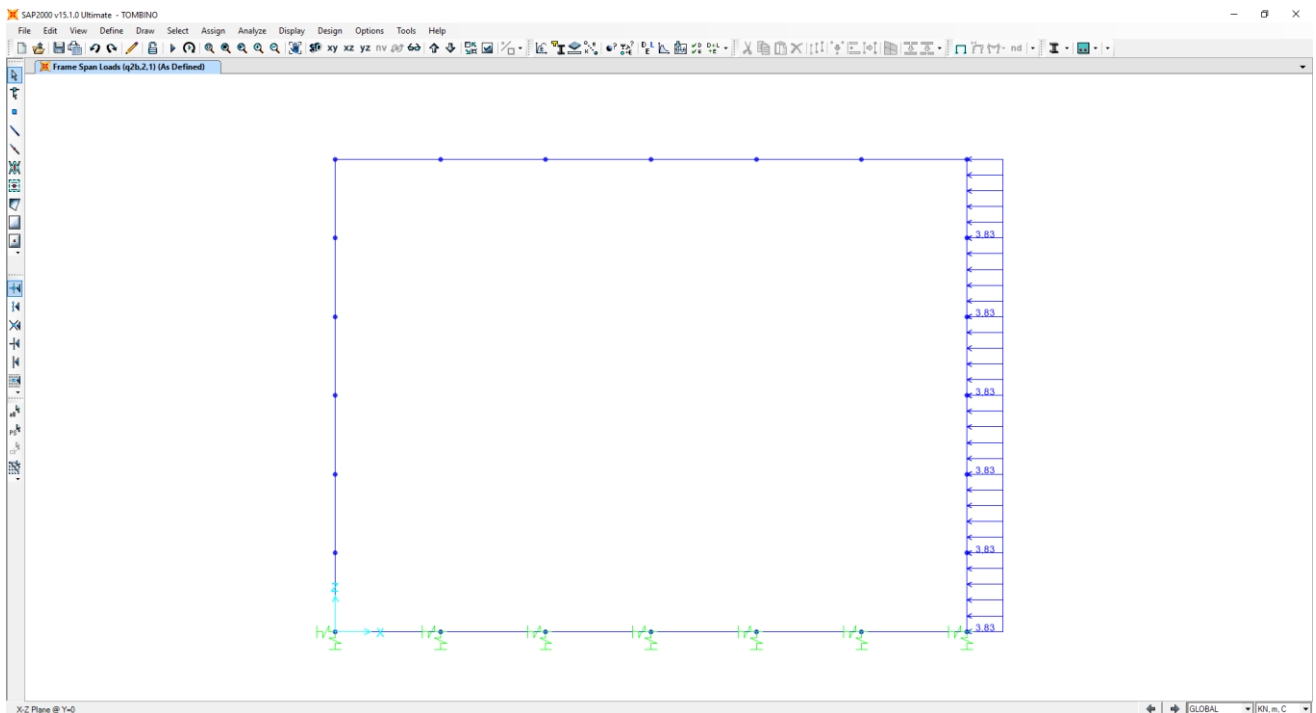
1.1 Spinta del sovraccarico accidentale da traffico distribuito sul ritto sinistro

$(q_{2b,1,1})$



10.15. Spinta del sovraccarico accidentale da traffico distribuito sul ritto destro

$(q_{2b,2,1})$



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

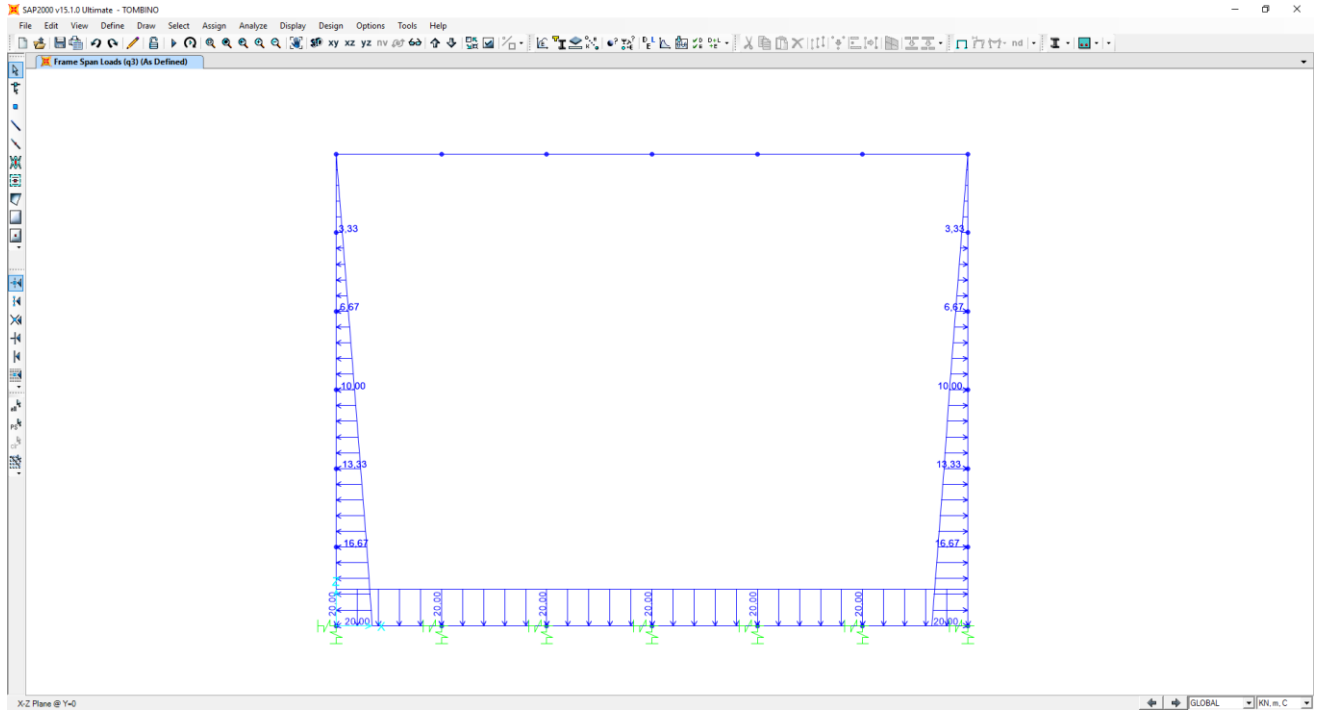


A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC

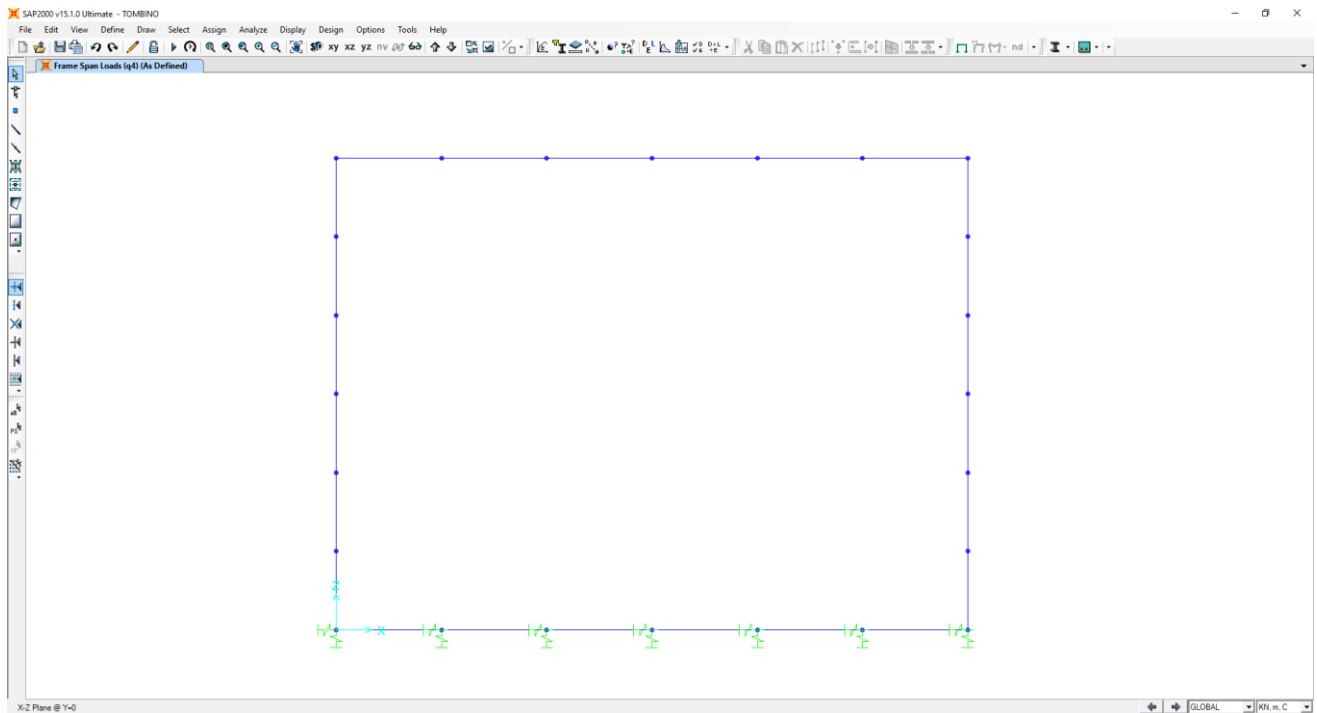
Relazione di calcolo

Foglio
91 di
126

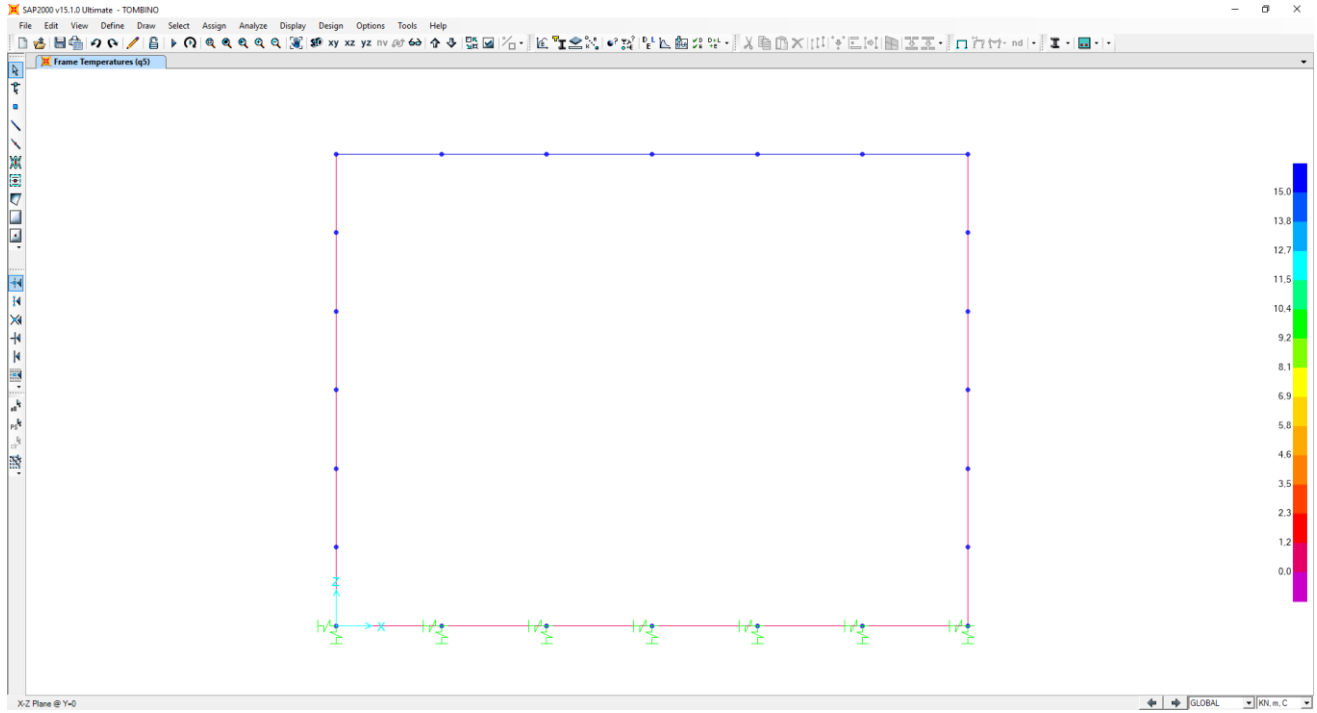
10.16. Carico accidentale da traffico sulla soletta inferiore (q_3)



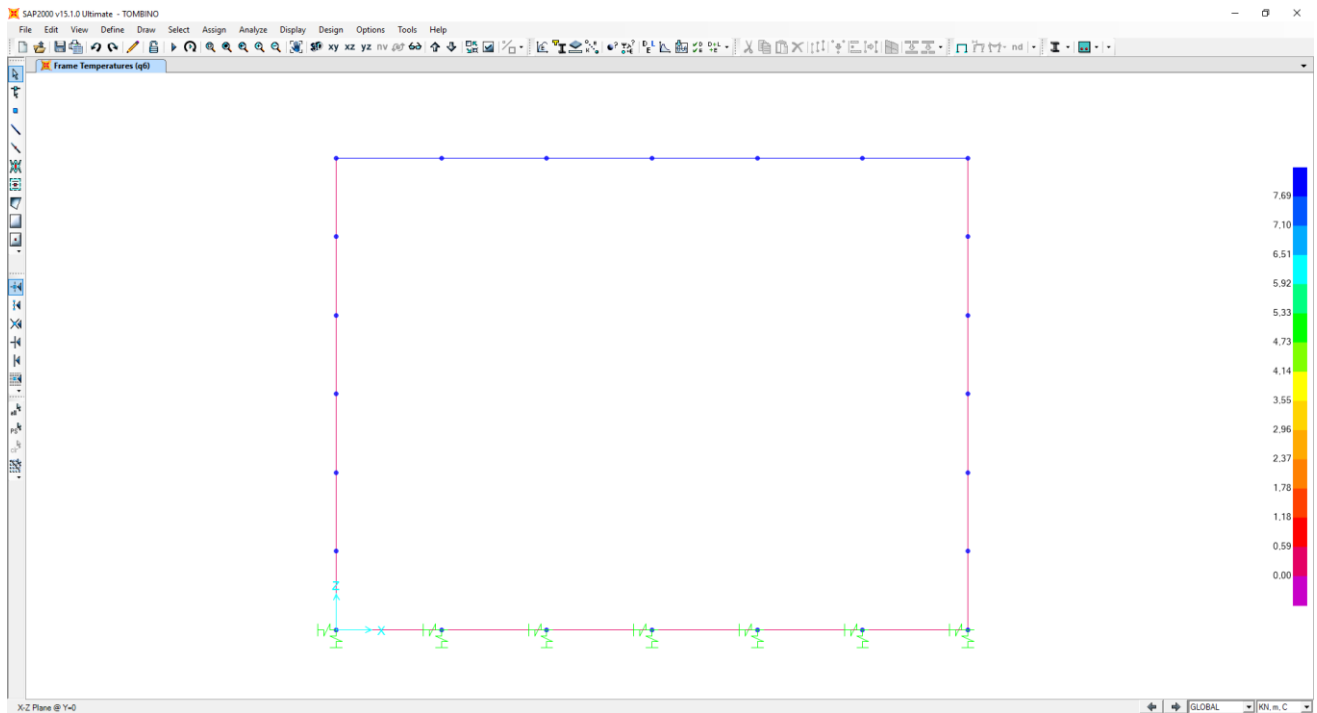
10.17. Azione orizzontale della frenatura sulla soletta superiore (q_4)



