

LAVORI DI COLLEGAMENTO TRA LA S.S.11 A MAGENTA E LA TANGENZIALE OVEST DI MILANO


VARIANTE DI ABBIATEGRASSO E ADEGUAMENTO IN SEDE DEL TRATTO ABBIATEGRASSO-VIGEVANO FINO AL PONTE SUL FIUME TICINO

1° STRALCIO DA MAGENTA A VIGEVANO - TRATTA C

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4863 W)	 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-28211	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	 Società designata: GA&M Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	 Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO



Dott. Ing. Giuseppe Danilo MALGERI

INTEGRATORE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



Ing. Valerio BAJETTI

GEOLOGO



Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



Ing. Gianluca CICIRIELLO

FC04.1

F - PROGETTO IDRAULICO

FC - RACCOLTA ACQUE DI PIATTAFORMA

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO STRUTTURALE
MANUFATTO VASCHE DI LAMINAZIONE

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. LO203 E 1801		NOME FILE FC04.1-P00OI00IDRRE04_A.dwg		REVISIONE A	SCALA: -----
CODICE ELAB. P00OI00IDRRE04					
C					
B					
A	EMMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO INTERMEDIO DI VERIFICA ITCF-C186001-14-ATF-RA-00001	FEBBRAIO 2019	ING. GIUSEPPE CRISA'	ING. GAETANO RANIERI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
5	UNITA' DI MISURA	7
6	MATERIALI	8
6.1	Calcestruzzo	8
6.1.1	Calcestruzzo per opere di sottofondazione	8
6.1.2	Calcestruzzo per le opere strutturali.....	8
6.2	Acciaio.....	9
6.2.1	Acciaio per armatura lenta	9
6.2.2	Acciaio per rete elettrosaldata.....	9
6.3	Calcolo dei copriferri minimi	10
6.4	Valutazione della lunghezza di ancoraggio delle barre di armatura.....	11
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	13
8	ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	14
8.1	Identificazione della località e dei parametri sismici generali.....	14
8.2	Definizione della strategia progettuale	15
8.3	Parametri di calcolo	17
8.3.1	Parametri numerici sismici	17
8.3.2	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	17
8.3.3	Categoria dei terreni di fondazione e categoria topografica	17
8.3.4	Fattori di struttura.....	18
8.3.5	Definizione dello spettro di progetto	18
8.4	Definizione dei coefficienti sismici di calcolo	21
9	IL MODELLI DI CALCOLO	22
9.1	Descrizione dei modelli di calcolo	22
10	ANALISI DEI CARICHI.....	26
10.1	Carichi permanenti strutturali.....	26
10.1.1	Peso proprio delle strutture in cemento armato.....	26
10.2	Carichi permanenti non strutturali.....	26
10.2.1	Spinta orizzontale dei terreni a tergo delle pareti verticali	26
10.3	Carichi accidentali	27
10.3.1	Carichi accidentali da traffico agenti sulla soletta di copertura	27
10.3.2	Spinta laterale dovuta ai sovraccarichi accidentali	28
10.3.3	Carichi accidentali agenti sulla zattera di fondazione	28
	Azione sismica	29
10.3.4	Azione inerziale delle masse.....	29
10.3.5	Sovraspinta dinamica dei terreni.....	31
11	COMBINAZIONI DI CARICO.....	32
11.1	Definizione dei carichi elementari e dei coefficienti di partecipazione	32
11.2	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni quasi- permanenti	33
11.3	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni frequenti	33
11.4	Combinazioni di carico allo Stato Limite di Esercizio – Combinazioni caratteristiche ...	33

11.5	Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo statiche	34
11.6	Combinazione di carico sismiche	34
11.7	Riepilogo delle combinazioni di carico	35
12	APPLICAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI AL MODELLO DI CALCOLO	36
12.1	Sezione 1-1	36
12.1.1	Spinta del terreno sul ritto sinistro (g_2)	36
12.1.2	Spinta del terreno sul ritto destro (g_3).....	36
12.1.3	Spinta del sovraccarico accidentale sul ritto sinistro (q_1)	37
12.1.4	Spinta del sovraccarico accidentale sul ritto destro (q_2).....	37
12.1.5	Carico accidentale sulla soletta inferiore (q_3)	38
12.1.6	Sovrappinta dinamica del terreno sul ritto sinistro (s_1).....	38
12.1.7	Azione inerziale orizzontale della soletta superiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2a}).....	39
12.1.8	Azione inerziale orizzontale della soletta inferiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2b}).....	39
12.1.9	Azione inerziale orizzontale del ritto sinistro (s_{2D}).....	40
12.1.10	Azione inerziale orizzontale del ritto destro (s_{2e}).....	40
12.2	Sezione 2-2.....	41
12.2.1	Spinta del terreno sul ritto sinistro (g_2)	41
12.2.2	Spinta del terreno sul ritto destro (g_3).....	41
12.2.3	Spinta del sovraccarico accidentale sul ritto sinistro (q_1)	42
12.2.4	Spinta del sovraccarico accidentale sul ritto destro (q_2).....	42
12.2.5	Carico accidentale sulla soletta inferiore (q_3)	43
12.2.6	Carico accidentale sulla soletta di copertura(q_4).....	43
12.2.7	Sovrappinta dinamica del terreno sul ritto sinistro (s_1).....	44
12.2.8	Azione inerziale orizzontale della soletta superiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2a}).....	44
12.2.9	Azione inerziale orizzontale della soletta inferiore e dei carichi permanenti di pertinenza (s_{2b}).....	45
12.2.10	Azione inerziale orizzontale del ritto sinistro (s_{2c}).....	45
12.2.11	Azione inerziale orizzontale del ritto centrale (s_{2d})	46
12.2.12	Azione inerziale orizzontale del ritto destro (s_{2e})	46
13	VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI	47
13.1	Sezione 1-1	47
13.1.1	Combinazioni SLE – Quasi Permanenti	47
13.1.2	Combinazioni SLE – Frequenti	49
13.1.3	Combinazioni SLE – Caratteristiche.....	50
13.1.4	Combinazioni SLU	52
13.2	Sezione 2-2.....	53
13.2.1	Combinazioni SLE – Quasi Permanenti	53
13.2.2	Combinazioni SLE – Frequenti	55
13.2.3	Combinazioni SLE – Caratteristiche.....	56
13.2.4	Combinazioni SLU	58
14	VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE 1-1	60
14.1	Verifiche ritte	60
14.1.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	60
14.1.2	Sezione ed armatura di verifica.....	61

14.1.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	61
14.1.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	62
14.1.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	63
14.1.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	64
14.1.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	65
14.1.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	66
14.2	Verifiche soletta inferiore	67
14.2.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	67
14.2.2	Sezione ed armatura di verifica.....	68
14.2.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	68
14.2.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	69
14.2.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	70
14.2.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	71
14.2.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	72
14.2.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	73
15	VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE 2-2	74
15.1	Verifiche ritti	74
15.1.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	74
15.1.2	Sezione ed armatura di verifica.....	75
15.1.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	75
15.1.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	76
15.1.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	77
15.1.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	78
15.1.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	79
15.1.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	80
15.2	Verifiche soletta superiore	81
15.2.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	81
15.2.2	Sezione ed armatura di verifica.....	82
15.2.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	82
15.2.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	83
15.2.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	84
15.2.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	85
15.2.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	86
15.2.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	87
15.3	Verifiche soletta inferiore H=200 cm.....	88
15.3.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	88
15.3.2	Sezione ed armatura di verifica.....	89
15.3.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	89
15.3.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	90
15.3.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	91
15.3.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	92
15.3.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	93
15.3.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	94

15.4	Verifiche soletta inferiore H=100 cm.....	95
15.4.1	Definizione delle azioni sollecitanti di calcolo	95
15.4.2	Sezione ed armatura di verifica.....	96
15.4.3	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Quasi Permanente	96
15.4.4	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione frequente	97
15.4.5	Verifica allo Stato Limite di limitazione delle tensioni - Combinazione Caratteristica	98
15.4.6	Verifica allo Stato Limite di fessurazione.....	99
15.4.7	Verifica allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione	100
15.4.8	Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio	101

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riporta la descrizione, il dimensionamento e le verifiche strutturali e geotecniche dell'impianto di sollevamento delle vasche di laminazione realizzato in cemento armato gettato in opera nell'ambito del progetto esecutivo "Lavori di collegamento tra la S.S. n.11 a Magenta e la tangenziale Ovest di Milano – Variante di Abbiategrasso ed adeguamento in sede del tratto Abbiategrasso-Vigevano fino al ponte sul fiume Ticino".

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il manufatto della vasca di laminazione viene completamente realizzata in cls armato gettato in opera.

Lo platea di base presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- spessore di 100 cm per il comparto di accumulo, di rilancio e sollevamento delle acque;
- spessore di 200 cm per la zona di ingresso e di uscita delle acque;
- superficie totale in pianta pari a $5,60 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} = 39,20 \text{ m}^2$.

I setti hanno spessore pari a 40 cm, mentre la soletta di copertura presenta uno spessore pari a 30cm.

La vasca presenta al livello del piano di copertura una serie di chiusini carrabili D400 in ghisa per l'accesso del personale addetto alla manutenzione ordinaria dell'opera.