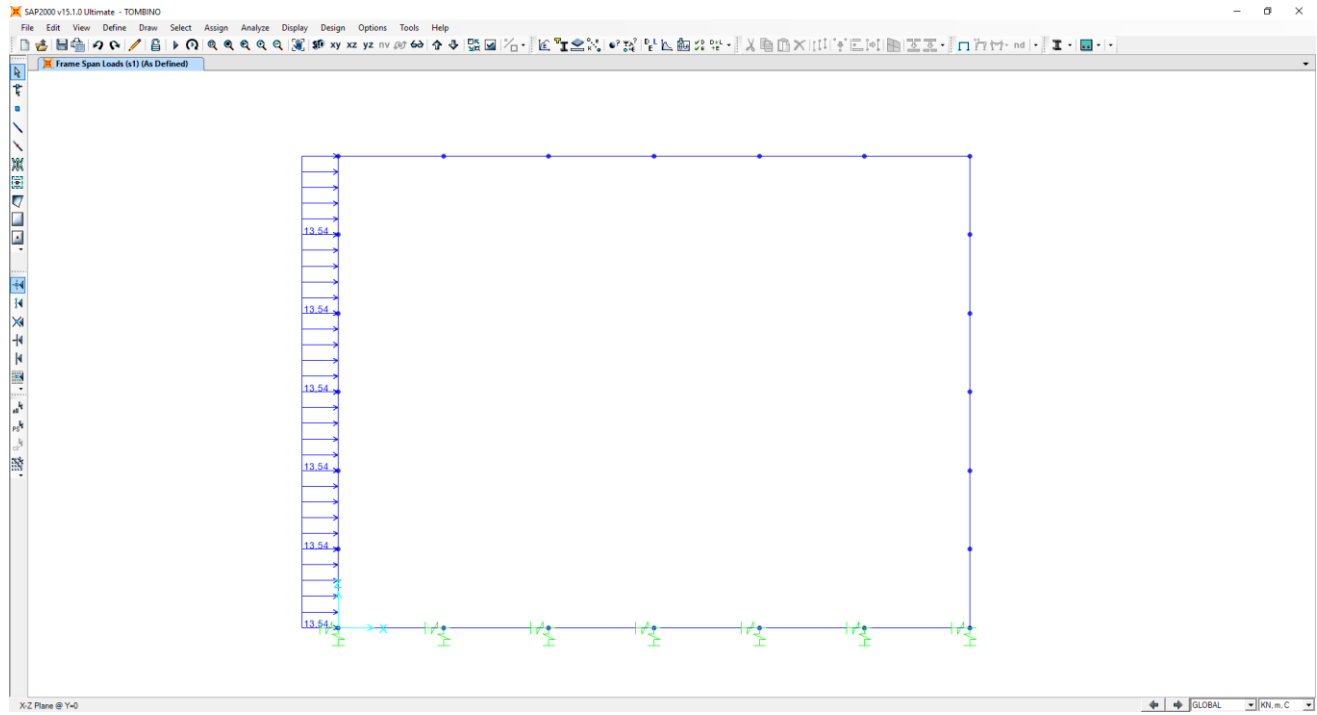
10.18. Azione termica longitudinale sulla soletta superiore (q_5)



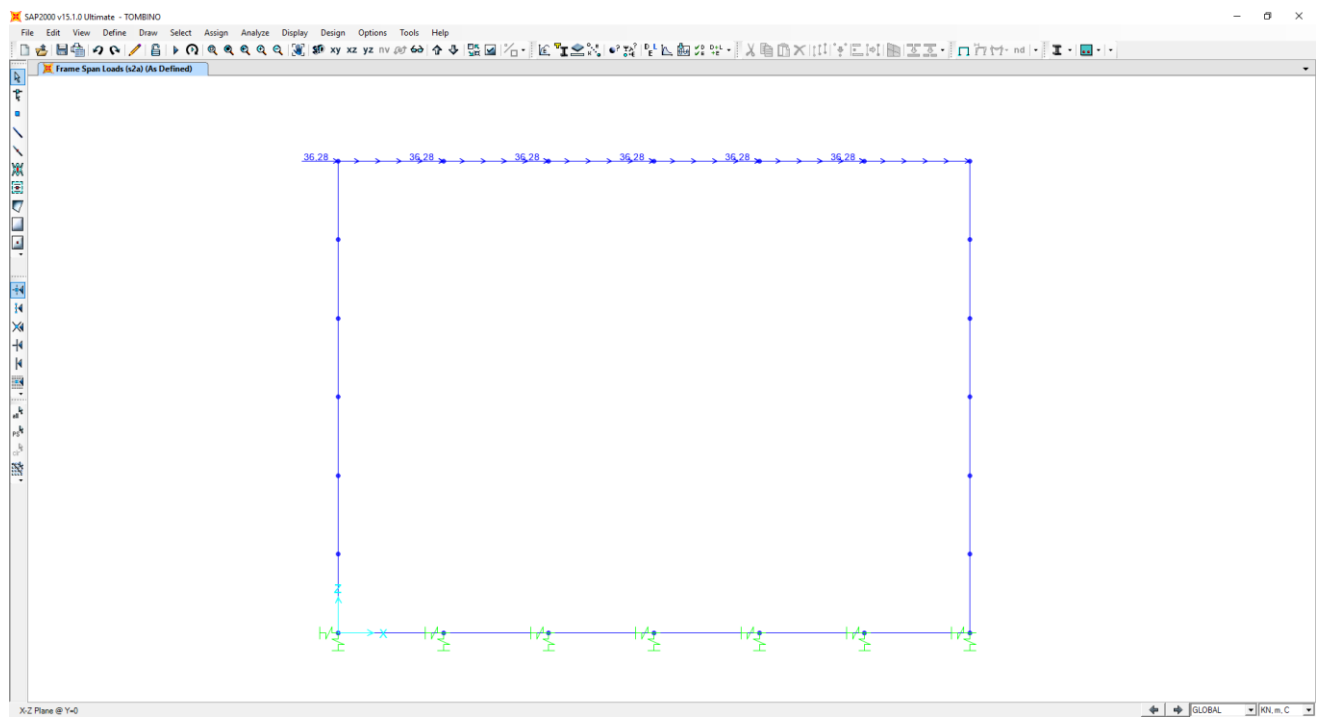
10.19. Azione termica differenziale (q_6)



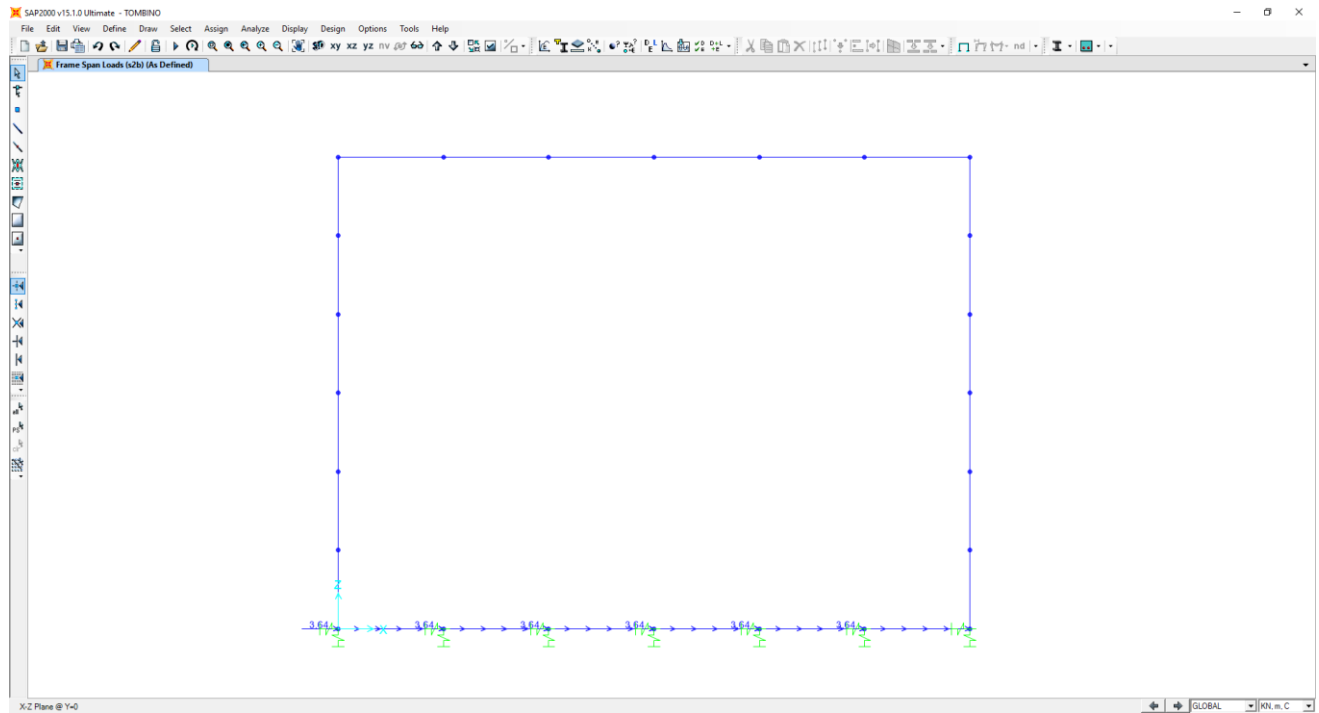
10.20. Sovrappinta dinamica del terreno sul ritto sinistro (s_1)



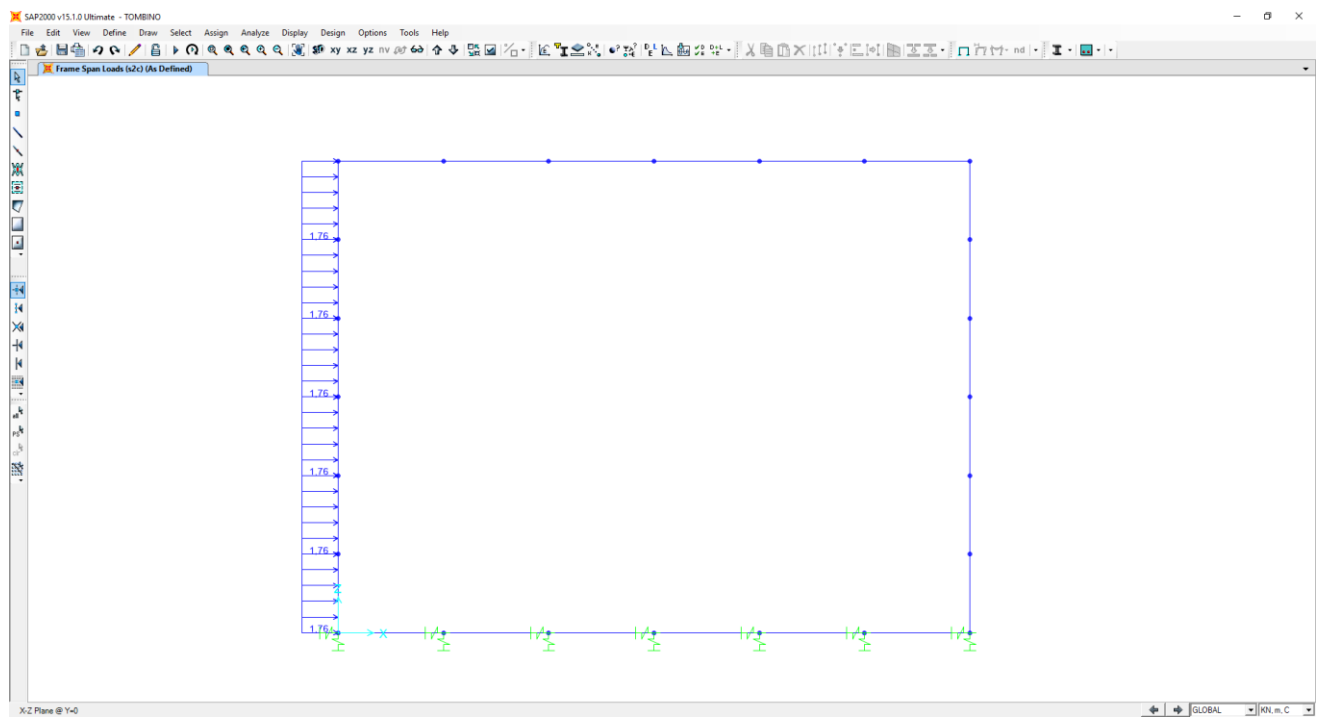
10.21. Azione inerziale orizzontale della soletta superiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2a})