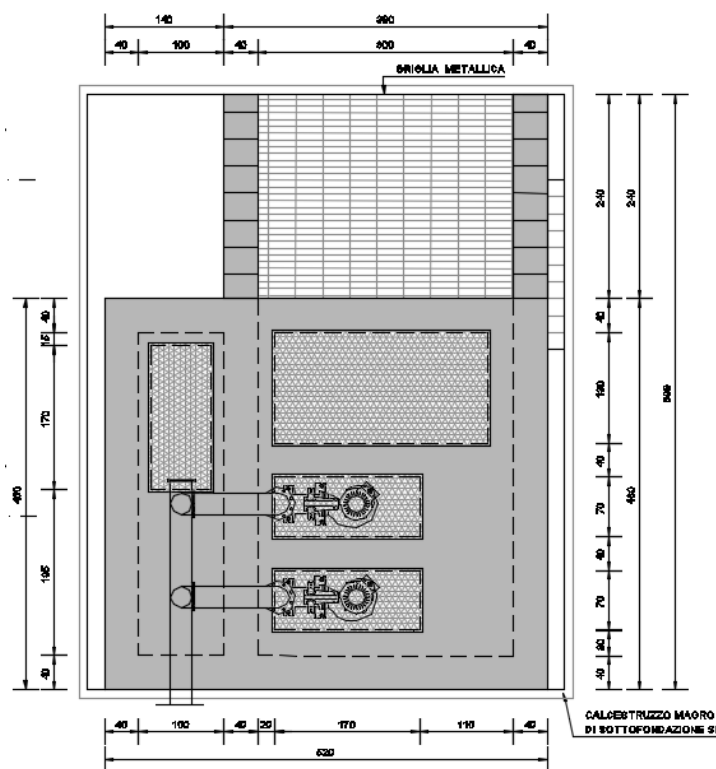


FIGURA 1: PIANTA COPERTURA

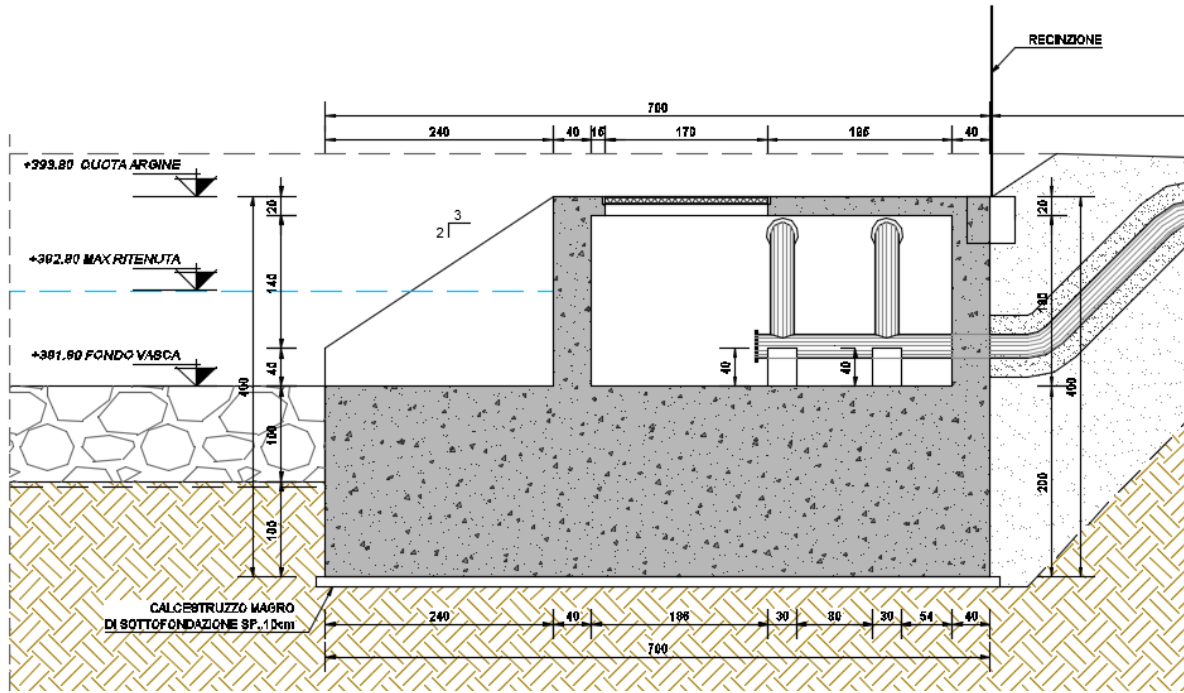


FIGURA 2: SEZIONE LONGITUDINALE

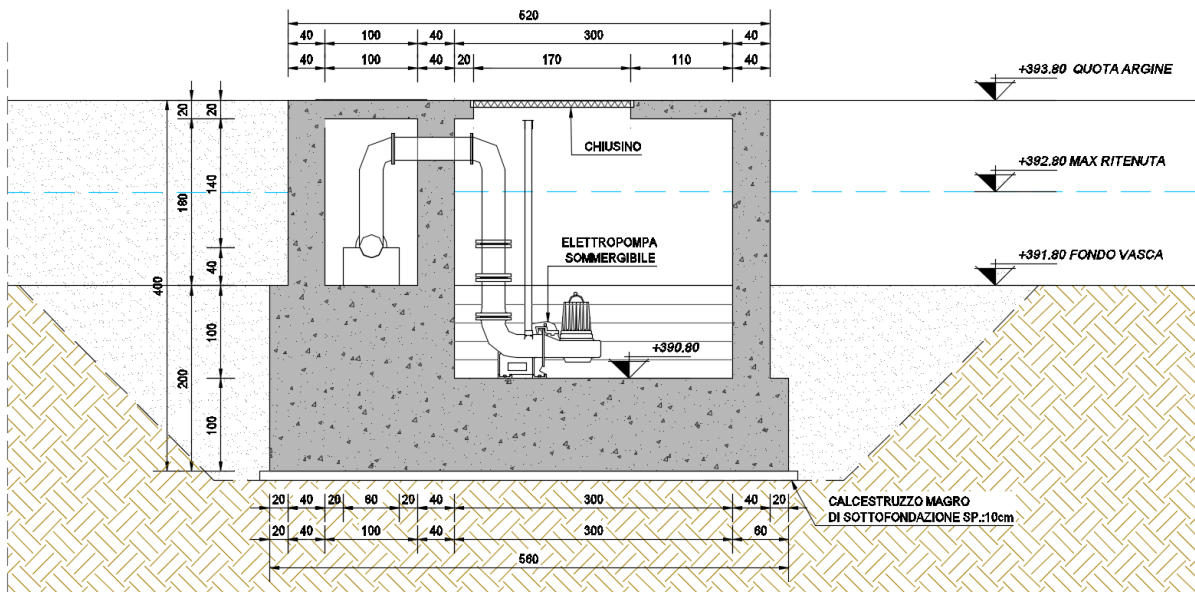


FIGURA 3: SEZIONE TRASVERSALE

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative Tecniche:

- **Legge 05/01/1971 n.1086** → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- **Legge 02/02/1974 n. 64** → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- **DM 17/01/2018** → Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni
- **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 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2015** → Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- **UNI EN 206-1:2016** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- **UNI 11104:2016** → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- **Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Linee guida sul calcestruzzo strutturale**

5 UNITA' DI MISURA

Nei calcoli è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

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

6 MATERIALI

6.1 CALCESTRUZZO

6.1.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI SOTTOFONDAZIONE

Per le opere di sottofondazione è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

Tale calcestruzzo non ha valenza strutturale e quindi non se ne riportano le caratteristiche meccaniche.

6.1.2 CALCESTRUZZO PER LE OPERE STRUTTURALI

Per le opere interrato e contro terra è stato previsto un calcestruzzo con classe di resistenza **C35/45** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 17.01.2018

CLASSE DI RESISTENZA		C35/45			
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R _{ck}	45,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	[0,83*R _{ck}]	11.2.10.1	f _{ck}	37,35	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	[f _{ck} +8]	11.2.10.1	f _{cm}	45,35	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	[α _{cc} *f _{ck} /γ _c]	4.1.2.1.1.1	f _{cd}	21,17	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	[0,30*f _{ck} ^{2/3}]	11.2.10.2	f _{ctm}	3,35	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	[0,70*f _{ctm}]	11.2.10.2	f _{ctk}	2,35	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	[f _{ctk} /1,5]	4.1.2.1.1.2	f _{ctd}	1,56	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	[0,60*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	22,41	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	[0,45*f _{ck}]	4.1.2.2.5.1	σ _{c max}	16,81	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	[E _c =E _{cm}]	C4.1.2.2.5	E _c	34.625,49	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	[22.000*(f _{cm} /10) ^{0,3}]	11.2.10.3	E _{cm}	34.625,49	[N/mm ²]

A favore di sicurezza ai fini delle verifiche strutturali è stato considerato un calcestruzzo con classe di resistenza **C25/30** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI CALCESTRUZZI AI SENSI DEL D.M. 17.01.2018					
CLASSE DI RESISTENZA			C25/30		
DESCRIZIONE CARATTERISTICA	FORMULA DI CALCOLO	RIF. CAP. NORMA	VALORE DI APPLICAZIONE		
Resistenza caratteristica cubica a compressione			R_{ck}	30,00	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$[0,83 \cdot R_{ck}]$	11.2.10.1	f_{ck}	24,90	[N/mm ²]
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 gg	$[f_{ck}+8]$	11.2.10.1	f_{cm}	32,90	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a compressione	$[acc \cdot f_{ck} / \gamma_c]$	4.1.2.1.1.1	f_{cd}	14,11	[N/mm ²]
Resistenza media a trazione	$[0,30 \cdot f_{ck}^{2/3}]$	11.2.10.2	f_{ctm}	2,56	[N/mm ²]
Resistenza caratteristica a trazione	$[0,70 \cdot f_{ctm}]$	11.2.10.2	f_{ctk}	1,79	[N/mm ²]
Resistenza di calcolo a trazione	$[f_{ctk} / 1,5]$	4.1.2.1.1.2	f_{ctd}	1,19	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (rara)	$[0,60 \cdot f_{ck}]$	4.1.2.2.5.1	$\sigma_{c \max}$	14,94	[N/mm ²]
Tensione massima di compressione del cls in esercizio (quasi perm)	$[0,45 \cdot f_{ck}]$	4.1.2.2.5.1	$\sigma_{c \max}$	11,21	[N/mm ²]
Modulo elastico istantaneo	$[E_c = E_{cm}]$	C4.1.2.2.5	E_c	31.447,16	[N/mm ²]
Modulo elastico medio	$[22.000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0,3}]$	11.2.10.3	E_{cm}	31.447,16	[N/mm ²]

6.2 ACCIAIO

6.2.1 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per le armature lente è stato previsto un acciaio del tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)


6.2.2 ACCIAIO PER RETE ELETTROSALDATA

Per le reti elettrosaldate è stato previsto un acciaio del tipo **B450A**, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k}$ = 540,00 N/mm² (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k}$ = 450,00 N/mm² (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d}$ = 391,30 N/mm² (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,15$)
- E_s = 210.000,00 N/mm² (modulo elastico istantaneo)

6.3 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 della 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	XD3 <input type="button" value="v"/>	
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3	Condizioni ambientali di progetto	
Molto Aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	Molto 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	
C35/45	Barre da c.a. elementi a pi <input type="button" value="v"/>	C35/45 <input type="button" value="v"/>	
Classe C0	Vita Nominale dell'opera	Produzioni sottoposte a controllo qualità	
C45/55	50 Anni <input type="button" value="v"/>	NO <input type="button" value="v"/>	
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		40	mm
Tolleranza costruttiva		5	mm
COPRIFERRO MINIMO DI PROGETTO		45	mm

6.4 VALUTAZIONE DELLA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO DELLE BARRE DI ARMATURA

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e l'Eurocodice 2 (EC2 – EN1992) indicano sinteticamente le prescrizioni per calcolare la lunghezza minima di ancoraggio delle armature in modo che quest'ultime riescano ad assorbire le forze di trazione che il calcestruzzo non è in grado di sopportare.

Al paragrafo 5.2.2.3 dell'EC2 viene riportata la definizione della lunghezza di ancoraggio di base.

Essa è la lunghezza rettilinea necessaria per ancorare una barra soggetta alla forza ($f_{yd} \times A_s$) avendo assunto una tensione costante all'interfaccia acciaio-calcestruzzo pari a f_{bd} .

La lunghezza di ancoraggio di base per ancorare una barra di diametro \varnothing è data dalla relazione:

$$l_b = \frac{\varnothing \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

con:

- f_{bd} : si indica la tensione di aderenza ultima offerta dal calcestruzzo;
- \varnothing : diametro della barra di armatura;
- f_{yd} : si indica la tensione di snervamento dell'acciaio.

La tensione di aderenza f_{bd} , dipende oltre che dalla resistenza del calcestruzzo, anche dalle condizioni in cui si realizza l'ancoraggio della barra.

La tensione di aderenza ultima di progetto delle barre ad aderenza migliorata è data dalla formula:

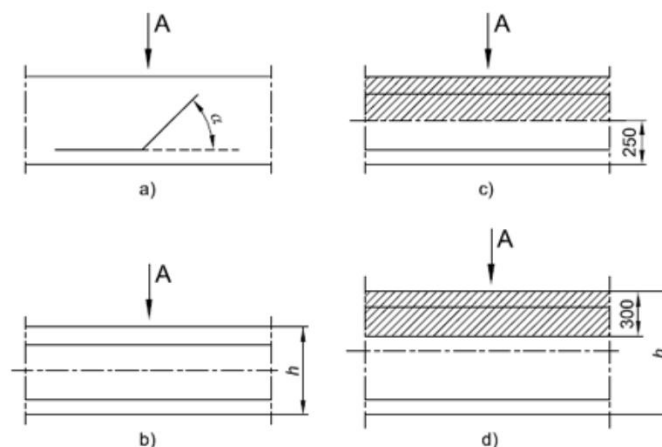
$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

dove:

- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$;
- $\eta_1 = 1$ nelle condizioni di buon ancoraggio, e uguale a 0,7 negli altri casi;
- $\eta_2 = 1$ per diametri delle barre inferiori a 32 mm oppure a $(132 - \varnothing) / 100$ per diametri maggiori.

L'Eurocodice 2 descrive dettagliatamente le condizioni di buone aderenza:

- la barra ha una inclinazione sull'orizzontale maggiore o uguale a 45° verso la direzione del getto
- la barra ha una inclinazione compresa tra 0 e 45° e sono:
 - o poste in elementi la cui profondità nella direzione del getto non è maggiore di 250 mm.
 - o inglobate in elementi con una profondità maggiore di 250 mm e che, a getto completato, sono nella metà inferiore dell'elemento o ad almeno 300 mm dalla superficie superiore dell'elemento.



La figura a e b rappresentano condizioni di buona aderenza. Nelle figure c e d le aree tratteggiate rappresentano zone con condizioni di aderenza mediocre.

Di seguito viene riportata la tabella riepilogativa delle diverse lunghezze di ancoraggio in funzione delle diverse classi di resistenza del calcestruzzo.

ACCIAIO								
f _{yd}	Mpa	valore di calcolo snervamento acciaio	391,3					
CALCESTRUZZO								
			C28/35	C32/40	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
f _{ck}	Mpa	resistenza a compressione cilindrica cls	29,05	33,2	30,71	37,35	41,5	45,65
R _{ck}	Mpa	resistenza a compressione cubica cls	35	40	37	45	50	55
f _{ctm}	Mpa	resistenza media a trazione semplice cls	2,83	3,10	2,94	3,35	3,60	3,83
f _{ctk}	Mpa	resistenza a trazione pura cls	1,98	2,17	2,06	2,35	2,52	2,68
f _{bk}	Mpa	valore caratteristico della tensione di aderenza	4,47	4,88	4,63	5,28	5,66	6,04
f _{bd_buona}	Mpa	valore di calcolo della tensione di aderenza	2,98	3,25	3,09	3,52	3,78	4,02
f _{bd_mediocre}	Mpa	valore di calcolo della tensione di aderenza	2,08	2,28	2,16	2,46	2,64	2,82
LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO								
l _{b_buona}	∅	lunghezza di ancoraggio per ∅	33	30	32	28	26	24
l _{b_mediocre}	∅	lunghezza di ancoraggio per ∅	47	43	45	40	37	35

Per armature dei manufatti si è sempre considerata una lunghezza di ancoraggio e sovrapposizione pari a:

$$l_{bd} = 50 \cdot \emptyset$$

maggiore dei valori presenti nella tabella sovrastante per cui la verifica risulta implicitamente soddisfatta.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Ai sensi della relazione geologica e della relazione geotecnica, nonché in conformità con i profili geotecnici allegati al presente progetto esecutivo, il terreno di fondazione è schematizzato dalle seguenti unità litotecniche caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici:

- **UNITÀ G3/G3*** Ghiaia con sabbia/ sabbia con ghiaia da mediamente (G3) a molto addensate (G3*), spesso intercalate dal livello L5. Questa Unità si estende da p.c. fino a profondità massime di 22.0 m.
- **UNITÀ L5** Limo sabbioso a tratti debolmente argilloso/ limo con sabbia, da poco a ben addensato si rileva solitamente all'interno dell'unità G3/G3* con spessori variabili tra 1.5 e 2.0 m. Nel solo sondaggio S14-36 raggiunge spessori di circa 5.0 m.
- **UNITÀ S2** Sabbia prevalentemente fine limosa talvolta ghiaiosa. Si rileva solitamente al di sotto dell'unità G3/G3* e si estende oltre la profondità raggiunta dai sondaggi costituendo un vero e proprio strato di base.
- **UNITÀ S1** Sabbia prevalentemente fine con passaggi a granulometria gradata media, mediamente addensata. Si rileva solo in alcune tratte al di sotto dell'unità G3/G3* e/o unità S2 e come quest'ultima si estende oltre la profondità raggiunta dai sondaggi costituendo lo strato di base.

La falda di progetto è stata considerata a quota **-1,00 m** dal piano di campagna.

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 **L5**:

- Peso per unità di volume: $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\phi = 26,00^\circ$
- Coesione efficace: $c' = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Nei modelli di calcolo il terreno è stato modellato mediante molle elastiche alle quali sono state assegnate le seguenti costanti di rigidità (a favore di sicurezza):

- Direzione verticale $\rightarrow k = 15.000,00 \text{ kN/m}^3$
- Direzione orizzontale $\rightarrow k = 7.500,00 \text{ kN/m}^3$

8 ZONIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

8.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio del Comune di Abbiategrasso sito nella provincia di Milano.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ||>

Variabilità dei parametri ||>

Elaborazioni

Tabella parametri ||>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

8.2 DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA PROGETTUALE

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

- Vita Nominale dell’opera: **50 anni**

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- Classe d’uso dell’opera: **IV**

2.4.2. CLASSI D’USO

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 DM 5/11/2001, 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: **2,0**

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: **100 anni**

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto 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.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia per costruzioni ordinarie (TR [anni])	Strategia scelta (TR [anni])
SLO	60	60
SLD	101	101
SLV	949	949
SLC	1950	1950

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

8.3 PARAMETRI DI CALCOLO

8.3.1 PARAMETRI NUMERICI SISMICI

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	60	0,022	2,543	0,194
SLD	101	0,027	2,590	0,211
SLV	949	0,050	2,730	0,304
SLC	1950	0,058	2,819	0,319

8.3.2 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Ai sensi di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nei Profili geotecnici allegati al presente progetto esecutivo il terreno di fondazione è classificato simicamente come di **categoria C**.

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

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

8.3.3 CATEGORIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE E CATEGORIA TOPOGRAFICA

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**.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

8.3.4 FATTORI DI STRUTTURA

A favore di sicurezza e visto il fatto che le opere in esame sono opere interrato, il calcolo e le verifiche sono state effettuate 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.

8.3.5 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI PROGETTO

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

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C info $S_s =$ 1,500 $C_c =$ 1,556 info

Categoria topografica T1 info $h/H =$ 1,000 $S_T =$ 1,000 info

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1,000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 1 Regol. in altezza sì info

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q 1 $\eta =$ 1,000 info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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	0,050 g
F_c	2,730
T_c	0,304 s
S_s	1,500
C_c	1,556
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,157 s
T_C	0,472 s
T_D	1,800 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