10.22. Azione inerziale orizzontale della soletta inferiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2b})

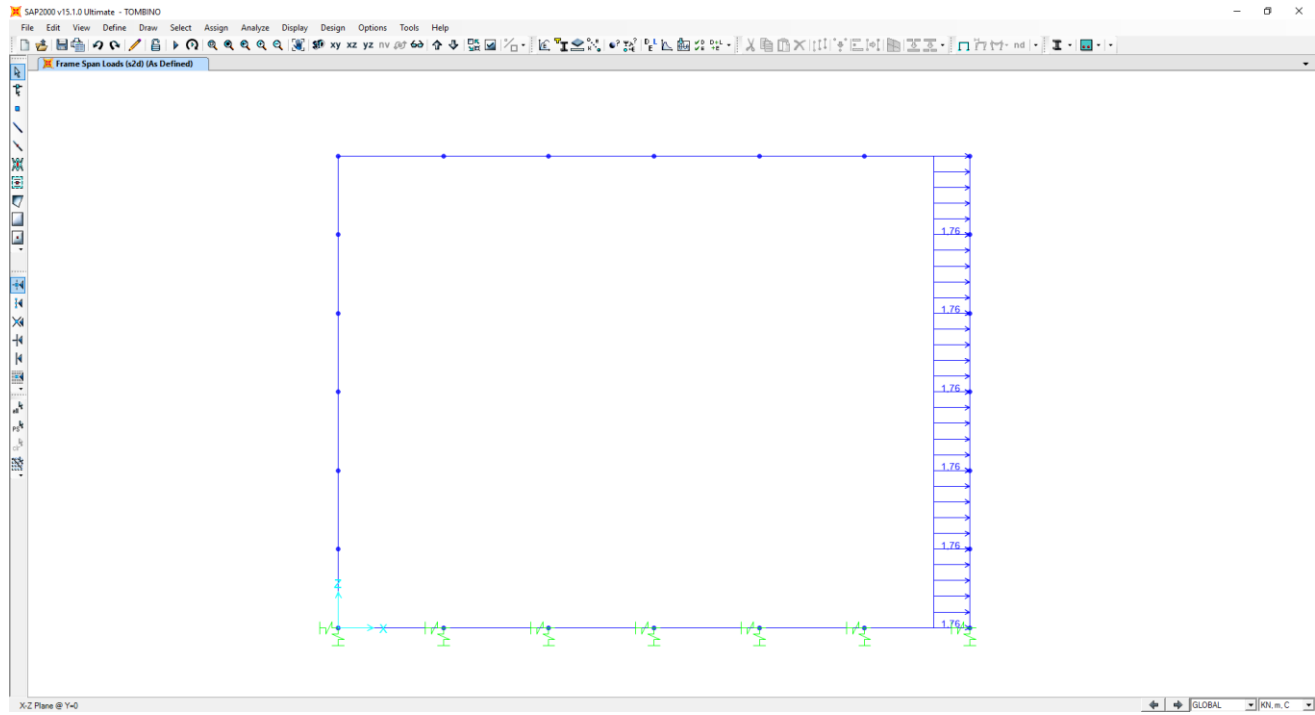


10.23. Azione inerziale orizzontale del ritto sinistro (s_{2c})





10.24. Azione inerziale orizzontale del ritto destro (s_{2d})

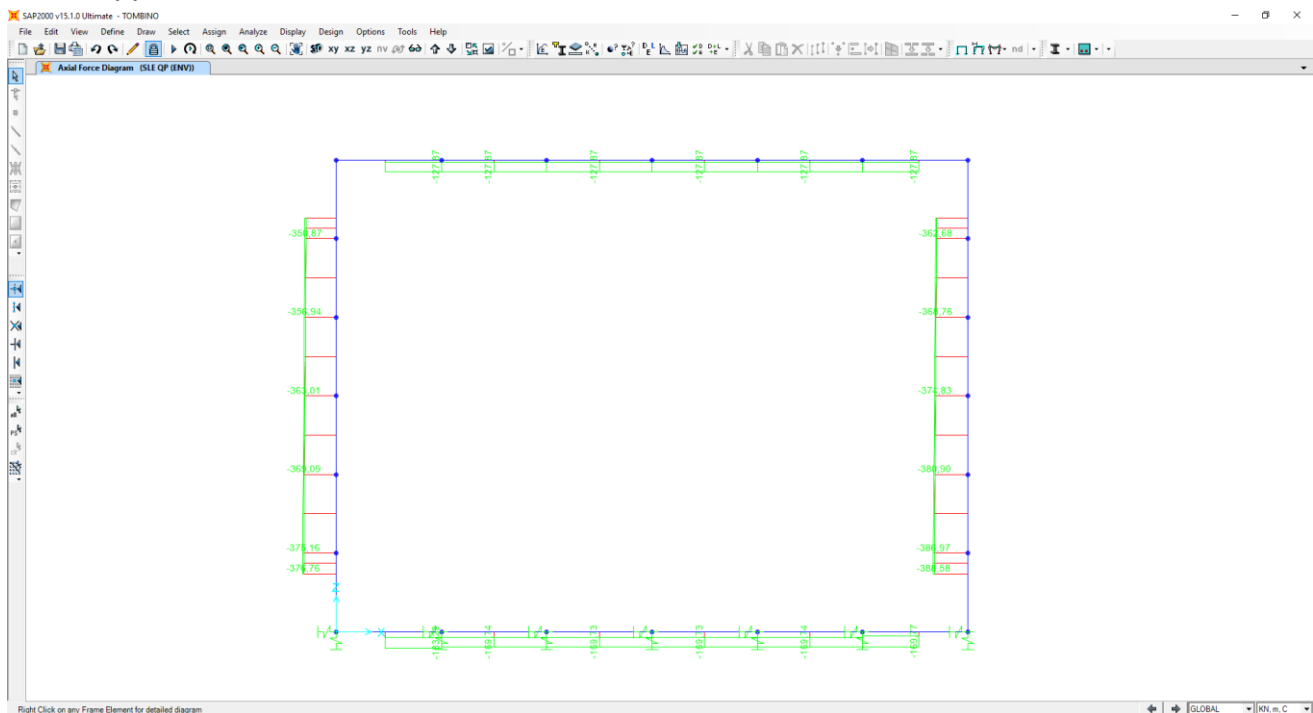


11. VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI

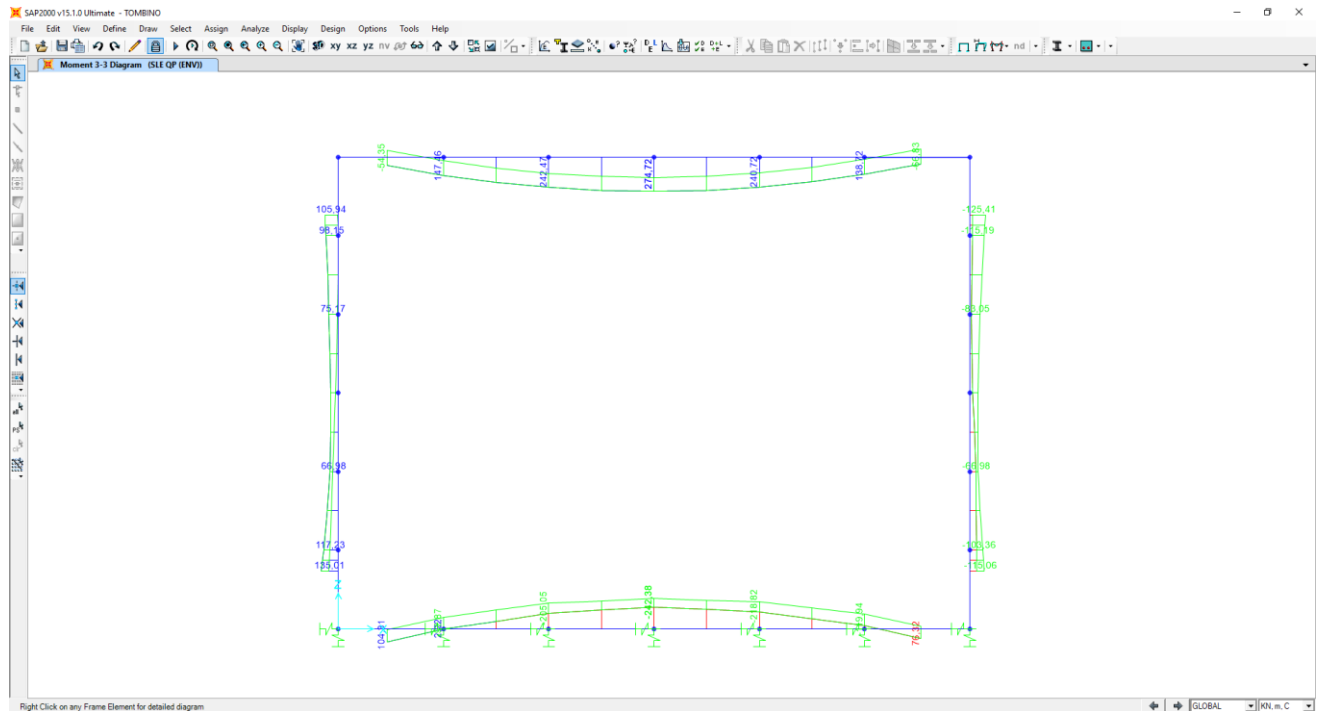
Nei paragrafi successivi sono riportati i diagrammi delle azioni sollecitanti sugli elementi strutturali per le diverse combinazioni di carico considerate.

11.1. Combinazioni SLE – Quasi Permanenti

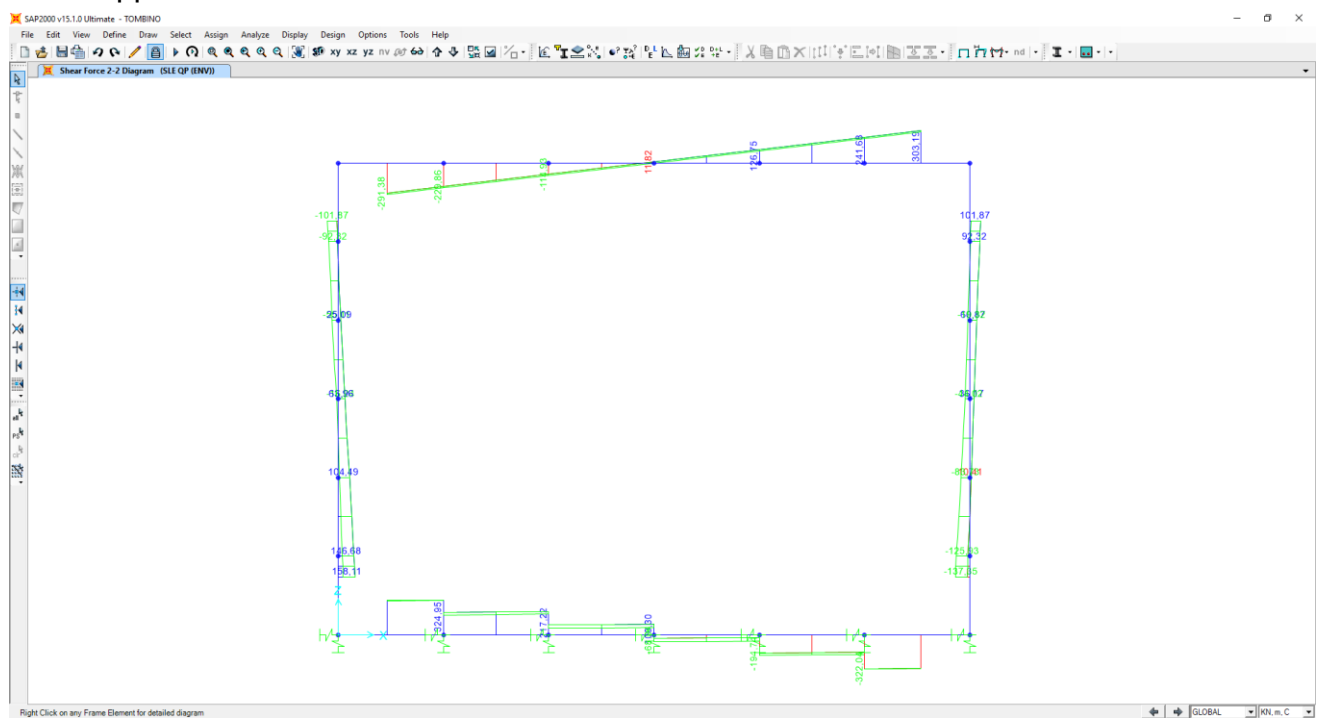
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di inviluppo delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento del momento flettente per la combinazione di involucro delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:

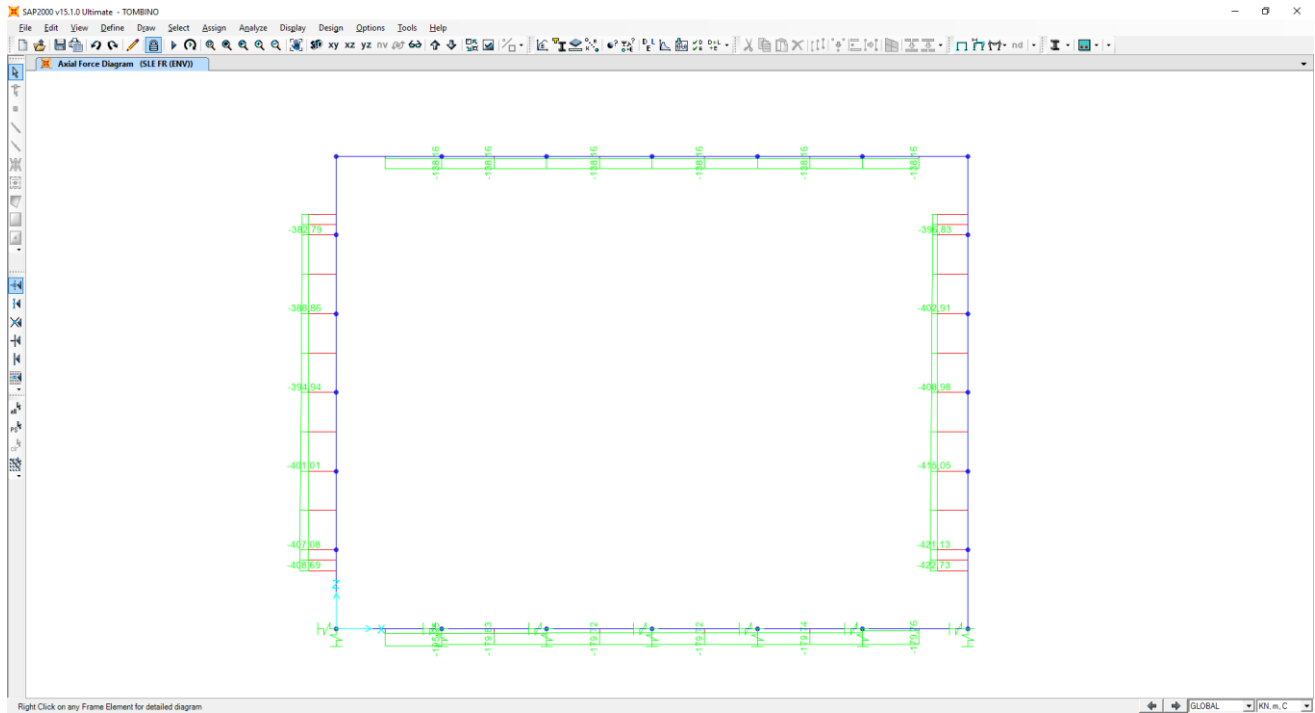


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involucro delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:

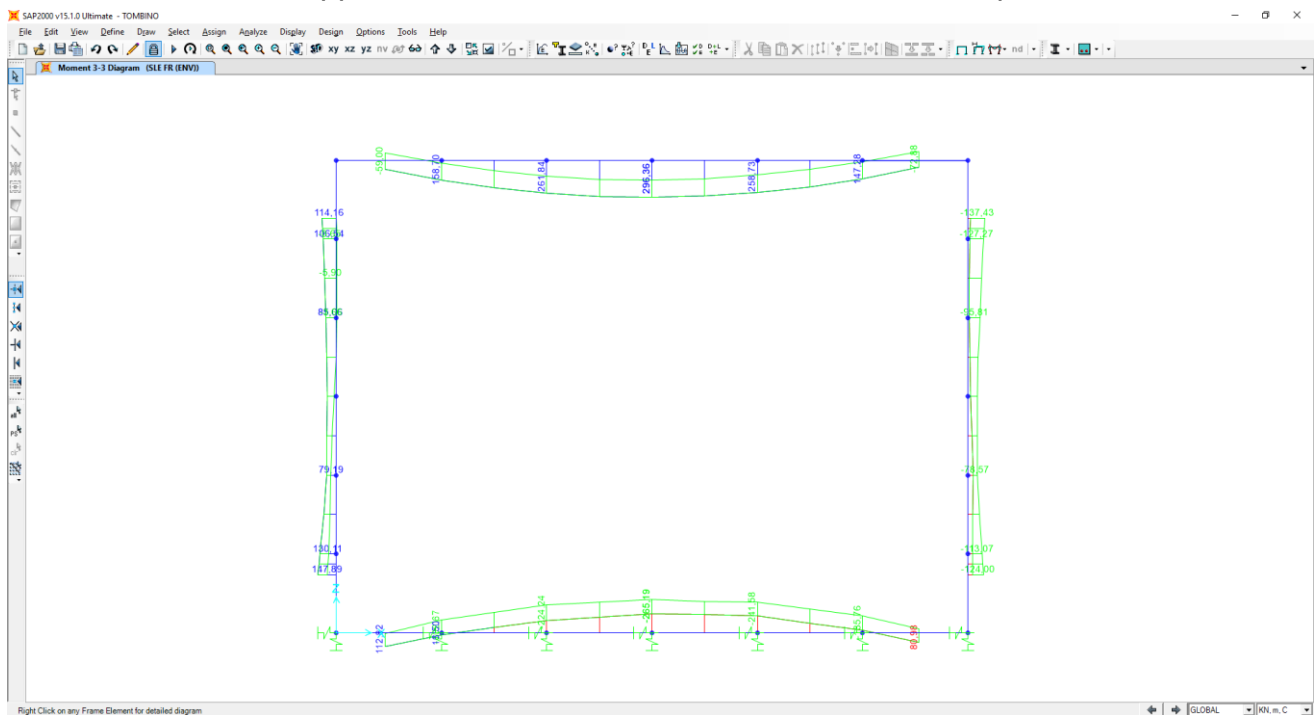


11.2. Combinazioni SLE – Frequenti

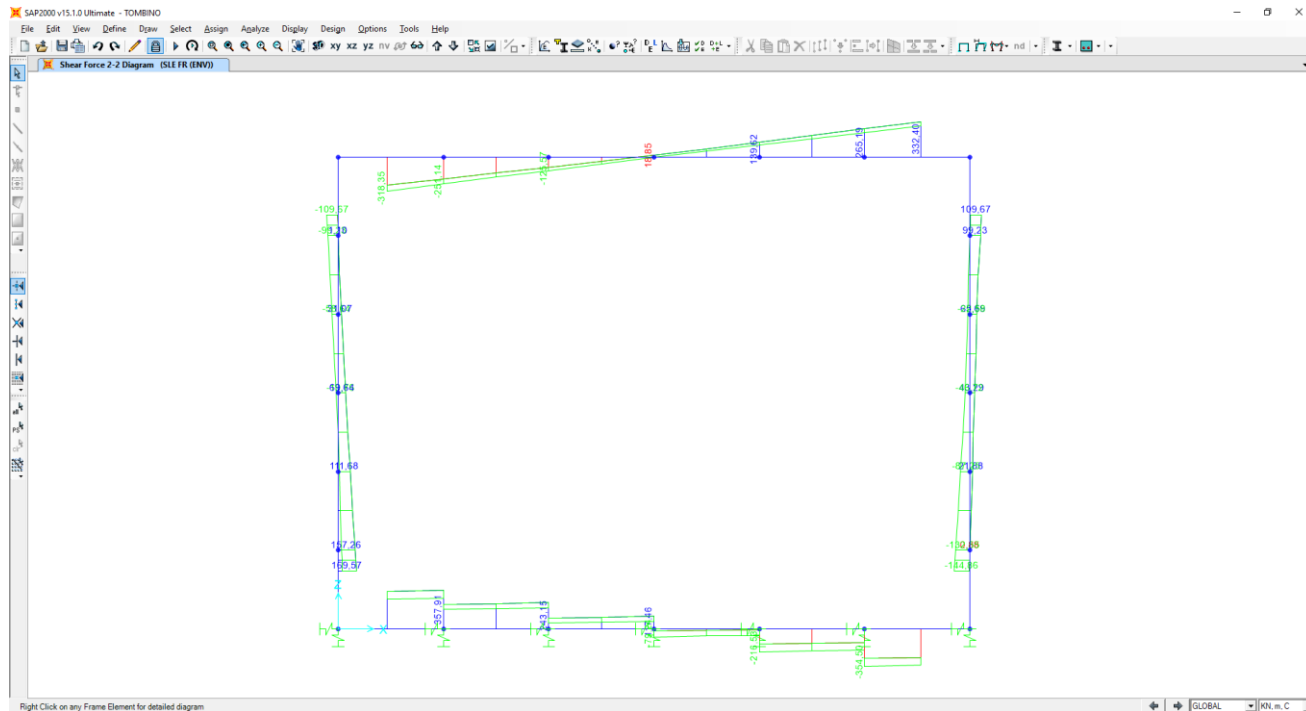
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento del momento flettente per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:

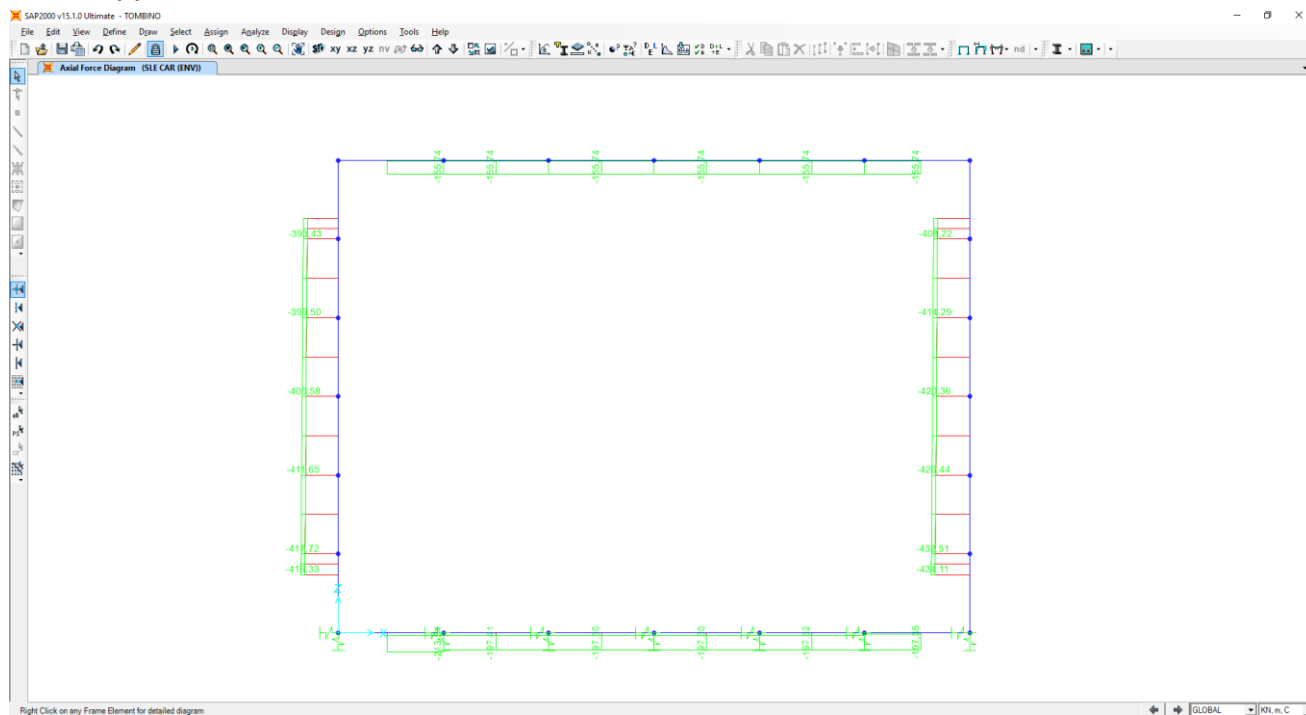


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:

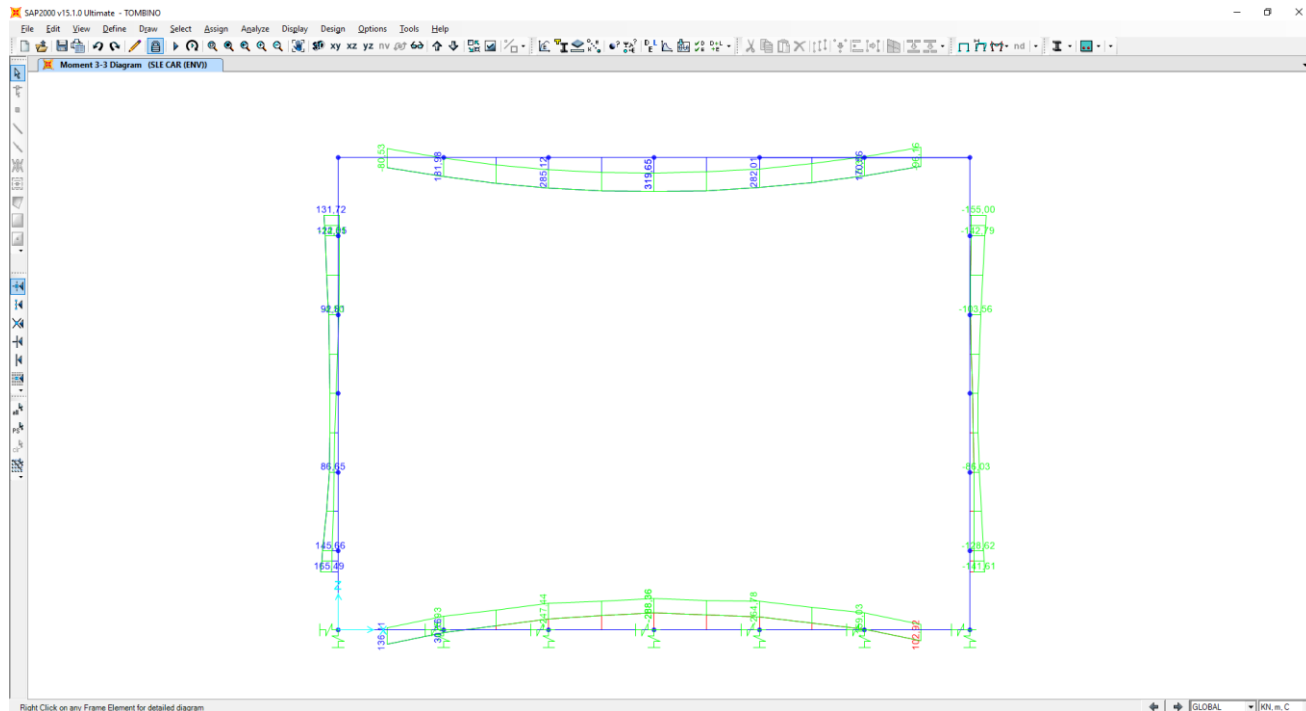


11.3. Combinazioni SLE – Caratteristiche

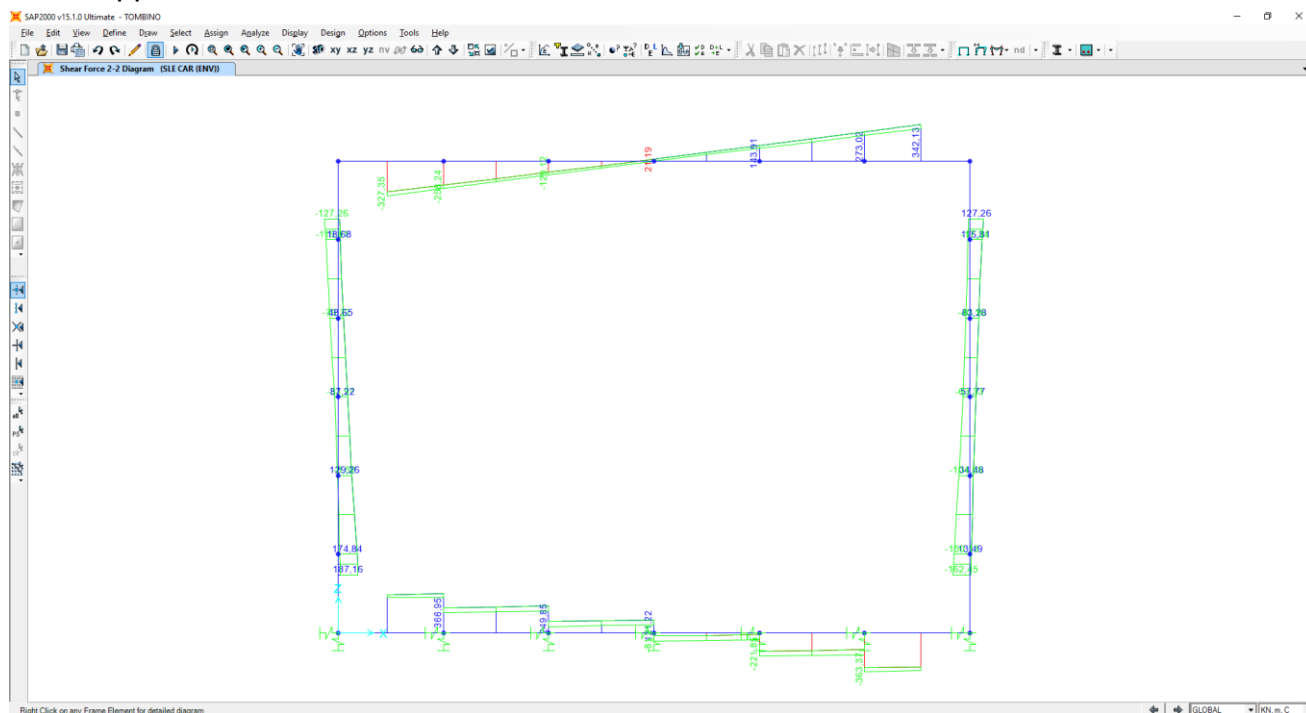
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:



Nel diagramma successivo è riportato l'andamento del momento flettente per la combinazione di involucro delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:

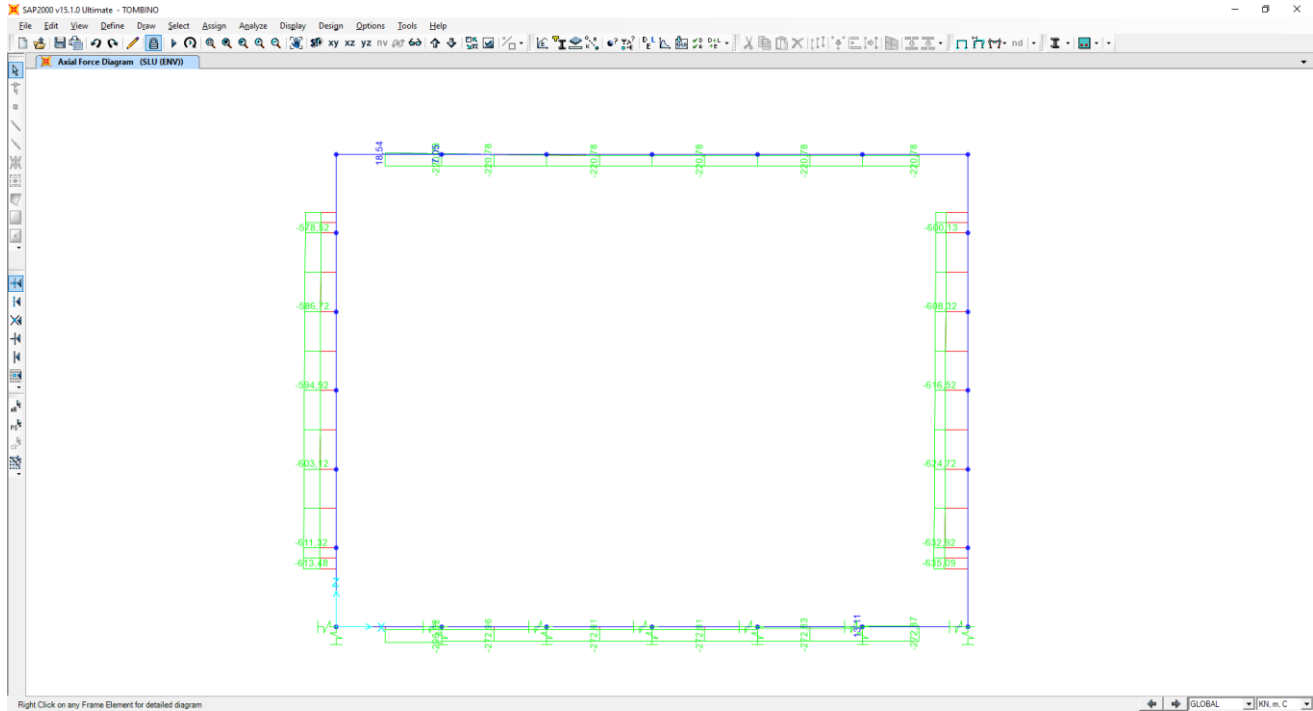


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involucro delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:

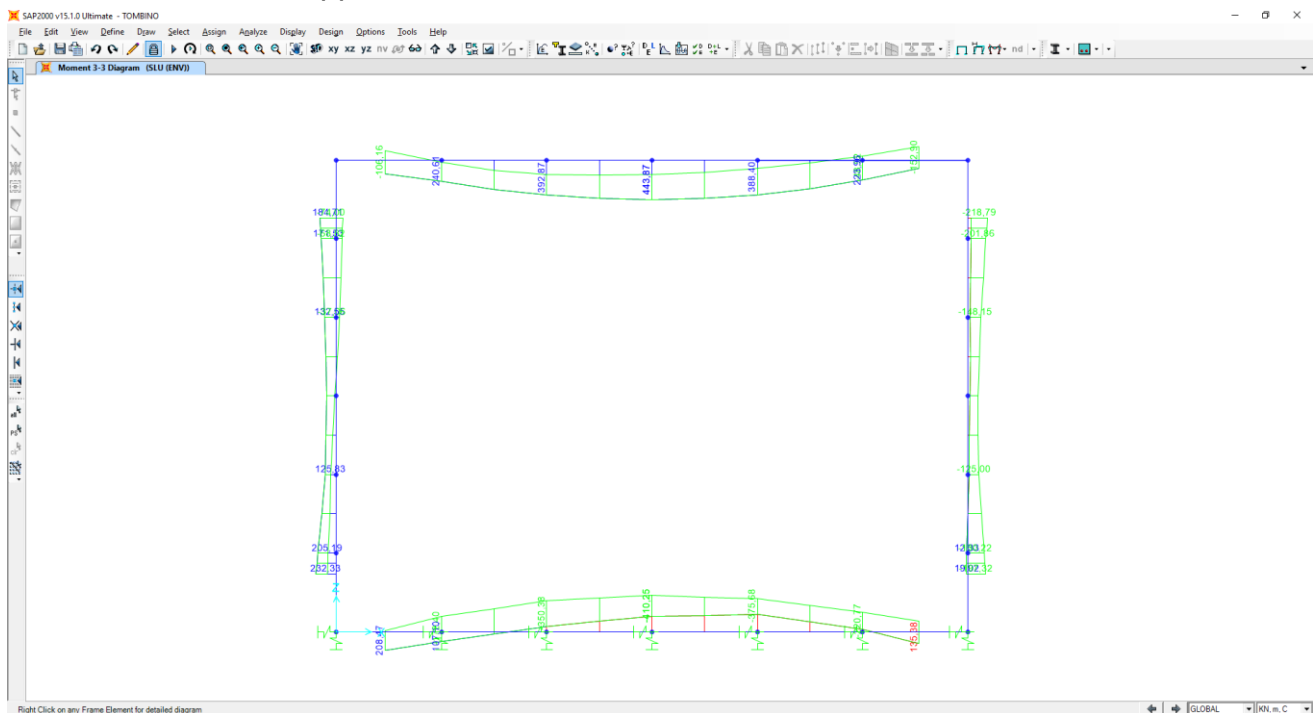


11.4. Combinazioni SLU

Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLU statiche (STR) e sismiche (SLV):