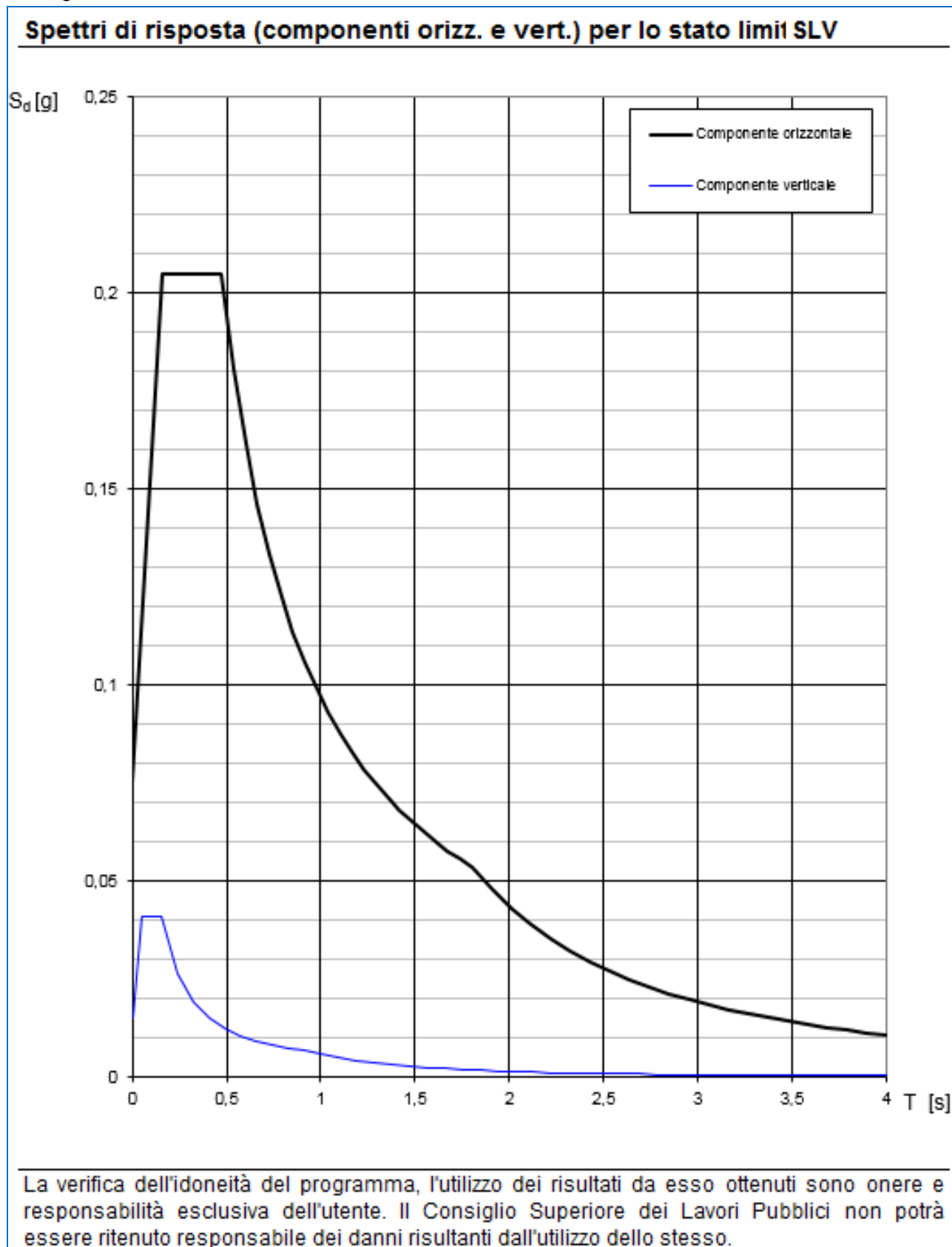
Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,075
$T_B \leftarrow$	0,157	0,205
$T_C \leftarrow$	0,472	0,205
	0,536	0,180
	0,599	0,161
	0,662	0,146
	0,725	0,133
	0,788	0,123
	0,852	0,114
	0,915	0,106
	0,978	0,099
	1,041	0,093
	1,105	0,088
	1,168	0,083
	1,231	0,079
	1,294	0,075
	1,357	0,071
	1,421	0,068
	1,484	0,065
	1,547	0,062
	1,610	0,060
	1,673	0,058
	1,737	0,056
$T_D \leftarrow$	1,800	0,054
	1,905	0,048
	2,009	0,043
	2,114	0,039
	2,219	0,035
	2,324	0,032
	2,428	0,030
	2,533	0,027
	2,638	0,025
	2,743	0,023
	2,848	0,021
	2,952	0,020
	3,057	0,019
	3,162	0,017
	3,267	0,016
	3,371	0,015
	3,476	0,014
	3,581	0,014
	3,686	0,013
	3,790	0,012
	3,895	0,011
	4,000	0,011

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Nell'immagine successiva è riportato il diagramma dello spettro di risposta per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita:



8.4 DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI DI CALCOLO

Il coefficiente sismico orizzontale è determinato mediante la seguente relazione:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- a_{\max} → accelerazione orizzontale massima attesa al sito valutata mediante la seguente formulazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g / g = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g = 1,00 \cdot 1,50 \cdot 0,050 = 0,075$$

- g → accelerazione di gravità

Il muro di sostegno può essere considerato come libero di ruotare intorno al piede. Il coefficiente β_m viene pertanto determinato secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” – par. 7.11.6.2.1:

Il coefficiente β_m assume un valore pari all'unità per muri impediti di traslare e ruotare.

I coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale risultano dunque pari a:

$$k_h = 0,075$$

$$k_v = 0,0375$$

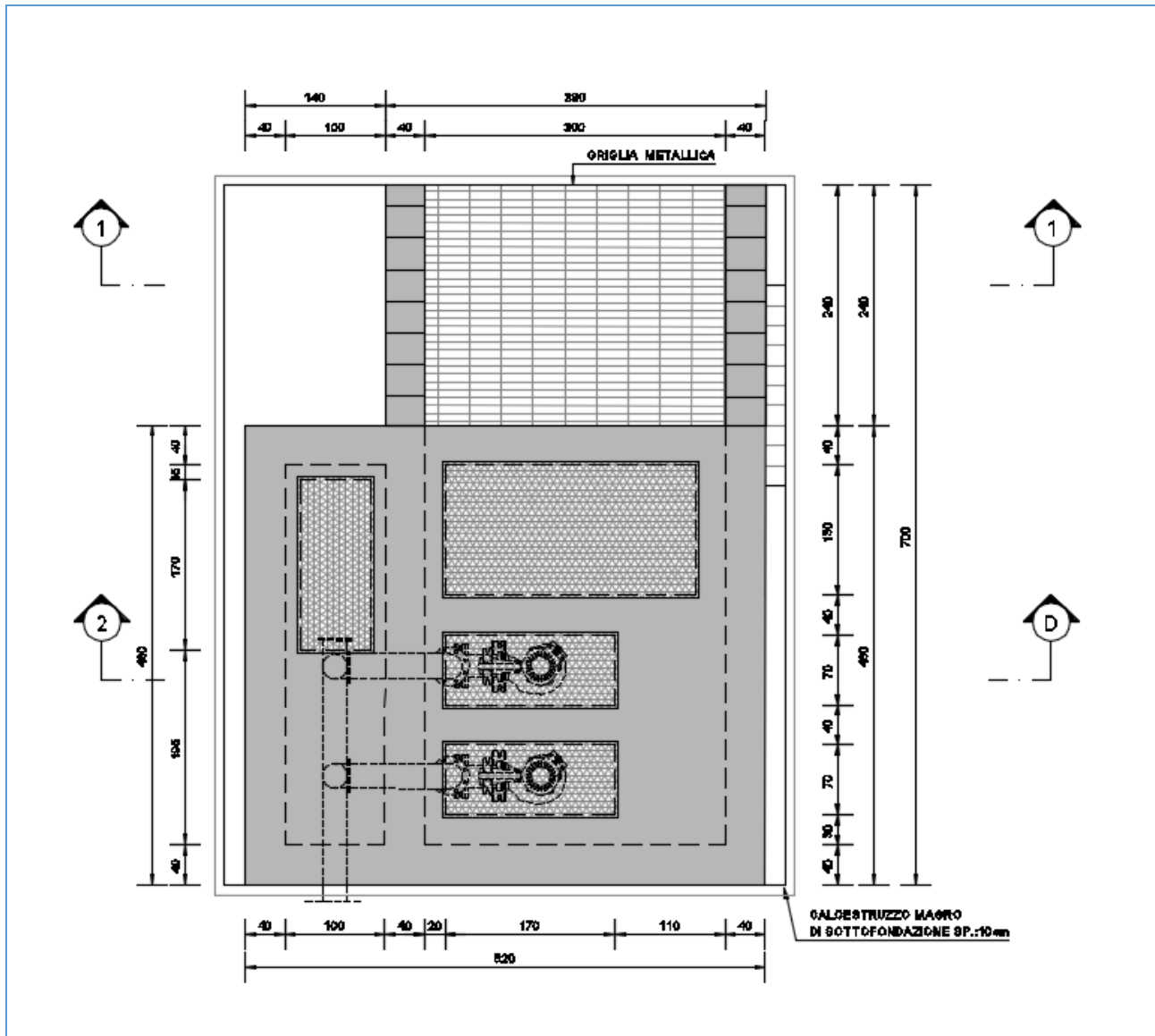
9 IL MODELLI DI CALCOLO

9.1 DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

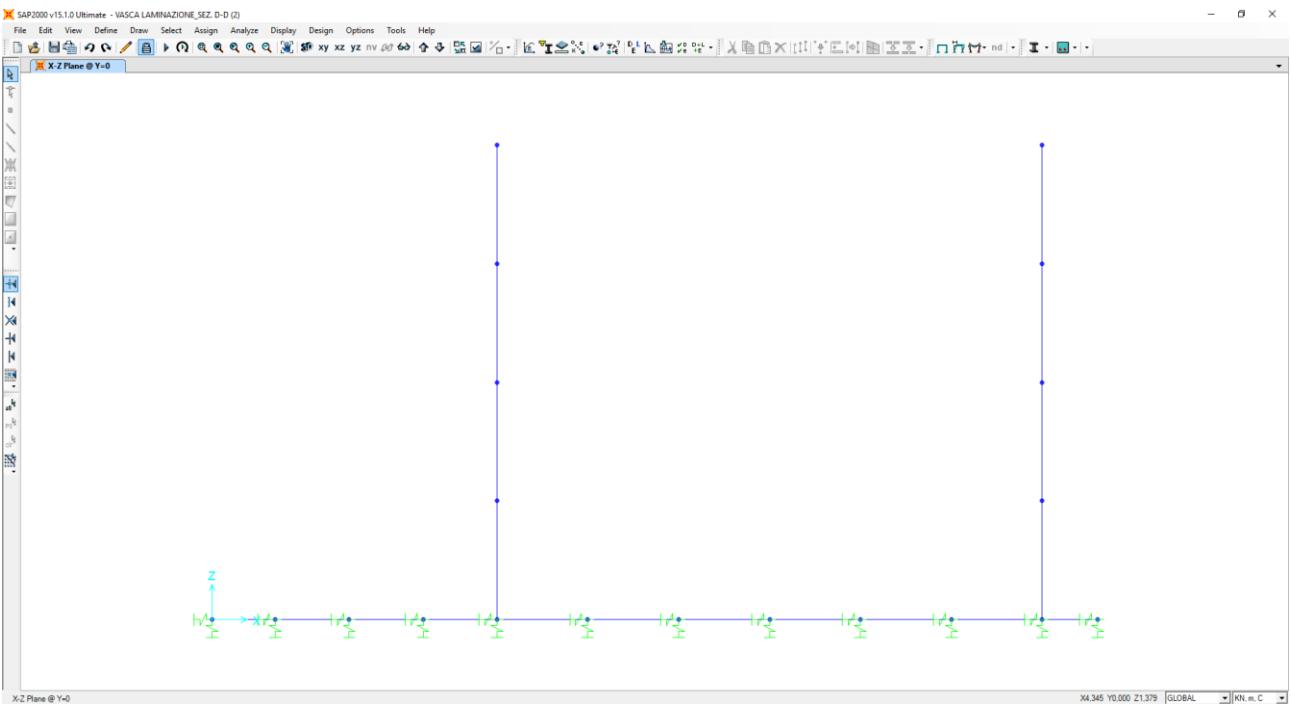
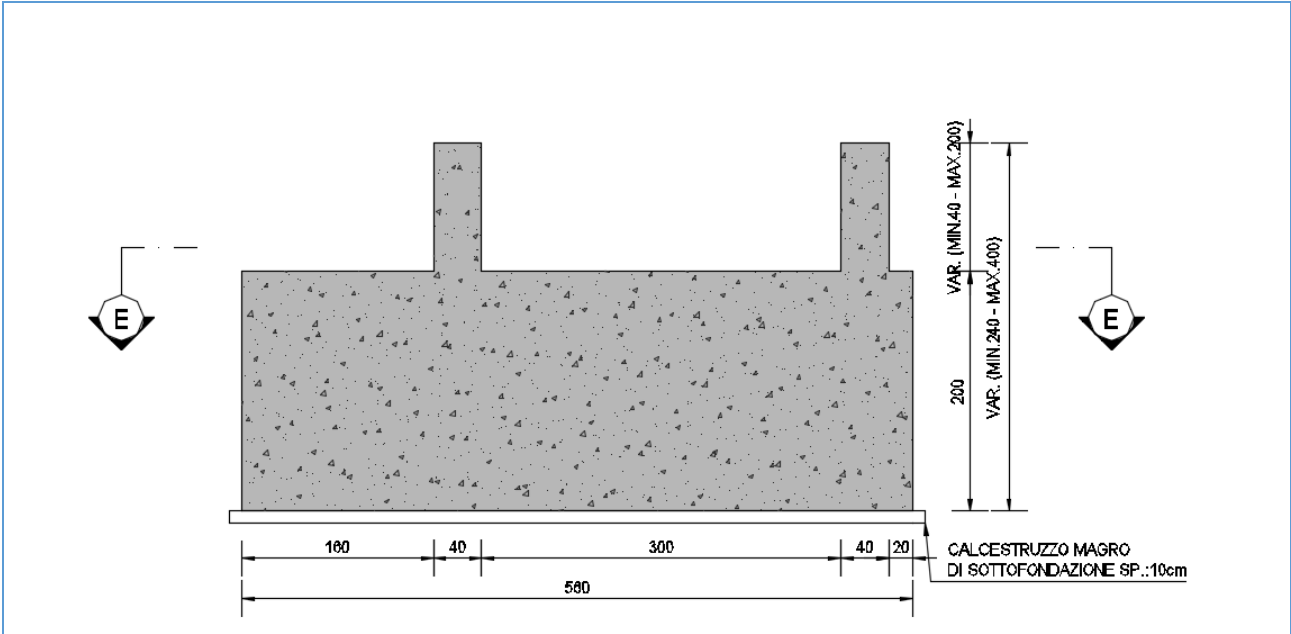
Per la determinazione delle azioni sollecitanti sugli elementi strutturali è stato pertanto realizzato un apposito modello di calcolo bidimensionale agli elementi finiti mediante il software SAP2000 v.15.1 (Computers & Structures, Inc).