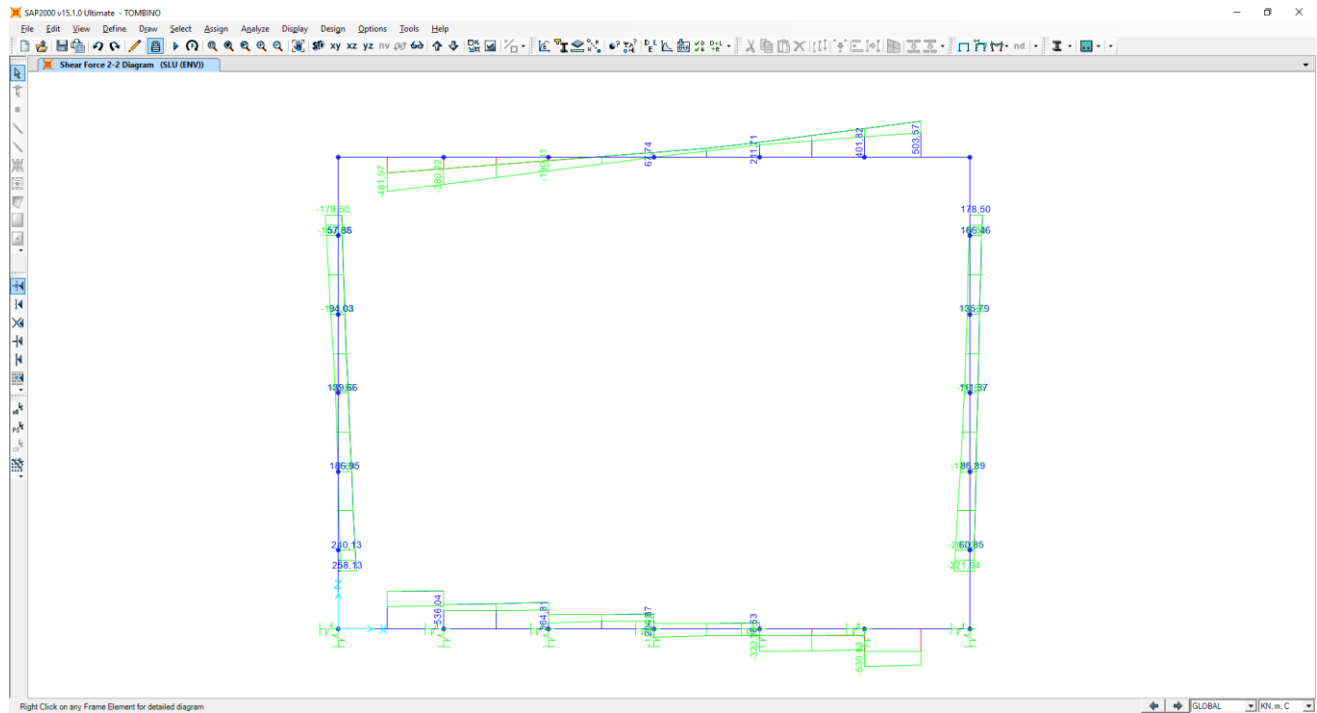


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento del momento flettente per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLU – STR:





Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di iniluppo delle combinazioni di carico allo SLU – STR:



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo		Foglio 104 di 126

12. ARMATURA DEL TOMBINO

POSIZIONE FERRI SOLETTA SUPERIORE	DIAMETRO BARRE			PASSO BARRE		
Armatura superiore soletta - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura superiore soletta - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Armatura superiore soletta - infittimento ai nodi	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura inferiore soletta - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura inferiore soletta - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Armatura inferiore soletta - infittimento in mezzzeria	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Eventuali armature a taglio	Φ barre =	12,00	[mm]	passo barre =	20x20	[cm]
Le armature a taglio sono necessarie ai fini delle verifiche	SI					
POSIZIONE FERRI PIEDRITTI	DIAMETRO BARRE			PASSO BARRE		
Armatura esterna - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura esterna - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Armatura interna - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura interna - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Eventuali armature a taglio	Φ barre =	12,00	[mm]	passo barre =	20x20	[cm]
Le armature a taglio sono necessarie ai fini delle verifiche	SI					
POSIZIONE FERRI SOLETTA INFERIORE	DIAMETRO BARRE			PASSO BARRE		
Armatura superiore soletta - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura superiore soletta - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Armatura superiore soletta - infittimento in mezzzeria	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura inferiore soletta - 1° strato	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Armatura inferiore soletta - 2° strato	Φ barre =		[mm]	passo barre =		[cm]
Armatura inferiore soletta - infittimento ai nodi	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	10,00	[cm]
Eventuali armature a taglio	Φ barre =	20,00	[mm]	passo barre =	40x40	[cm]
Le armature a taglio sono necessarie ai fini delle verifiche	SI					

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
105 di
126

13. VERIFICHE STRUTTURALI CANNA TOMBINO

13.1. Verifiche soletta superiore

Poiché la soletta è armata in maniera costante, doppia e simmetrica lungo tutto il suo sviluppo, le verifiche verranno eseguite in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate.

13.1.1. Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo

Nella tabella successiva sono riportati i valori delle azioni sollecitanti maggiormente gravose per le differenti combinazioni di carico considerate.

Sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni sollecitanti:

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	S.S-6	QP.1	-127,87	229,86	28,18
	N_{min}	S.S-5	QP.8	-26,91	114,93	240,72
	M_{max}	S.S-3	QP.8	-26,91	0,00	274,72
	M_{min}	S.S-6	QP.9	-107,11	303,19	-66,83
	V_{max}	S.S-6	QP.9	-107,11	303,19	-66,83
SLE FREQUENTE	N_{max}	S.S-1	FR.37	-138,16	-318,35	-57,25
	N_{min}	S.S-1	FR.56	-22,90	-300,34	59,61
	M_{max}	S.S-3	FR.80	-23,00	1,16	296,36
	M_{min}	S.S-6	FR.21	-113,49	320,35	-72,88
	V_{max}	S.S-6	FR.33	-113,54	332,40	-72,13
SLE CARATTERISTICA	N_{max}	S.S-1	CAR.325	-155,74	-318,35	-80,53
	N_{min}	S.S-1	CAR.344	-5,32	-300,34	82,89
	M_{max}	S.S-3	CAR.368	-5,41	1,16	319,65
	M_{min}	S.S-6	CAR.309	-131,08	320,35	-96,16
	V_{max}	S.S-6	CAR.33	-119,20	342,13	-78,55

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	S.S-1	STR.325	-220,78	-469,74	-106,16
	N_{min}	S.S-1	STR.344	-24,96	-445,48	94,27
	M_{max}	S.S-3	STR.368	-25,08	1,56	443,87
	M_{min}	S.S-6	STR.309	-184,65	474,10	-129,03
	V_{max}	S.S-6	STR.33	-170,75	503,57	-108,07
SLU - SISMA	N_{max}	S.S-6	SISMA-1	-191,25	347,30	-140,41
	N_{min}	S.S-1	SISMA-8	18,54	-235,45	137,89
	M_{max}	S.S-3	SISMA-8	-25,15	-1,55	280,58
	M_{min}	S.S-6	SISMA-9	-170,50	359,11	-152,90
	V_{max}	S.S-6	SISMA-9	-170,50	359,11	-152,90

Con:

- N_{max} sono indicate le azioni normali di compressione massime.
- N_{min} sono indicate le azioni normali di compressione minime o di trazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 106 di 126

13.1.2. Sezione ed armatura di verifica

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 65. L'armatura orizzontale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø20/10 esterni
- Ø20/10 interni

Verranno disposte a taglio staffe Ø12/20x20.

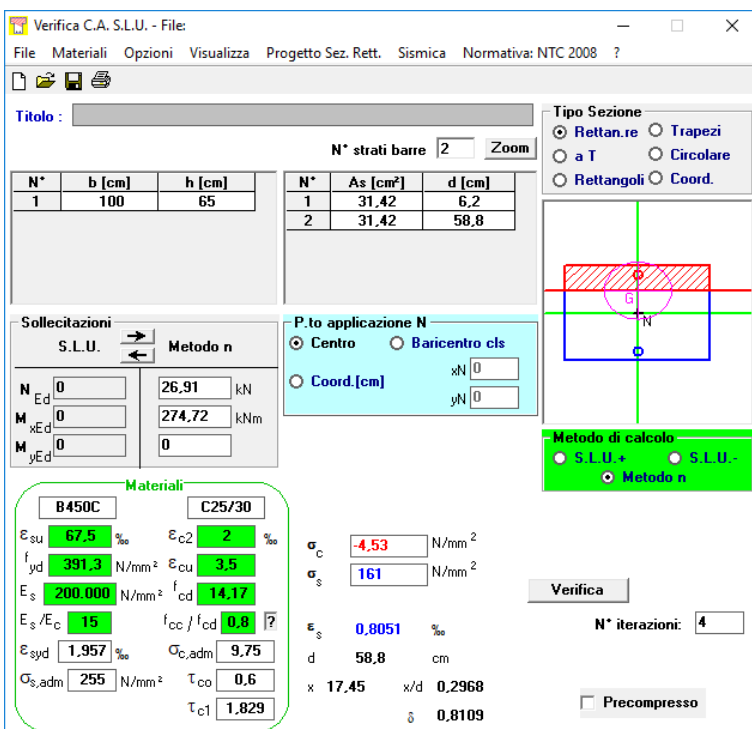
Il copriferro netto minimo è assunto pari a 40 mm

13.1.3. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-QP.9**

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 26,91$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 274,72$ kN/m.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input and output parameters for a rectangular section verification.

Input Parameters:

- Section type: Rettan.re, Trapezi
- Section shape: a T, Circolare
- Section type: Rettangoli, Coord.
- Number of bars: 2
- Material: B450C (steel), C25/30 (concrete)
- Design stress: $\sigma_c = -4,53$ N/mm², $\sigma_s = 161$ N/mm²
- Design moment: $M_{sd} = 274,72$ kNm
- Design normal force: $N_{sd} = 26,91$ kN
- Design stress: $\sigma_c = -4,53$ N/mm², $\sigma_s = 161$ N/mm²
- Design strain: $\epsilon_s = 0,8051$ ‰
- Design moment: $M_{sd} = 274,72$ kNm
- Design normal force: $N_{sd} = 26,91$ kN
- Design stress: $\sigma_c = -4,53$ N/mm², $\sigma_s = 161$ N/mm²
- Design strain: $\epsilon_s = 0,8051$ ‰
- Design moment: $M_{sd} = 274,72$ kNm
- Design normal force: $N_{sd} = 26,91$ kN

Output Results:

- Design stress: $\sigma_c = -4,53$ N/mm², $\sigma_s = 161$ N/mm²
- Design strain: $\epsilon_s = 0,8051$ ‰
- Design moment: $M_{sd} = 274,72$ kNm
- Design normal force: $N_{sd} = 26,91$ kN
- Design stress: $\sigma_c = -4,53$ N/mm², $\sigma_s = 161$ N/mm²
- Design strain: $\epsilon_s = 0,8051$ ‰
- Design moment: $M_{sd} = 274,72$ kNm
- Design normal force: $N_{sd} = 26,91$ kN

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,53 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 161,00 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

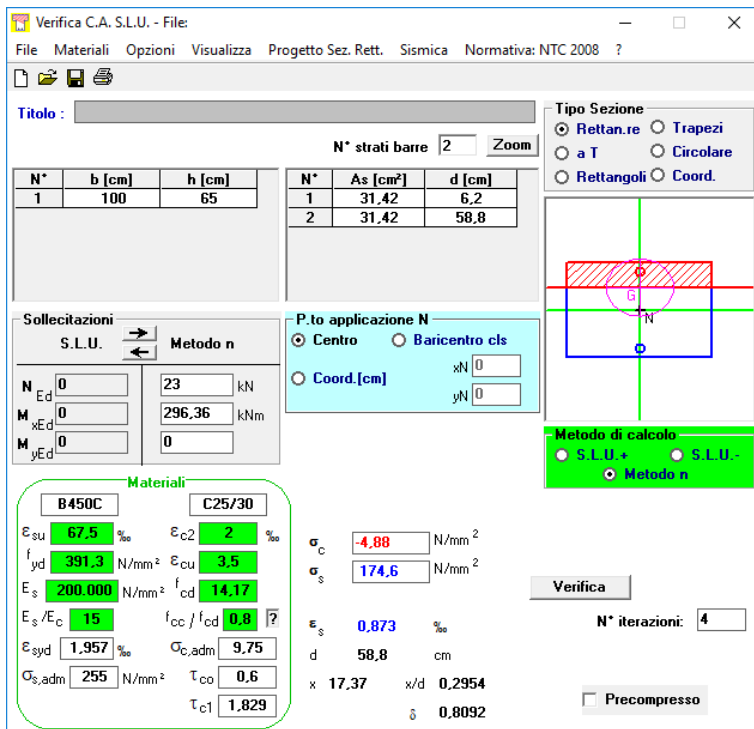
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA Sorveglianza  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 107 di 126

13.1.4. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-FR.80**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 23,00 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 296,36 \text{ kNm}$.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a toolbar, and several data input and output sections.