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.

Si considerano ai fini del calcolo dell'opera in esame due differenti sezioni:



Sezione 1-1: assenza di soletta di copertura



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

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

3.850,00 kN/m³

Larghezza della striscia di calcolo L_c :

1,00 m

INTERASSI		
PUNTO INIZIALE	PUNTO FINALE	DISTANZA (m)
M1	M2	0,400
M2	M3	0,467
M3	M4	0,467
M4	M5	0,467
M5	M6	0,575
M6	M7	0,575
M7	M8	0,575
M8	M9	0,575
M9	M10	0,575
M10	M11	0,575
M11	M12	0,400

RIGIDEZZA DELLE MOLLE		
MOLLA	LARGHEZZA DI PERTINENZA (m)	K (kN/m)
M1	0,200	770,00
M2	0,434	1.668,98
M3	0,467	1.797,95
M4	0,467	1.797,95
M5	0,521	2.005,85
M6	0,575	2.213,75
M7	0,575	2.213,75
M8	0,575	2.213,75
M9	0,575	2.213,75
M10	0,575	2.213,75
M11	0,488	1.876,88
M12	0,200	770,00

10 ANALISI DEI CARICHI

10.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

10.1.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

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"

10.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

10.2.1 SPINTA ORIZZONTALE DEI TERRENI A TERGO DELLE PARETI VERTICALI

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

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

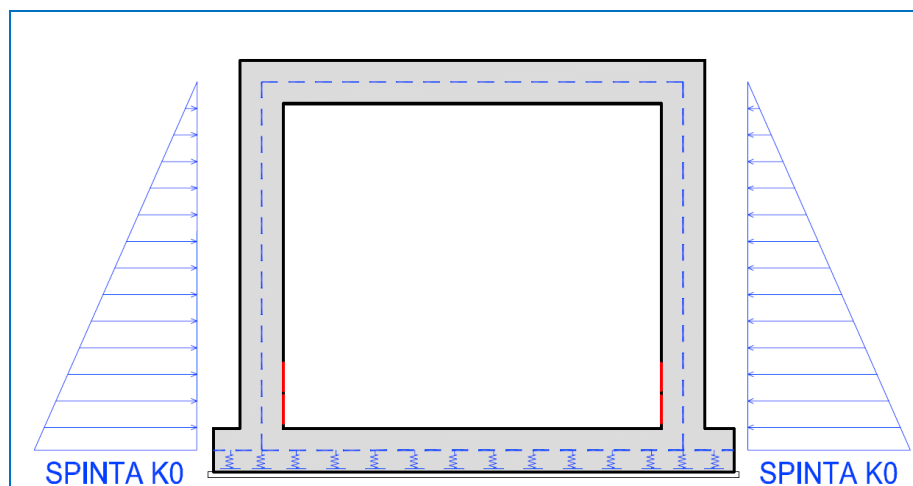
dove:

- 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 è stata considerata la condizione 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:

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



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.

Sezione 1-1

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
H totale (H di modello)	$h_{\text{beam piedritti}} =$	3,00	[m]			
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_0	k_0	0,426	[-----]	$g_4 / g_5 (k_0) =$	25,56	[kN/mq]
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_a	k_a	0,271	[-----]	$g_4 / g_5 (k_a) =$	16,25	[kN/mq]

Sezione 2-2

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
H totale (H di modello)	$h_{\text{beam piedritti}} =$	3,35	[m]			
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_0	k_0	0,426	[-----]	$g_4 / g_5 (k_0) =$	28,54	[kN/mq]
Spinta al piede dell'elemento beam in condizioni di k_a	k_a	0,271	[-----]	$g_4 / g_5 (k_a) =$	18,15	[kN/mq]

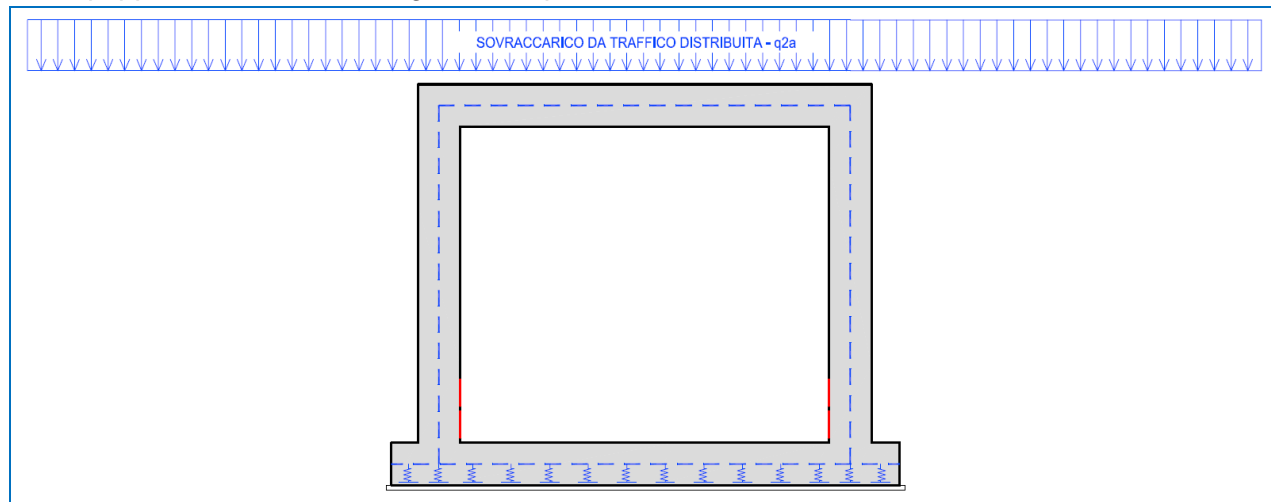
Si rappresenta che tale carico è calcolato con riferimento alle dimensioni di modello (elementi beam) trascurando il contributo del semi-spessore della soletta inferiore mentre quello della soletta superiore (ove presente) è stato tenuto in conto nel calcolo della sovra-spinta (vedi paragrafo seguente).

Tali carichi nel modello sono definiti come “g2” e “g3”.

10.3 CARICHI ACCIDENTALI

10.3.1 CARICHI ACCIDENTALI DA TRAFFICO AGENTI SULLA SOLETTA DI COPERTURA

Il carico accidentale da traffico agente sulla soletta di copertura è stato considerato pari a 20 kN/mq applicato secondo la seguente disposizione:



Tale carico nel modello è definito come “q1”.

10.3.2 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 dei mezzi di manutenzione);
- 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 distribuito	q1a =	20,00	[kN/mq]	q1a (k0) =	8,52	[kN/mq]

10.3.3 CARICHI ACCIDENTALI AGENTI SULLA ZATTERA DI FONDAZIONE

Per la vasca in esame i carichi accidentali che possono gravare sulla fondazione sono rappresentati dal carico idraulico.

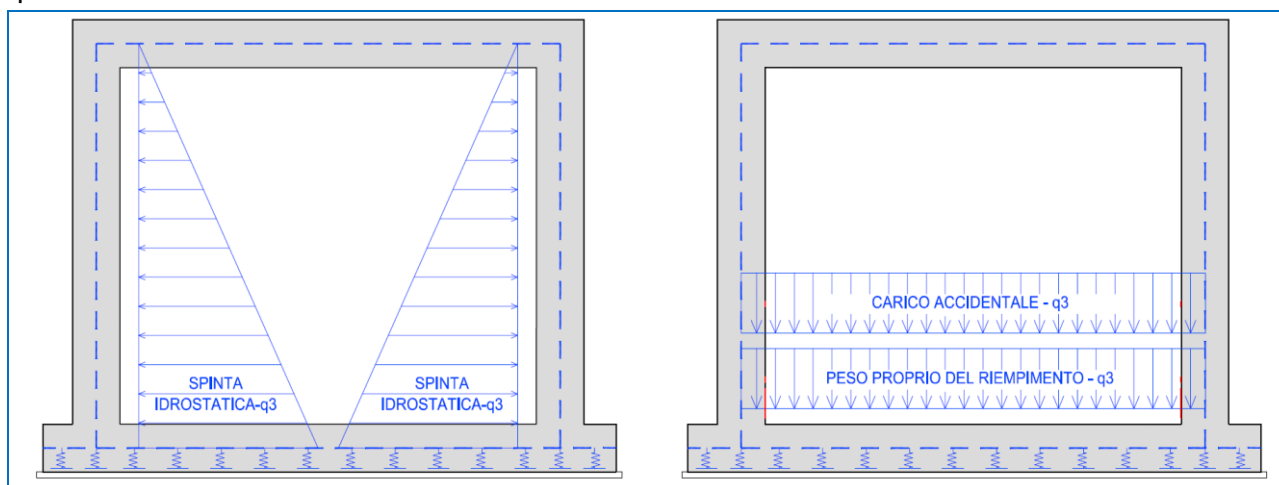
A favore di sicurezza si è considerata la vasca riempita di acqua per un'altezza di 2,00m avendo considerato un peso per unità di volume pari a $Y_{acqua}=10,00\text{kN/mc}$.