Section Data:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	65	1	31,42	6,2
			2	31,42	58,8

Applied Forces:

$N_{Ed} = 23 \text{ kN}$
 $M_{xEd} = 296,36 \text{ kNm}$
 $M_{yEd} = 0$

Material Properties:

Property	B450C	C25/30
ϵ_{su} [%]	67,5	2
f_{yd} [N/mm²]	391,3	3,5
E_s [N/mm²]	200.000	14.17
E_s/E_c	15	0,8
ϵ_{syd} [%]	1,957	9,75
$\sigma_{s,adm}$ [N/mm²]	255	0,6
τ_{co}	0,6	1,829

Calculation Results:

$\sigma_c = -4,88 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_s = 174,6 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_s = 0,873 \%$
 $d = 58,8 \text{ cm}$
 $x = 17,37$ $x/d = 0,2954$
 $\delta = 0,8092$

Buttons: Verifica, N° iterazioni: 4, Precompresso.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,88 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 174,60 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

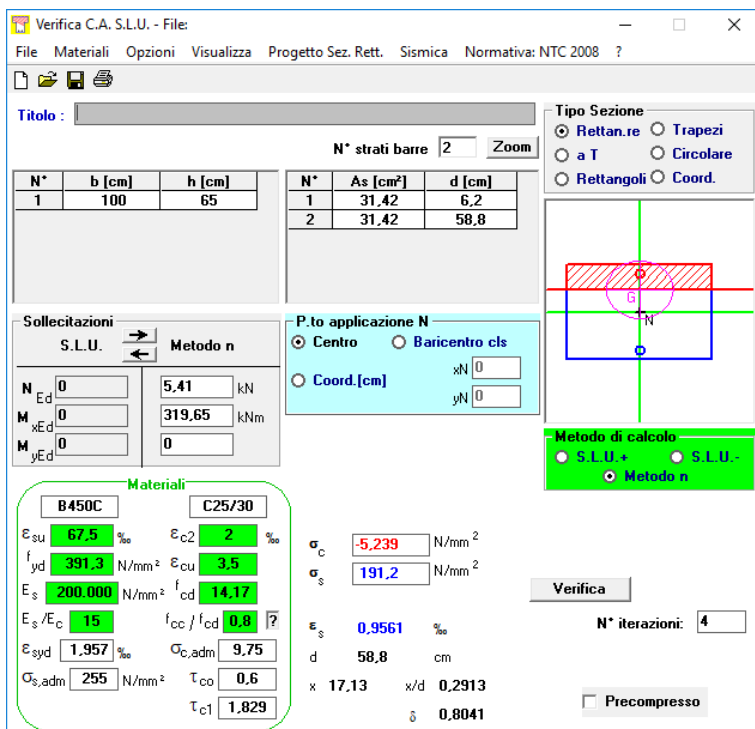
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo Foglio 108 di 126

13.1.5. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-CAR.368**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 5,41$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 319,65$ kNm.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a title bar, and several data input and output sections.

Section Data:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	65	1	31,42	6,2
			2	31,42	58,8

Material Properties:

Material	ϵ_{su} [%]	ϵ_{c2} [%]	σ_c [N/mm²]	σ_s [N/mm²]
B450C	67,5	2	-5,239	191,2
C25/30				

Calculation Results:

- $\sigma_c = -5,239$ N/mm²
- $\sigma_s = 191,2$ N/mm²
- $\epsilon_s = 0,9561$ ‰
- $d = 58,8$ cm
- $x = 17,13$, $x/d = 0,2913$
- $\delta = 0,8041$

Material Strengths:

- $f_{ck} = 14,17$ N/mm²
- $f_{yk} = 360,00$ N/mm²

Verification: The 'Verifica' button is active, and the iteration count is 4. The 'Precompresso' checkbox is unchecked.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 5,24 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 191,20 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

13.1.6. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione

Per la verifica allo Stato Limite di fessurazione è stata utilizzata la procedura semplificata prevista dalla Circolare C.S.LL.PP. n.617 del 02.02.2009 – par. C4.1.2.2.4.6 – Tab. C4.1.II e C4.1.III.

TABELLA C4.1.II - Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Diametro massimo \varnothing delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	0

TABELLA C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Spaziatura massima s delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	0
360	100	50	0

CRITERI DI SCELTA DELLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

I criteri di scelta dello Stato Limite di fessurazione sono definiti secondo quanto riportato dal D.M. 14.01.2008, par. 4.1.2.2.4.5, tab. 4.1.IV.

Condizioni ambientali: Armatura:

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:	apertura fessure	
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	w1
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	161,00 [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	20 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	100,00 [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	16,00 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	150,00 [mm]

VERIFICA NEGATIVA - PROCEDERE CON LA VERIFICA ANALITICA

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. FREQUENTE

Stato limite:	apertura fessure	
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	w2
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	174,60 [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	20 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	100,00 [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	25,00 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	250,00 [mm]

VERIFICA POSITIVA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo		Foglio 110 di 126

13.1.7. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione- Combinazione quasi permanente

VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE											
H	65	cm	Armatura tesa nell'area di cls efficace:				Armatura compressa:				
b	100	cm	A_s	31,42	cm ²	A_s'	31,42	cm ²			
$c_{f\text{effettivo}}$	4	cm	$y_{G A_s} (*)$	6,20	cm	(*) da lembo teso	$y_{G A_s'} (*)$	58,80	cm		
$c_{f\text{norma}}$	4	cm	x (cm) (*)	n_{ferri}	Φ (mm)	x (cm) (*)	n_{ferri}	Φ (mm)			
d	58,80	cm	6,2	10	20	58,8	10	20			
R_{ck}	35	MPa									
f_{ctm}	2,89	MPa									
f_{ctk}	2,02	MPa									
E_s	210000	MPa									
n	15		Φ_{medio}	20	mm	Φ_{staffe}	12	mm			
Sezione interam. reagente			Calcolo delle tensioni nella sezione fessurata								
y_G	32,50	cm	N	26,91	kN	carico assiale agente					
A_{ideale}	7442	cm ²	M	274,72	kN m	momento agente					
I_{ideale}	2940444	cm ⁴	e	1020,88	cm	eccentricità GRANDE ECCENTRICITÀ					
Fessurazione indotta da:			en	12,16	cm	estremità nocciolo d'inerzia					
carichi			d_G	32,50	cm	baricentro armature					
Caratteristiche ambiente:			u	988,38	cm	distanza centro di pressione - lembo compresso					
molto o moderatamente aggressivo			p	-2872981,7	cm ²						
β_1	1		q	-1,872E+09	cm ³						
β_2	0,5		y_p	1005,83	cm	distanza asse neutro - centro di pressione					
k_1	0,8		y_c	17,45	cm	asse neutro					
k_2	0,5		A^*	2687	cm ²	area ideale					
k	-		S_n^*	1036	cm ³	momento statico relativo all'asse neutro					
$h_{A\text{ cls eff}}$	15,50	cm	I_n^*	1042491,6	cm ⁴	momento d'inerzia relativo all'asse neutro					
$A_{\text{cls eff}}$	1550,00	cm ²	σ_c	4,53	MPa	massima tensione di compressione nel cls					
ρ_r	0,0203		σ_s	161,05	MPa	tensione di trazione nell'acciaio					
σ_s	161,05	MPa	Calcolo delle tensioni nella condizione di carico di prima fessurazione								
σ_{sr}	155,00	MPa	N	27	kN	carico assiale agente					
ϵ_{sm}	0,00041		M_F	265	kN m	momento di prima fessurazione					
s_{rm}	148,7	mm	e	983,47	cm	eccentricità GRANDE ECCENTRICITÀ					
w_m	0,061	mm	u	950,97	cm	distanza centro di pressione - lembo compresso					
β	1,7		p	-2657404,7	cm ²						
χ	1		q	-1,665E+09	cm ³						
w_k	0,104	mm	y_p	968,43	cm	distanza asse neutro - centro di pressione					
$w_k\text{ limite}$	0,2	mm	y_c	17,46	cm	asse neutro					
w_k	<	$w_k\text{ limite}$	A^*	2689	cm ²	area ideale					
			S_n^*	1077	cm ³	momento statico relativo all'asse neutro					
			I_n^*	1042523,1	cm ⁴	momento d'inerzia relativo all'asse neutro					
			σ_{cr}	4,37	MPa	massima tensione di compressione nel cls					
			σ_{sr}	155,00	MPa	tensione di trazione nell'acciaio					

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

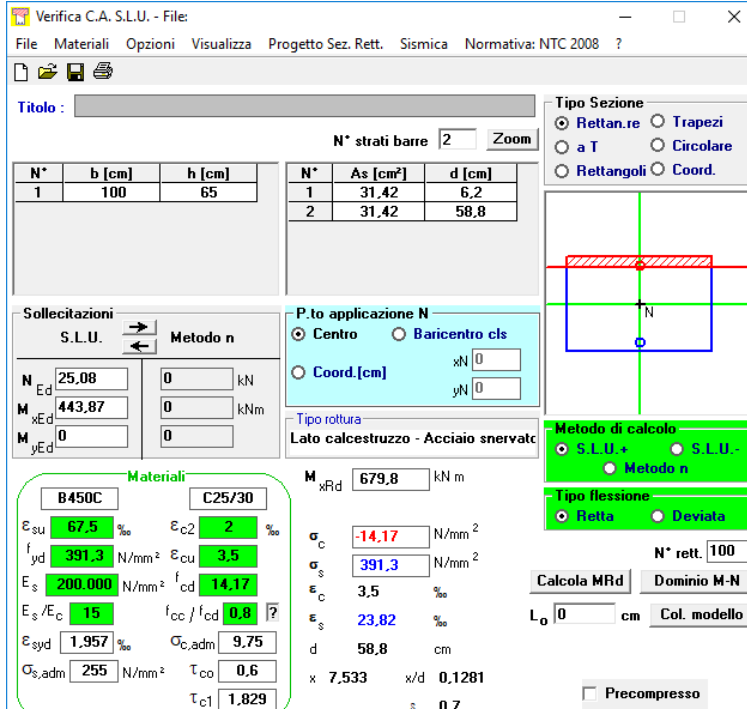
Foglio
111 di
126

13.1.8. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.368**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 25,08$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 443,87$ kN/m.



Titolo: _____

N° strati barre: 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	65	1	31,42	6,2
			2	31,42	58,8

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} = 25,08 kN
 M_{xEd} = 443,87 kNm
 M_{yEd} = 0 kNm

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

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5% ε_{c2} 2%
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5%
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957% σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Calcoli:
 M_{xRd} = 679,8 kNm
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5%
 ε_s 23,82%
 d = 58,8 cm
 x = 7,533 x/d = 0,1281
 δ = 0,7

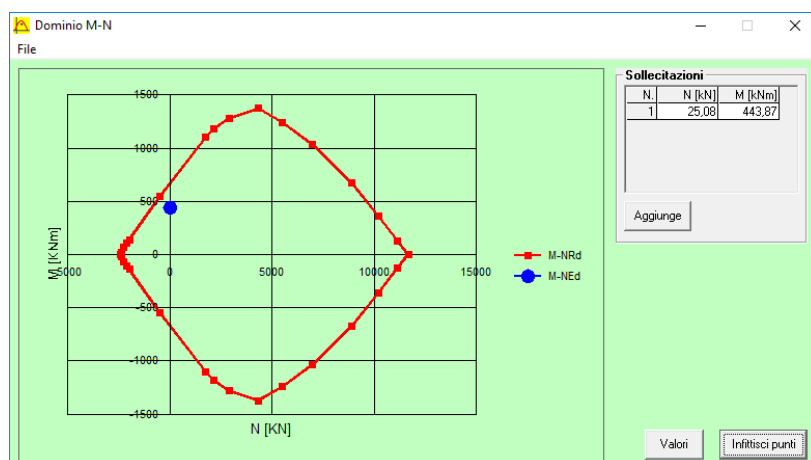
Controlli:

 L₀ 0 cm
 Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 679,80 \text{ kN/m} > M_{Sd} = 443,87 \text{ kN/m}.$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 112 di 126

13.1.9. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.33**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{Sd} = 503,57$ kN.

A favore di sicurezza non viene considerato il contributo dell'azione normale.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

Base della sezione trasversale:	b	100,00	[cm]
Altezza della sezione trasversale:	h	65,00	[cm]
Copriferro netto:	c	4,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	61,00	[cm]

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza del calcestruzzo:		C25/30	
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	R_{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	f_{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione:	f_{cd}	14,11	[N/mm ²]
Tipologia dell'acciaio da armatura:		B450C	
Tensione caratteristica di rottura:	f_{tk}	540,00	[N/mm ²]
Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	450,00	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo:	f_{yd}	391,30	[N/mm ²]

AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

Azione tagliante di calcolo:	$V_{S,d}$	503,57	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA TRASVERSALE

Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	θ	45,00	[°]
Cotangente dell'angolo θ :	$\cot(\theta)$	1,00	
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave:	α	90,00	[°]
Numero di bracci dell'armatura trasversale:	n	5,00	
Passo longitudinale delle armature trasversali:	s	20,00	[cm]
Diametro dell'armatura trasversale:	\varnothing_{trasv}	12,00	[mm]
Area della singola barra:	A_{barra}	1,13	[cm ²]
Area totale dell'armatura trasversale:	A_{tot}	28,25	[cm ² /m]

VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La verifica allo S.L.U. per taglio viene condotta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, par.4.1.2.1.3.2. La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo:	f_{yd}	7,06	[N/mm ²]
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Coefficiente maggiorativo α_c :	α_c	1,0000	

RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V_{Rsd}	606,88	[kN]
RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"	V_{Rcd}	1.936,60	[kN]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	606,88	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$	1,21	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

13.2. Verifiche dei ritetti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
113 di
126

Poiché i ritti sono armati in maniera costante, doppia e simmetrica lungo tutto il loro sviluppo, le verifiche verranno eseguite in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate.

13.2.1. Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo

Nella tabella successiva sono riportati i valori delle azioni sollecitanti maggiormente gravose per le differenti combinazioni di carico considerate.

Sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni sollecitanti:

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	P.DX-1	QP.9	-388,58	-23,66	-54,87
	N_{min}	P.SX-6	QP.9	-337,45	-81,12	84,99
	M_{max}	P.SX-1	QP.12	-364,95	158,11	135,01
	M_{min}	P.DX-6	QP.9	-361,08	90,59	-125,41
	V_{max}	P.SX-1	QP.12	-364,95	158,11	135,01
SLE FREQUENTE	N_{max}	P.DX-1	FR.33	-422,73	-21,48	-58,87
	N_{min}	P.SX-1	FR.57	-313,89	93,16	87,46
	M_{max}	P.SX-1	FR.84	-394,64	157,58	147,89
	M_{min}	P.DX-6	FR.33	-395,23	96,43	-137,43
	V_{max}	P.SX-1	FR.12	-374,70	169,57	141,75
SLE CARATTERISTICA	N_{max}	P.DX-1	CAR.33	-434,11	-17,23	-56,68
	N_{min}	P.SX-6	CAR.105	-347,20	-88,48	87,63
	M_{max}	P.SX-1	CAR.372	-394,64	175,16	165,49
	M_{min}	P.DX-6	CAR.321	-395,23	114,01	-155,00
	V_{max}	P.SX-1	CAR.300	-374,70	187,16	159,35

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	P.DX-1	STR.33	-635,09	-30,85	-88,42
	N_{min}	P.SX-6	STR.105	-514,44	-125,43	124,40
	M_{max}	P.SX-1	STR.372	-578,42	240,15	232,33
	M_{min}	P.DX-6	STR.321	-582,48	159,18	-218,79
	V_{max}	P.SX-1	STR.300	-551,56	258,13	223,90
SLU - SISMA	N_{max}	P.DX-1	SISMA-9	-444,50	53,80	19,02
	N_{min}	P.SX-6	SISMA-9	-281,53	-20,71	6,74
	M_{max}	P.SX-1	SISMA-12	-309,03	249,11	208,16
	M_{min}	P.DX-6	SISMA-9	-417,00	164,53	-202,92
	V_{max}	P.SX-1	SISMA-12	-309,03	249,11	208,16

Con:

- N_{max} sono indicate le azioni normali di compressione massime.
- N_{min} sono indicate le azioni normali di compressione minime o di trazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

13.2.2. Sezione ed armatura di verifica

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 55.
L'armatura orizzontale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø20/10 esterni
- Ø20/10 interni

Verranno disposte a taglio staffe Ø12/20x20.