Ovviamente l'eventuale presenza di acqua all'interno del tombino genera altresì una spinta laterale contro le pareti dovuta alla pressione dell'acqua la quale contrasta la spinta delle terre.

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Altezza interna scatolare	h piedritti =	2,00	[m]	$Y_{acqua} =$	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				q3 verticale acqua =	20,00	[kN/mq]
Valore massimo della spinta triangolare agente sui piedritti	k =	1,000	[-----]	q3 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.



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 5.1.3.6 della norma vigente. In particolare conformemente a questo ultimo paragrafo (5.1.3.6), trattandosi di un'opera secondario 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.

10.3.4 AZIONE INERZIALE DELLE MASSE

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 .

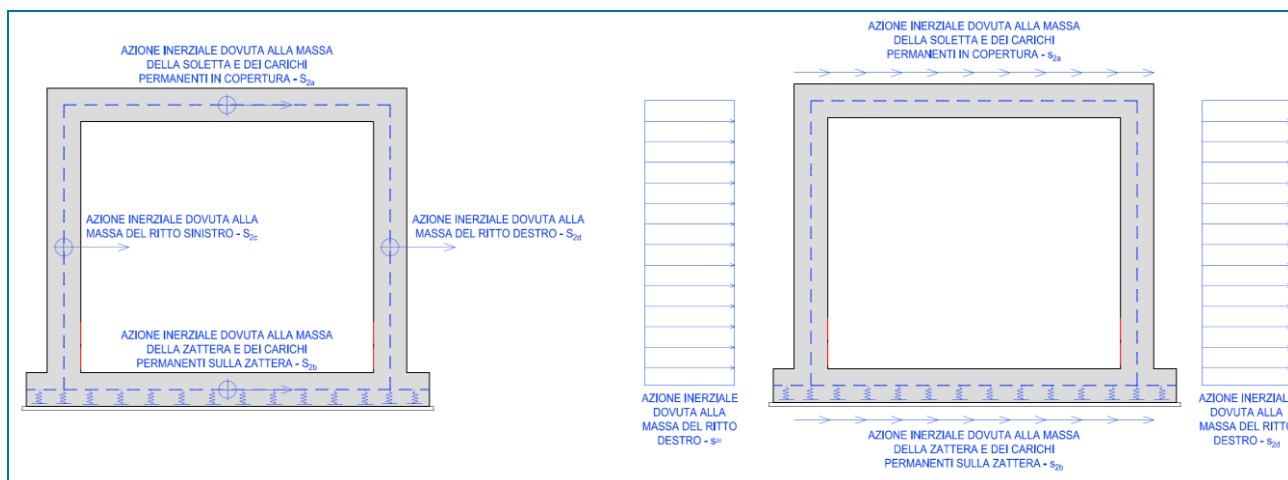
Sezione 1-1

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche compressive sismiche	ag (PGA) =	0,136	[-----]	$Y_{calcestruzzo} =$	25,00	[kN/mc]
	$S_S =$	1,20	[-----]	$S_T =$	1,00	[-----]
	K_h	0,16	[-----]	K_v	0,08	[-----]
Inerzia sismica piedritti	Area piedritto	0,80	[mq]	$s_{2,c}$ e $s_{2,d} =$	1,09	[kN/mq]
Inerzia sismica soletta inferiore	Area soletta inferiore	11,20	[mq]	$s_{2,b} =$	8,16	[kN/mq]

Sezione 2-2

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche compressive sismiche	ag (PGA) =	0,136	[-----]	$Y_{calcestruzzo} =$	25,00	[kN/mc]
	$S_S =$	1,20	[-----]	$S_T =$	1,00	[-----]
	K_h	0,16	[-----]	K_v	0,08	[-----]
Inerzia ricoprimento	Area ricoprimento	0,00	[mq]	$s_{2,a} =$	1,33	[kN/mq]
Inerzia sismica soletta superiore	Area soletta superiore	1,56	[mq]			
Inerzia sismica piedritti	Area piedritto	1,08	[mq]	$s_{2,c}$ e $s_{2,d} =$	1,32	[kN/mq]
Inerzia sismica soletta inferiore	Area soletta inferiore	7,60	[mq]	$s_{2,b} =$	6,46	[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.



Nota Bene: le azioni inerziali sismiche sono applicate al modello solo in una direzione orizzontale. 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.

10.3.5 SOVRASPINTA DINAMICA DEI TERRENI

L'azione di spinta attiva dei terreni in fase sismica (sovraspinta 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

Sezione 1-1

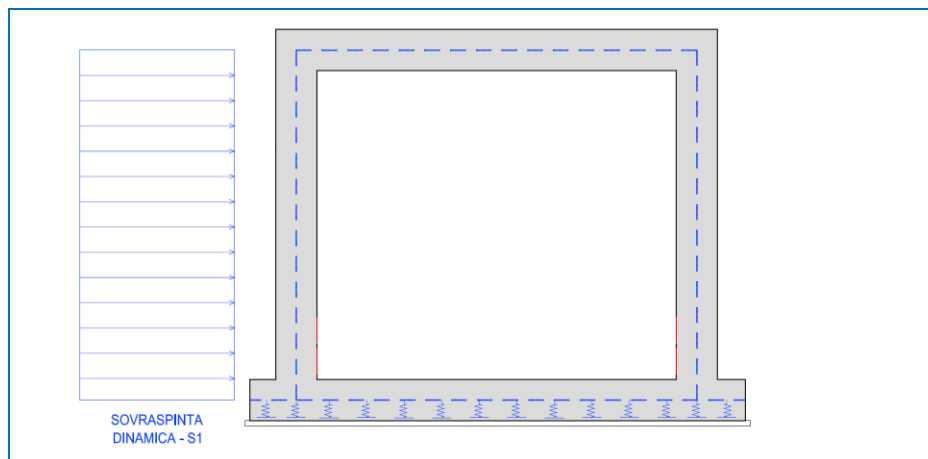
TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche compressive sismiche	ag (PGA) =	0,136	[-----]	$Y_{rinterro} =$	20,00	[kN/mc]
	$S_s =$	1,20	[-----]	$S_T =$	1,00	[-----]
	Kh	0,16	[-----]	Kv	0,08	[-----]
Spinta lungo l'elemento beam del piedritto in condizioni di k0 per carico distribuito	H =	2,00	[m]	s1 =	13,06	[kN/mq]

Sezione 2-2

TIPO DI CARICO	CARATTERISTICHE			VALORE DI APPLICAZIONE DEL CARICO SUL MODELLO		
Caratteristiche compressive sismiche	ag (PGA) =	0,136	[-----]	$Y_{rinterro} =$	20,00	[kN/mc]
	$S_s =$	1,20	[-----]	$S_T =$	1,00	[-----]
	Kh	0,16	[-----]	Kv	0,08	[-----]
Spinta lungo l'elemento beam del piedritto in condizioni di k0 per carico distribuito	H =	3,00	[m]	s1 =	29,38	[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. 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.

11 COMBINAZIONI DI CARICO

11.1 DEFINIZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI E DEI COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE

Nelle tabelle successive sono riportati i carichi elementari introdotti nei modelli di calcolo ed i rispettivi coefficienti di amplificazione (γ) e partecipazione (ψ):

CARICO ELEMENTARE		COEFFICIENTE DI SPINTA	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	Spinta laterale del terreno sul ritto sinistro	k ₀	SPT-01	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00
g ₃	Spinta laterale del terreno sul ritto destro	k ₀						
q ₁	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto sinistro	k ₀	SPACC-01	1,35	0,00	0,75	0,75	0,00
q ₂	Spinta laterale del sovraccarico distribuito sul ritto destro	k ₀						
q ₁	Carico accidentale da traffico distribuito sulla copertura	-						
q ₃	Carico accidentale da presenza di acqua sulla zattera	-	ACC-01	1,50	0,00	1,00	1,00	0,00
s ₁	Sovrappinta dinamica dei terreni	-	SISMA	1,00	1,00	-	-	-
s _{2a}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa della soletta	-		1,00	1,00	-	-	-
s _{2b}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa della 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 centrale	-		1,00	1,00	-	-	-
s _{2e}	Inerzia sismica orizzontale dovuta alla massa del ritto destro	-		1,00	1,00	-	-	-

11.2 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

11.3 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

11.4 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

11.5 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

11.6 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

11.7 RIEPILOGO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO								
CASI DI ANALISI	SLE - QP.1	SLE - FR.1	SLE - FR.2	SLE - FR.3	SLE - CAR.1	SLE - CAR.2	SLE - CAR.3	SLE - CAR.4
	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ	ψ
PP-01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SPT-01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SPACC-01	0,00	0,75	0,75	0,00	0,75	1,00	0,75	1,00
ACC-01	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
SISMA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

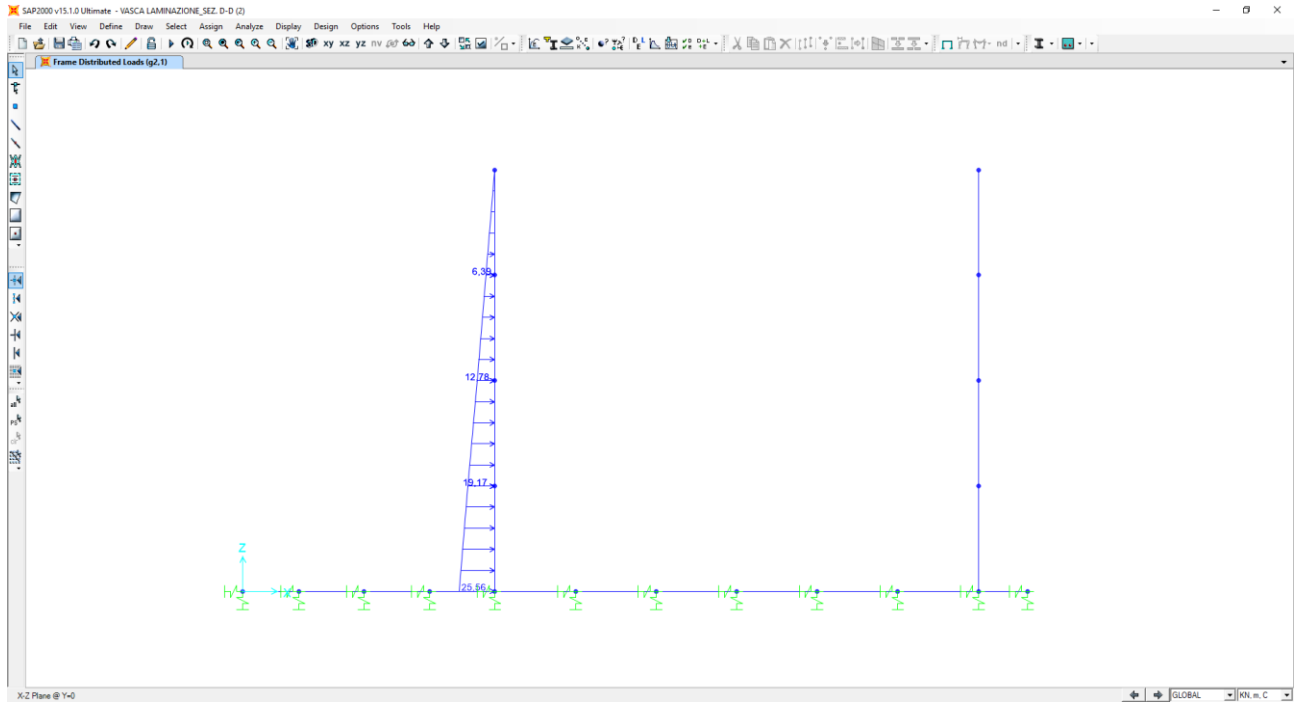
COMBINAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO				
CASI DI ANALISI	SLU - STR.1	SLU - STR.2	SLU - STR.3	SLU - STR.4
	$\gamma \cdot \psi$	$\gamma \cdot \psi$	$\gamma \cdot \psi$	$\gamma \cdot \psi$
PP-01	1,35	1,35	1,35	1,35
SPT-01	1,35	1,35	1,35	1,35
SPACC-01	1,35	1,35	1,01	1,01
ACC-01	1,50	0,00	1,50	0,00
SISMA	0,00	0,00	0,00	0,00

COMBINAZIONI SISMICHE	
CASI DI ANALISI	SISMA.1
	ψ
PP-01	1,00
SPT-01	1,00
SPACC-01	0,00
ACC-01	0,00
SISMA	1,00

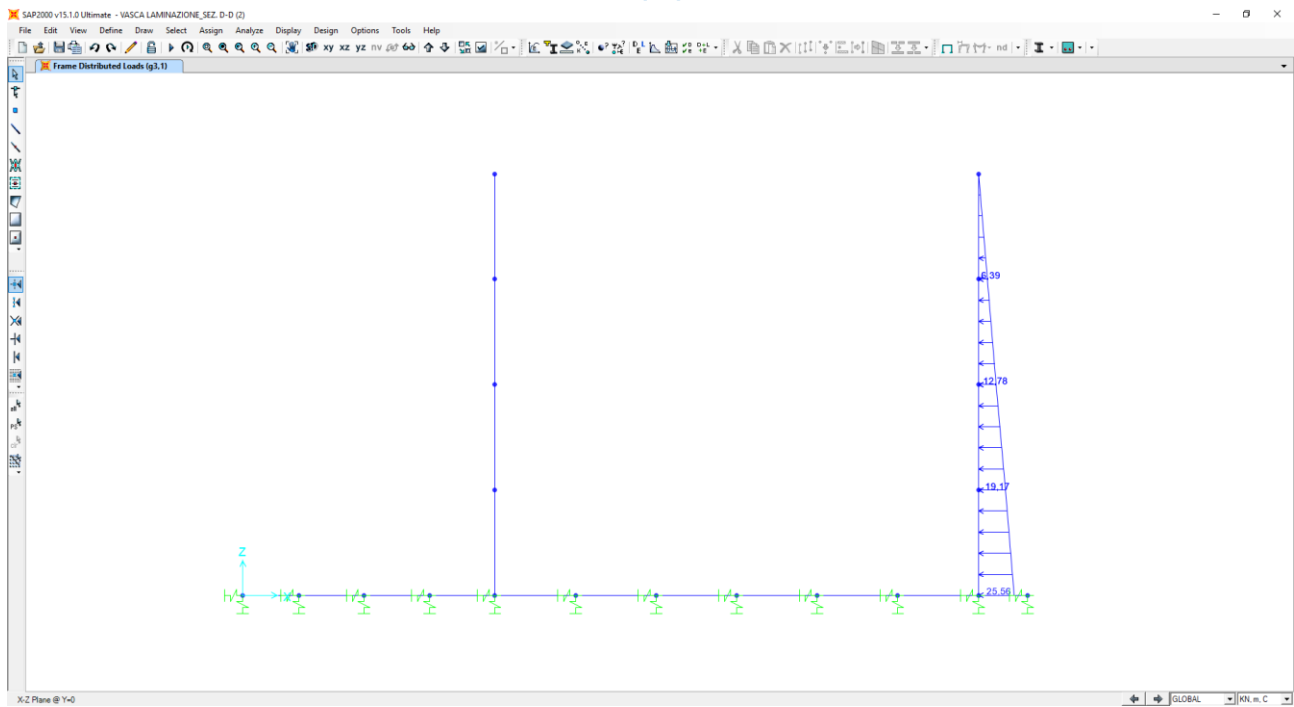
12 APPLICAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI AL MODELLO DI CALCOLO

12.1 SEZIONE 1-1

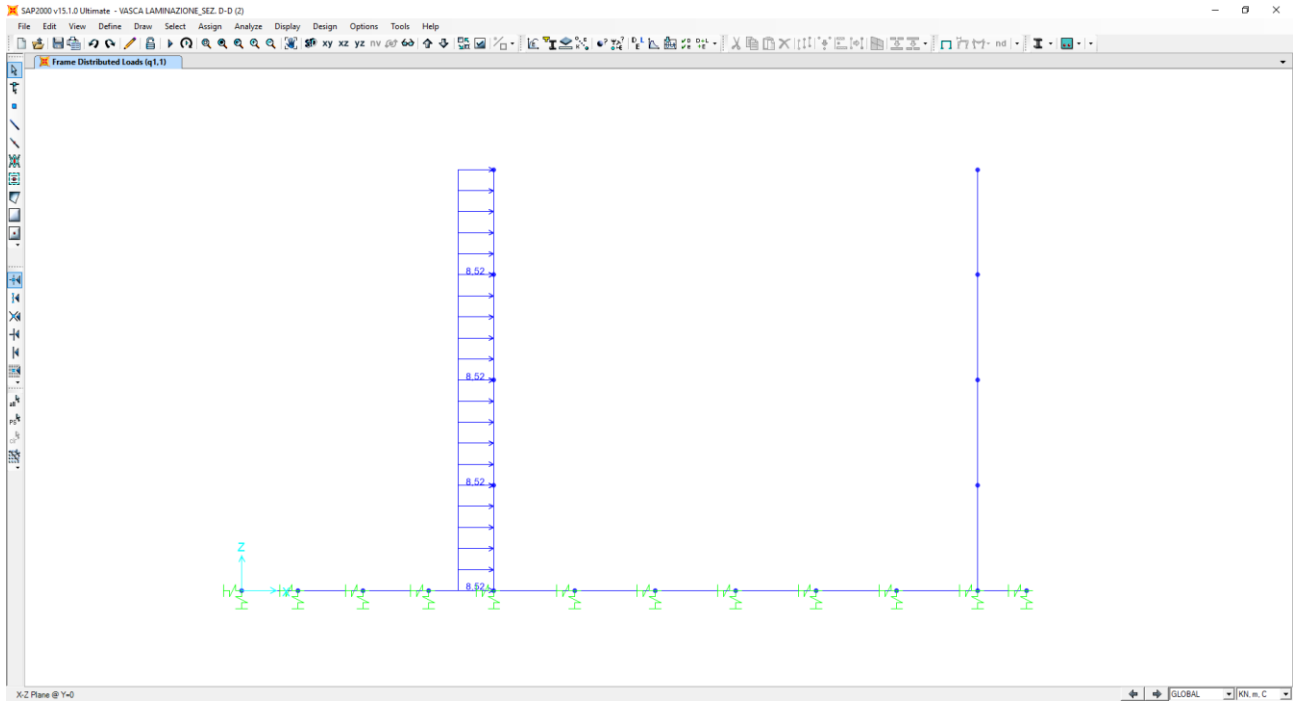
12.1.1 SPINTA DEL TERRENO SUL RITTO SINISTRO (G_2)



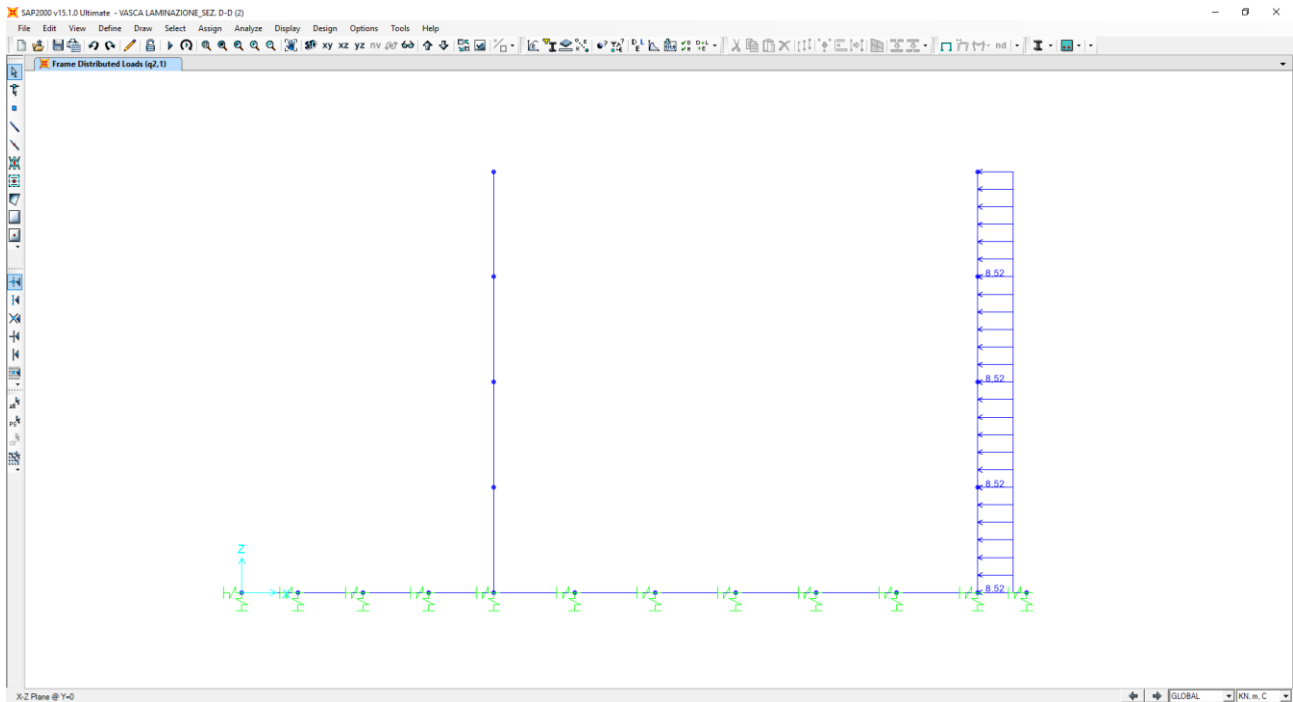
12.1.2 SPINTA DEL TERRENO SUL RITTO DESTRO (G_3)