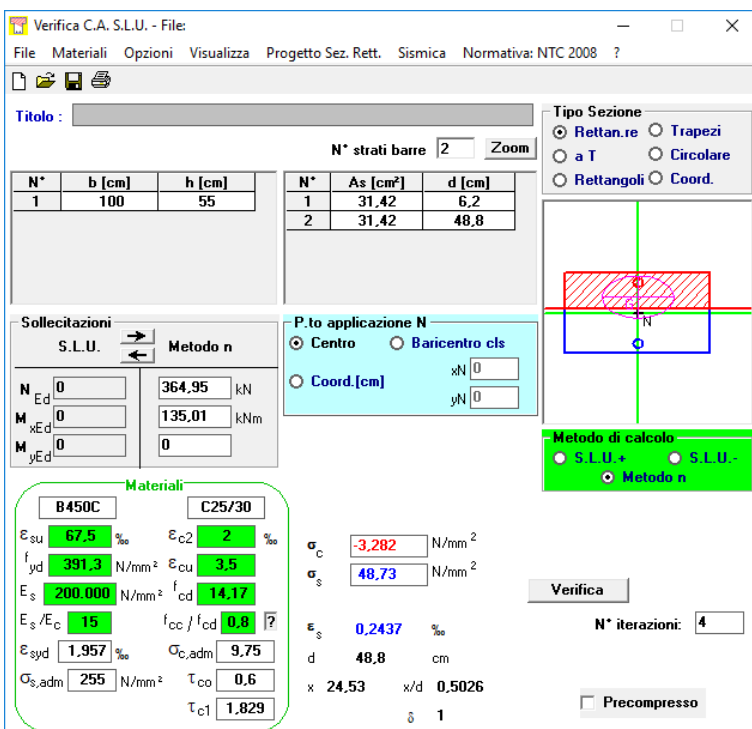
Il copriferro netto minimo è assunto pari a 40 mm

13.2.3. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-QP.12**

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 364,95$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 135,01$ kN/m.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** (Empty)
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	55
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31,42	6,2
2	31,42	48,8
- Sollecitazioni (S.L.U.):**
 - N_{Ed} : 0
 - M_{xEd} : 0
 - M_{yEd} : 0
 - Applied: 364,95 kN
 - Applied: 135,01 kNm
 - Applied: 0
- Materiali:**
 - B450C: ϵ_{su} 67,5%, f_{yd} 391,3 N/mm², E_s 200.000 N/mm², ϵ_{s}/E_c 15, ϵ_{syd} 1,957%
 - C25/30: ϵ_{c2} 2%, ϵ_{cu} 3,5%, f_{cd} 14,17 N/mm², $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm², τ_{co} 0,6, τ_{c1} 1,829
- Stress Results:**
 - σ_c : -3,282 N/mm²
 - σ_s : 48,73 N/mm²
 - ϵ_s : 0,2437%
 - d: 48,8 cm
 - x: 24,53, x/d: 0,5026
 - δ : 1
- Method of Calculation:** S.L.U. +
- Iterations:** 4
- Precompressed:** (unchecked)

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 3,28 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 48,73 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

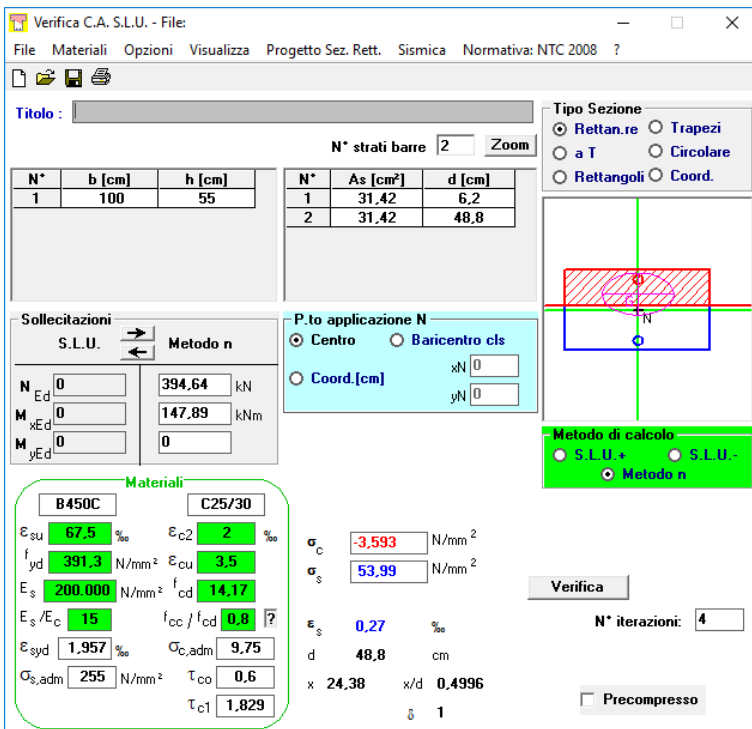
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 115 di 126

13.2.4. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-FR.84**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 394,64$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 147,89$ kNm.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a toolbar, and several data input/output sections.

Materiali:

Materiali	B450C	C25/30
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd} 14,17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co} 0,6
		τ_{c1} 1,829

Carichi e Geometria:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]
1	100	55	1	31,42	6,2
			2	31,42	48,8

Carichi di calcolo:

N_{Ed}	394,64 kN
M_{xEd}	147,89 kNm
M_{yEd}	0

Stress Results:

σ_c	-3,593 N/mm ²
σ_s	53,99 N/mm ²
ϵ_s	0,27 ‰
d	48,8 cm
x	24,38
x/d	0,4996
δ	1

Other Parameters:

- Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n
- N° iterazioni: 4
- Precompresso:

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 3,59 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 53,99 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

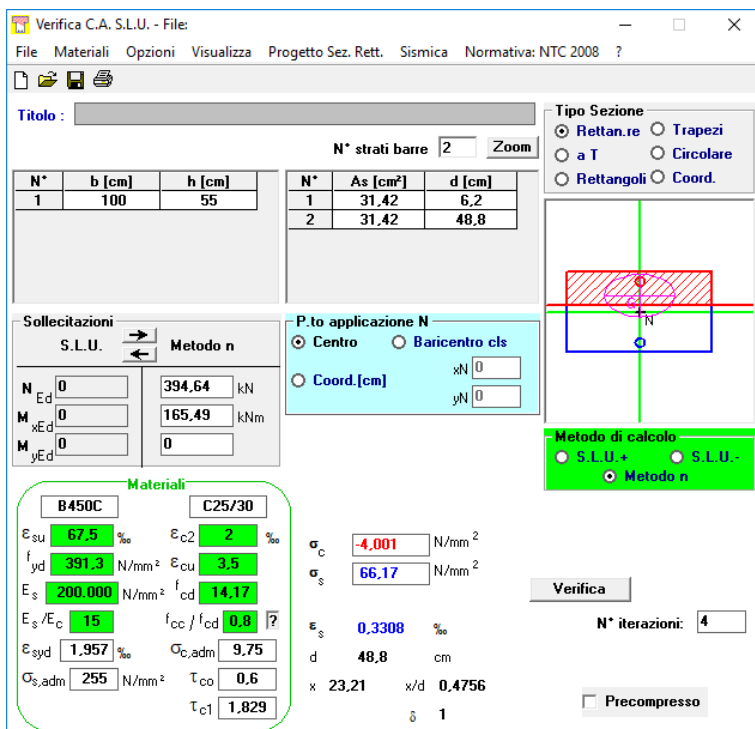
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

13.2.5. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-CAR.372**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a **N_{Sd} = 394,64 kN**.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a **M_{Sd} = 165,49 kNm**.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a title bar, and several data input and output sections.

Section Data:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	55	1	31,42	6,2
			2	31,42	48,8

Applied Forces:

N _{Ed}	394,64 kN
M _{xEd}	165,49 kNm
M _{yEd}	0

Material Properties:

Material	Property	Value
B450C	ε _{su} (%)	67,5
	f _{yd} (N/mm²)	391,3
C25/30	ε _{c2} (‰)	2
	f _{cd} (N/mm²)	14,17
	E _s (N/mm²)	200.000
	E _s / E _c	15
	ε _{syd} (‰)	1,957
	G _{s,adm} (N/mm²)	255
	τ _{co}	0,6
	τ _{c1}	1,829
	σ _c (N/mm²)	-4,001
	σ _s (N/mm²)	66,17
	ε _s (‰)	0,3308
	d (cm)	48,8
	x (cm)	23,21
	x/d	0,4756
	δ	1

Calculation Method: Metodo n

Iteration: N° iterazioni: 4

Verification: Verifica (checked), Precompresso (unchecked)

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,00 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 66,17 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
117 di
126

13.2.6. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione

Per la verifica allo Stato Limite di fessurazione è stata utilizzata la procedura semplificata prevista dalla Circolare C.S.LL.PP. n.617 del 02.02.2009 – par. C4.1.2.2.4.6 – Tab. C4.1.II e C4.1.III.

TABELLA C4.1.II - Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Diametro massimo \varnothing delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	0

TABELLA C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Spaziatura massima s delle barre delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	0
360	100	50	0

CRITERI DI SCELTA DELLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

I criteri di scelta dello Stato Limite di fessurazione sono definiti secondo quanto riportato dal D.M. 14.01.2008, par. 4.1.2.2.4.5, tab. 4.1.IV.

Condizioni ambientali: Armatura:

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:	apertura fessure	
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	w1
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	48,73 [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	20 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	100,00 [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	25,00 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	200,00 [mm]

VERIFICA POSITIVA

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. FREQUENTE

Stato limite:	apertura fessure	
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	w2
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	53,99 [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	20 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	100,00 [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	32,00 [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	300,00 [mm]

VERIFICA POSITIVA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
118 di
126

13.2.7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.372**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 578,42$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 232,33$ kN/m.

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

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

Titolo: _____

N* strati barre: 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	55	1	31,42	6,2
			2	31,42	48,8

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 578,42 kN
 M_{Ed} 232,33 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

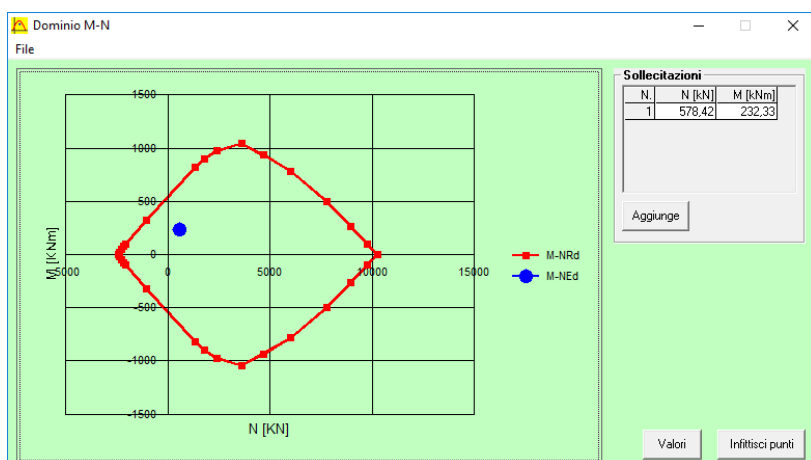
Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5% ε_{c2} 2%
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5%
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957% σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 671,7 kNm
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5%
 ε_s 14,81%
 d 48,8 cm
 x 9,327 x/d 0,1911
 δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = 671,70 \text{ kN/m} > M_{Sd} = 232,33 \text{ kN/m.}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 119 di 126

13.2.8. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.300**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a **$V_{Sd} = 258,13$ kN**.

A favore di sicurezza non viene considerato il contributo dell'azione normale.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

Base della sezione trasversale:	b	100,00	[cm]
Altezza della sezione trasversale:	h	55,00	[cm]
Copriferro netto:	c	4,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	51,00	[cm]

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza del calcestruzzo:		C25/30	
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	R_{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	f_{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione:	f_{cd}	14,11	[N/mm ²]
Tipologia dell'acciaio da armatura:		B450C	
Tensione caratteristica di rottura:	f_{tk}	540,00	[N/mm ²]
Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	450,00	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo:	f_{yd}	391,30	[N/mm ²]

AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

Azione tagliante di calcolo:	$V_{S,d}$	258,13	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA TRASVERSALE

Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	θ	45,00	[°]
Cotangente dell'angolo θ :	$\cot(\theta)$	1,00	
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave:	α	90,00	[°]
Numero di bracci dell'armatura trasversale:	n	5,00	
Passo longitudinale delle armature trasversali:	s	20,00	[cm]
Diametro dell'armatura trasversale:	\varnothing_{trav}	12,00	[mm]
Area della singola barra:	A_{barra}	1,13	[cm ²]
Area totale dell'armatura trasversale:	A_{tot}	28,25	[cm ² /m]

VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La verifica allo S.L.U. per taglio viene condotta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, par.4.1.2.1.3.2. La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo:	f_{yd}	7,06	[N/mm ²]
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Coefficiente maggiorativo α_c :	α_c	1,0000	

RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V_{Rsd}	507,39	[kN]
RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"	V_{Rcd}	1.619,12	[kN]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	507,39	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$	1,97	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
120 di
126

13.3. Verifiche soletta inferiore

Poiché la soletta è armata in maniera costante, doppia e simmetrica lungo tutto il suo sviluppo, le verifiche verranno eseguite in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate.

13.3.1. Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo

Nella tabella successiva sono riportati i valori delle azioni sollecitanti maggiormente gravose per le differenti combinazioni di carico considerate.

Sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni sollecitanti:

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	S.I-1	QP.12	-183,29	319,80	104,31
	N_{min}	S.I-6	QP.9	-51,50	-318,88	-119,94
	M_{max}	S.I-1	QP.12	-183,29	319,80	104,31
	M_{min}	S.I-3	QP.5	-65,00	67,90	-242,38
	V_{max}	S.I-1	QP.12	-183,29	324,95	2,22
SLE FREQUENTE	N_{max}	S.I-1	FR.12	-195,95	330,28	112,30
	N_{min}	S.I-6	FR.57	-28,22	-275,15	-117,73
	M_{max}	S.I-1	FR.36	-195,86	346,86	112,82
	M_{min}	S.I-3	FR.77	-51,96	82,21	-265,19
	V_{max}	S.I-1	FR.84	-177,86	357,91	-1,64
SLE CARATTERISTICA	N_{max}	S.I-1	CAR.300	-213,54	330,37	135,59
	N_{min}	S.I-6	CAR.369	-15,61	-350,74	-159,03
	M_{max}	S.I-1	CAR.324	-213,44	346,95	136,11
	M_{min}	S.I-3	CAR.365	-34,39	82,16	-288,36
	V_{max}	S.I-1	CAR.84	-185,57	366,95	3,00

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	ELEMENTO	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	S.I-1	STR.300	-296,62	485,72	183,30
	N_{min}	S.I-6	STR.369	-31,46	-513,37	-220,77
	M_{max}	S.I-1	STR.324	-296,49	508,05	184,00
	M_{min}	S.I-3	STR.365	-58,68	119,64	-410,25
	V_{max}	S.I-1	STR.84	-258,31	536,04	-6,05
SLU - SISMA	N_{max}	S.I-1	SISMA-12	-265,83	322,68	107,10
	N_{min}	S.I-6	SISMA-9	13,11	-321,17	-220,44
	M_{max}	S.I-1	SISMA-12	-264,68	317,53	208,47
	M_{min}	S.I-4	SISMA-9	-75,97	78,53	-278,50
	V_{max}	S.I-6	SISMA-4	-105,16	-324,33	-125,35

Con:

- N_{max} sono indicate le azioni normali di compressione massime.
- N_{min} sono indicate le azioni normali di compressione minime o di trazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
121 di
126

13.3.2. Sezione ed armatura di verifica

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 65.
L'armatura orizzontale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø20/10 esterni
- Ø20/10 interni

Verranno disposte a taglio dei cavallotti Ø20/40x40.