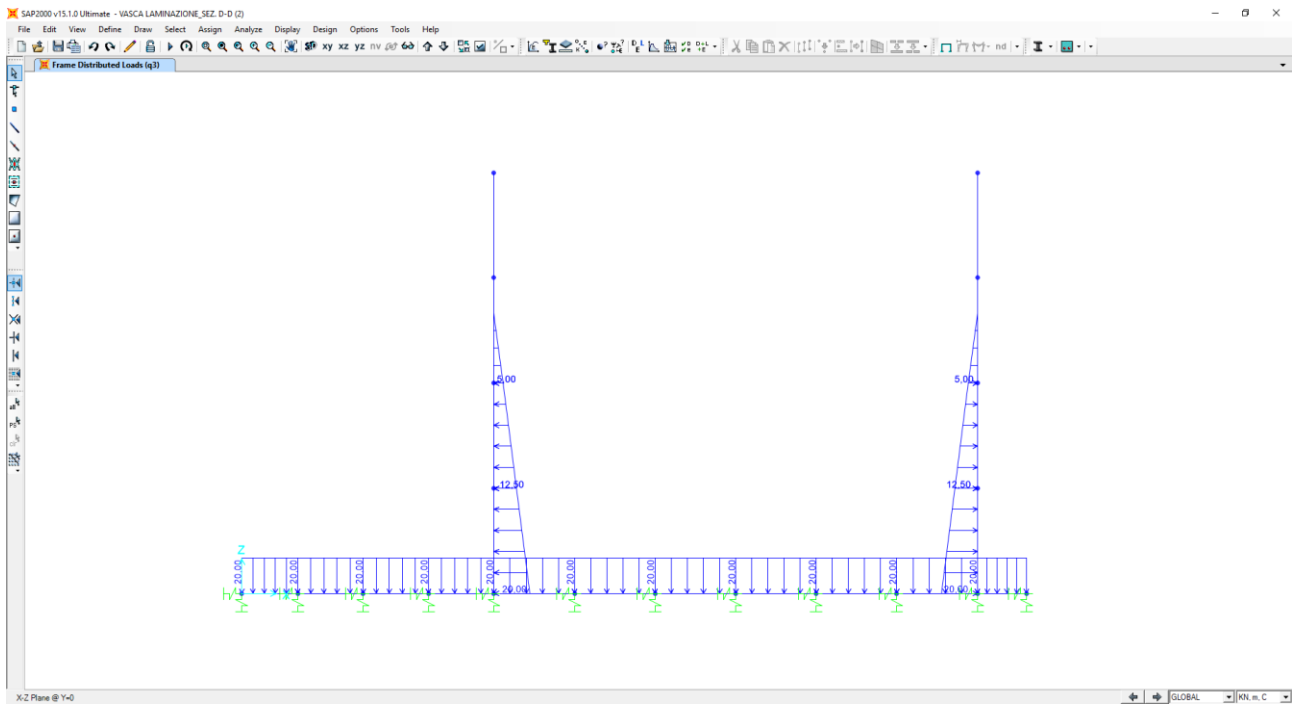
12.1.3 SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RITTO SINISTRO (q1)



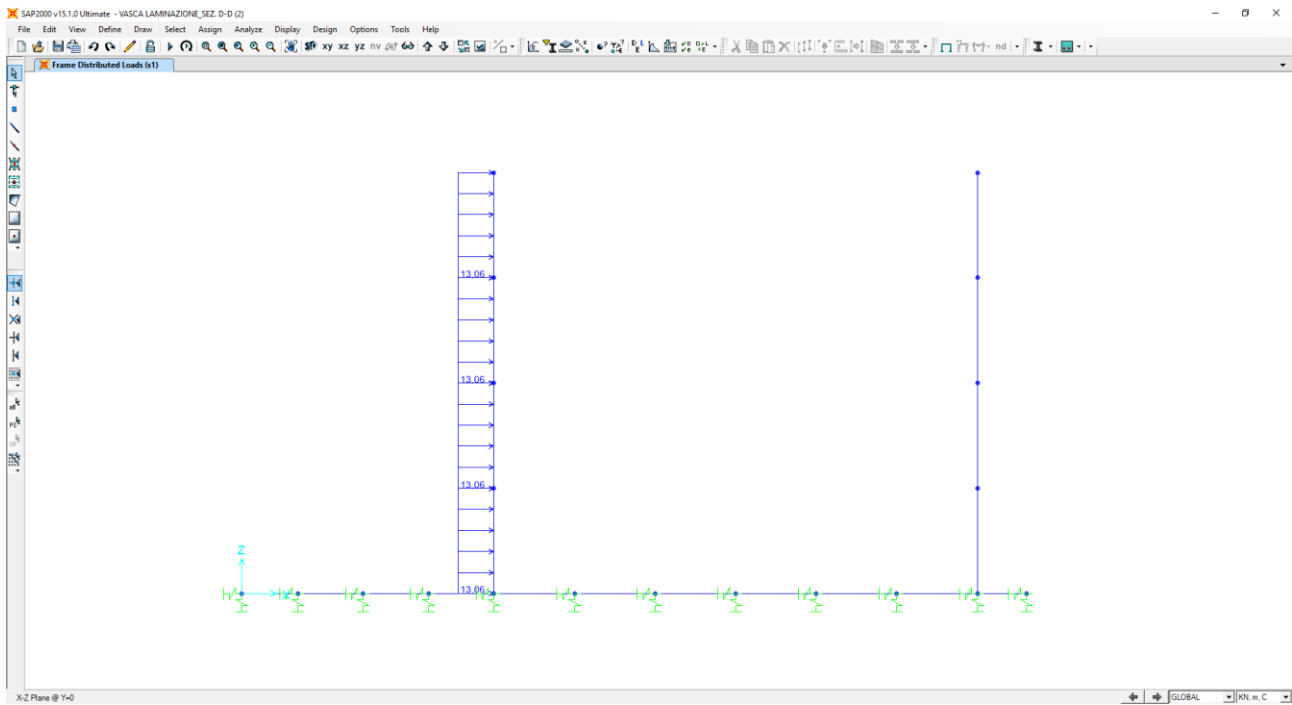
12.1.4 SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RITTO DESTRO (q2)



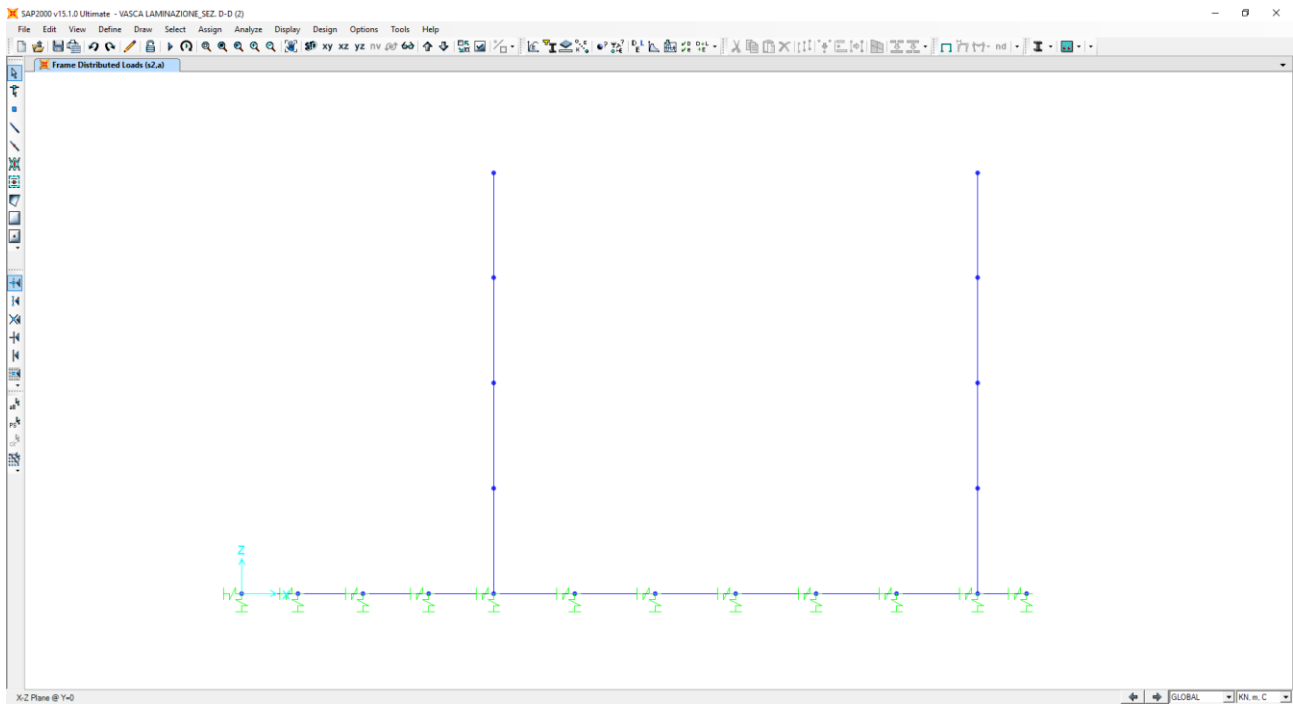
12.1.5 CARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA INFERIORE (Q_3)