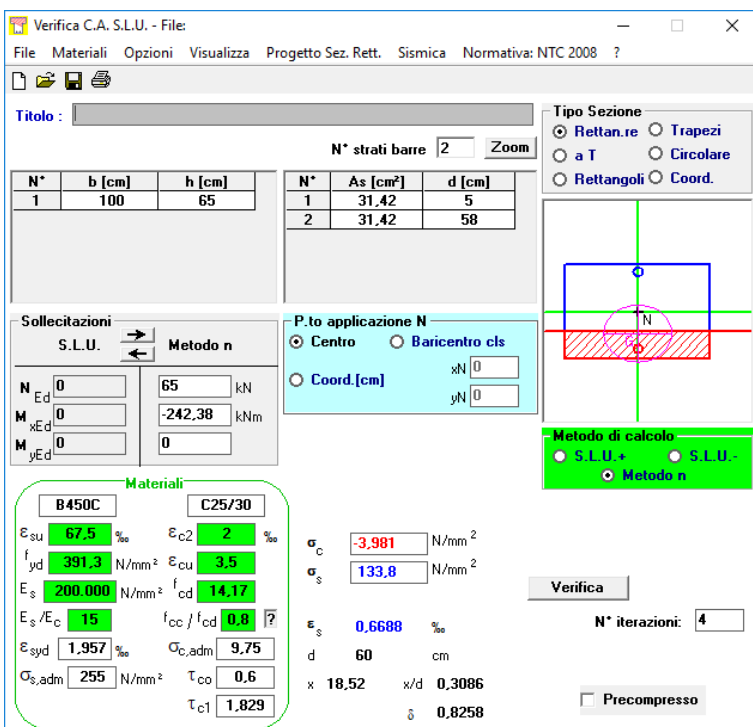
Il copriferro netto minimo è assunto pari a 40 mm

13.3.3. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Quasi Permanente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-QP.5**

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 65,00 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = -242,38 \text{ kN/m}$.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Tipo Sezione:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- Table 1:**

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	65
- Table 2:**

N*	As [cm²]	d [cm]
1	31,42	5
2	31,42	58
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n. N_{Ed} = 65 kN, M_{xEd} = -242,38 kNm, M_{yEd} = 0.
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm].
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Materiali:**
 - B450C: $\epsilon_{su} = 67,5 \%$, $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$, $E_s/E_c = 15$, $\sigma_{s,adm} = 255 \text{ N/mm}^2$, $T_{co} = 0,6$, $T_{c1} = 1,829$.
 - C25/30: $\epsilon_{c2} = 2 \%$, $\epsilon_{cu} = 3,5$, $f_{cd} = 14,17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$, $\sigma_c = -3,981 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 133,8 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_s = 0,6688 \%$, $d = 60 \text{ cm}$, $x/d = 0,3086$, $\delta = 0,8258$.
- Buttons:** Verifica, Precompresso.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 3,98 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 133,80 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

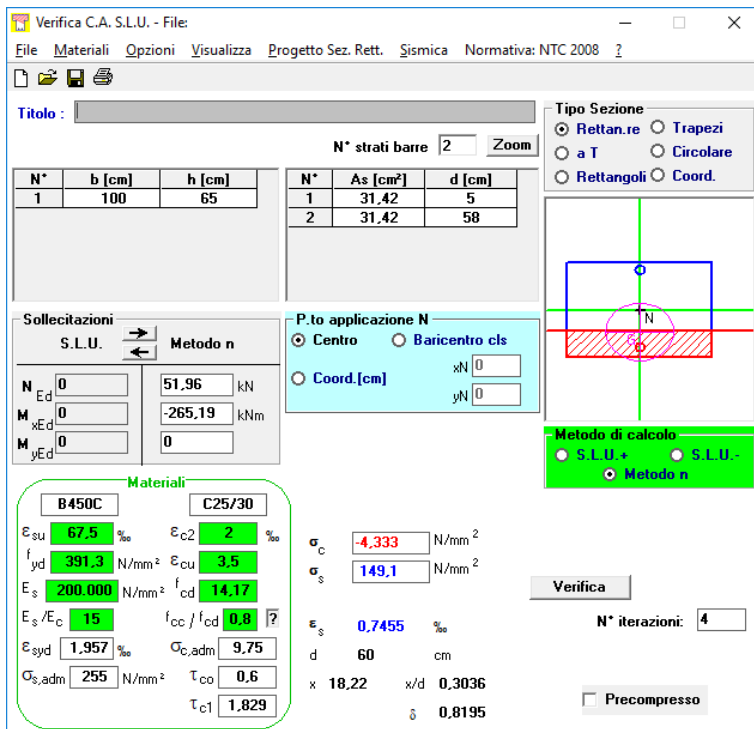
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo	Foglio 122 di 126

13.3.4. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Frequente

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-FR.77**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 51,96$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -265,19$ kN/m.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a toolbar, and several data input/output panels.

Materiali: B450C and C25/30. Properties for B450C: $\epsilon_{su} = 67,5$ ‰, $f_{yd} = 391,3$ N/mm², $E_s = 200.000$ N/mm², $\epsilon_{syd} = 1,957$ ‰, $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm². Properties for C25/30: $\epsilon_{c2} = 2$ ‰, $\epsilon_{cu} = 3,5$ ‰, $f_{cd} = 14,17$ N/mm², $\sigma_{c,adm} = 9,75$ N/mm², $T_{co} = 0,6$, $T_{c1} = 1,829$.

Carichi: $N_{Ed} = 51,96$ kN, $M_{xEd} = -265,19$ kNm, $M_{yEd} = 0$.

Stress Results: $\sigma_c = -4,333$ N/mm², $\sigma_s = 149,1$ N/mm², $\epsilon_s = 0,7455$ ‰.

Geometric Data: $d = 60$ cm, $x = 18,22$, $x/d = 0,3036$, $\delta = 0,8195$.

Other Parameters: N^* strati barre = 2, N^* = 1 (b=100, h=65), 2 (As=31,42, d=58). Metodo di calcolo: Metodo n.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,33 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 149,10 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA Sorveglianza  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

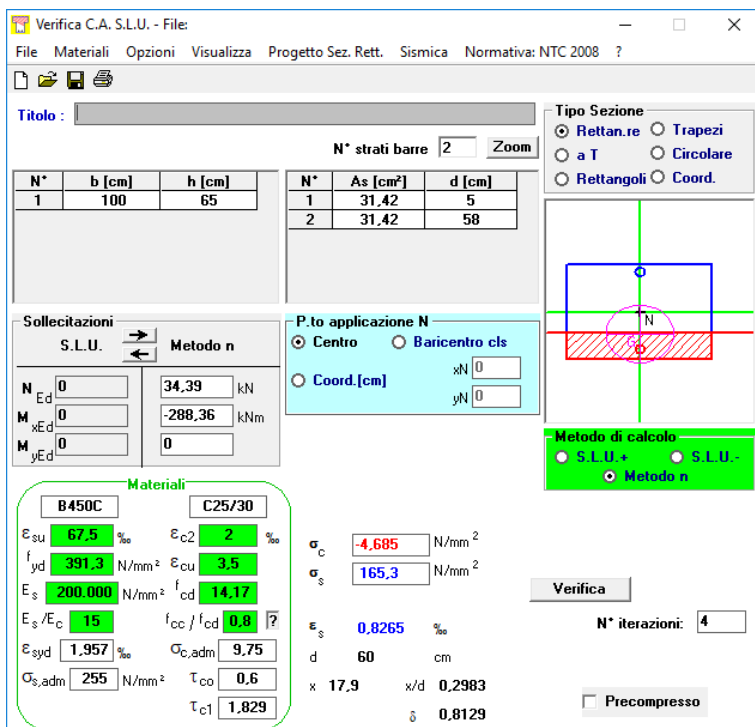
Foglio
123 di
126

13.3.5. Verifica allo Stato Limite di Limitazione delle tensioni – Combinazione Caratteristica

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **SLE-CAR.365**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 34,39$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = -288,36$ kNm.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. It includes a menu bar (File, Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008), a toolbar, and several data input and output sections.

Section Data:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	65	1	31,42	5
			2	31,42	58

Applied Forces:

N_{Ed}	34,39	kN
M_{xEd}	-288,36	kNm
M_{yEd}	0	

Material Properties:

Material	ϵ_{su} [%]	ϵ_{c2} [%]	σ_c [N/mm²]	σ_s [N/mm²]
B450C	67,5	2	-4,685	165,3
C25/30				

Other Parameters:

- f_{yd} : 391,3 N/mm²
- E_s : 200.000 N/mm²
- E_s/E_c : 15
- ϵ_{syd} : 1,957 ‰
- $G_{s,adm}$: 255 N/mm²
- τ_{co} : 0,6
- τ_{c1} : 1,829
- ϵ_s : 0,8265 ‰
- d : 60 cm
- x : 17,9
- x/d : 0,2983
- δ : 0,8129

Calculation Method: Metodo n (selected)

Iteration: N° iterazioni: 4

Verification: Verifica (button)

Precompressed: Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 4,68 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 165,30 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 124 di 126

13.3.6. Verifica allo Stato Limite di Fessurazione

Per la verifica allo Stato Limite di fessurazione è stata utilizzata la procedura semplificata prevista dalla Circolare C.S.LL.PP. n.617 del 02.02.2009 – par. C4.1.2.2.4.6 – Tab. C4.1.II e C4.1.III.

TABELLA C4.1.II - Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Diametro massimo \varnothing delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	0

TABELLA C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione			
Tensione nell'acciaio σ_s [N/mm ²]	Spaziatura massima s delle barre delle barre [mm]		
	$w_3 = 0,40$ mm	$w_2 = 0,30$ mm	$w_1 = 0,20$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	0
360	100	50	0

CRITERI DI SCELTA DELLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

I criteri di scelta dello Stato Limite di fessurazione sono definiti secondo quanto riportato dal D.M. 14.01.2008, par. 4.1.2.2.4.5, tab. 4.1.IV.

Condizioni ambientali: Armatura:

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:		apertura fessure
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	<input type="text" value="w1"/>
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	<input type="text" value="133,80"/> [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	<input type="text" value="20"/> [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	<input type="text" value="100,00"/> [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	<input type="text" value="25,00"/> [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	<input type="text" value="200,00"/> [mm]

VERIFICA POSITIVA

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. FREQUENTE

Stato limite:		apertura fessure
Ampiezza massima delle fessure:	$w_d \leq$	<input type="text" value="w2"/>
Tensione massima nell'acciaio calcolata:	$\sigma_{s,max}$	<input type="text" value="149,10"/> [N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	<input type="text" value="20"/> [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	<input type="text" value="100,00"/> [mm]
Diametro massimo delle barre di armatura consentito:	\varnothing_{max}	<input type="text" value="32,00"/> [mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura consentita:	s_{max}	<input type="text" value="300,00"/> [mm]

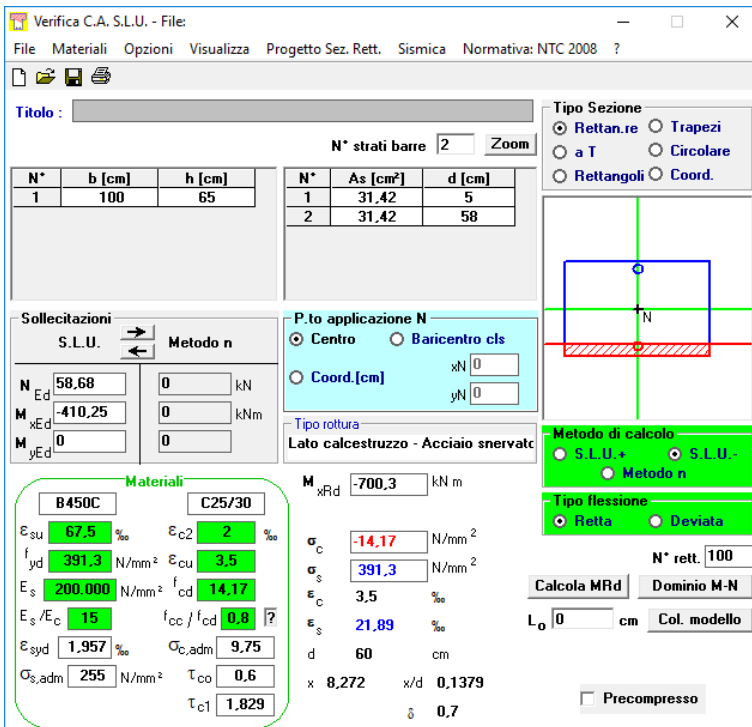
VERIFICA POSITIVA

13.3.7. Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.365**.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 58,68$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = -410,25$ kN/m.



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

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	65	1	31,42	5
			2	31,42	58

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 58,68 0 kN
 M_{Ed} -410,25 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67,5 % ε_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 %
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 % σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

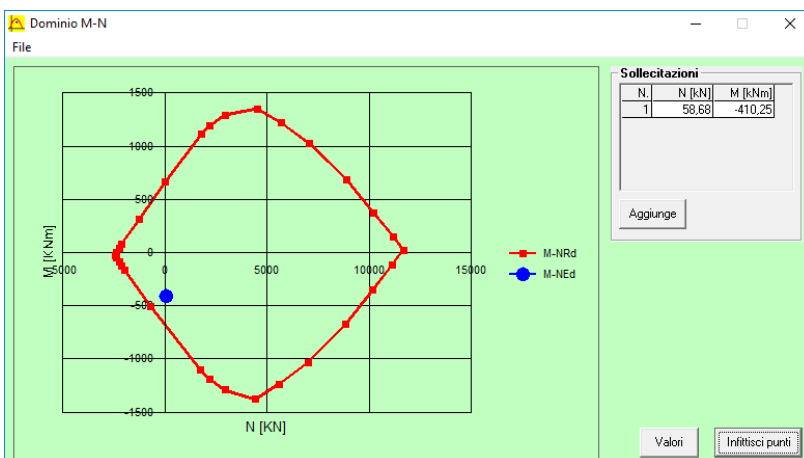
M_{xRd} -700,3 kNm

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 %
 ε_s 21,89 %
 d 60 cm
 x 8,272 x/d 0,1379
 δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$$M_{Rd} = -700,30 \text{ kN/m} > M_{Sd} = -410,25 \text{ kN/m.}$$

Nell'immagine successiva è riportato il dominio di resistenza della sezione:



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IV15-00-003-A00.DOC Relazione di calcolo

Foglio
126 di
126

13.3.8. Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

La combinazione di carico maggiormente gravosa è risultata la combinazione **STR.84**.

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{Sd} = 536,04$ kN.

A favore di sicurezza non viene considerato il contributo dell'azione normale.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE

Base della sezione trasversale:	b	100,00	[cm]
Altezza della sezione trasversale:	h	65,00	[cm]
Copriferro netto:	c	4,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	61,00	[cm]

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza del calcestruzzo:		C25/30	
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	R_{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	f_{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione:	f_{cd}	14,11	[N/mm ²]
Tipologia dell'acciaio da armatura:		B450C	
Tensione caratteristica di rottura:	f_{tk}	540,00	[N/mm ²]
Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	450,00	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo:	f_{yd}	391,30	[N/mm ²]

AZIONI SOLLECITANTI DI CALCOLO

Azione tagliante di calcolo:	$V_{S,d}$	536,04	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA TRASVERSALE

Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	θ	45,00	[°]
Cotangente dell'angolo θ :	$\cot(\theta)$	1,00	
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave:	α	90,00	[°]
Numero di bracci dell'armatura trasversale:	n	5,00	
Passo longitudinale delle armature trasversali:	s	40,00	[cm]
Diametro dell'armatura trasversale:	\varnothing_{trasv}	20,00	[mm]
Area della singola barra:	A_{barra}	3,14	[cm ²]
Area totale dell'armatura trasversale:	A_{tot}	39,25	[cm ² /m]

VERIFICA ALLO S.L.U. PER TAGLIO

La verifica allo S.L.U. per taglio viene condotta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008, par.4.1.2.1.3.2. La resistenza di calcolo a "taglio trazione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot [\cot(\alpha) + \cot(\theta)] \cdot \sin(\alpha)$$

La resistenza di calcolo a "taglio compressione" viene valutata mediante la seguente relazione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{[\cot(\alpha) + \cot(\theta)]}{[1 + \cot^2(\theta)]}$$

Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo:	f_{yd}	7,06	[N/mm ²]
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Coefficiente maggiorativo α_c :	α_c	1,0000	

RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO TRAZIONE"	V_{Rsd}	843,19	[kN]
RESISTENZA DI CALCOLO A "TAGLIO COMPRESSIONE"	V_{Rcd}	1.936,60	[kN]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	843,19	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_s = V_{R,d} / V_{S,d}$	1,57	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA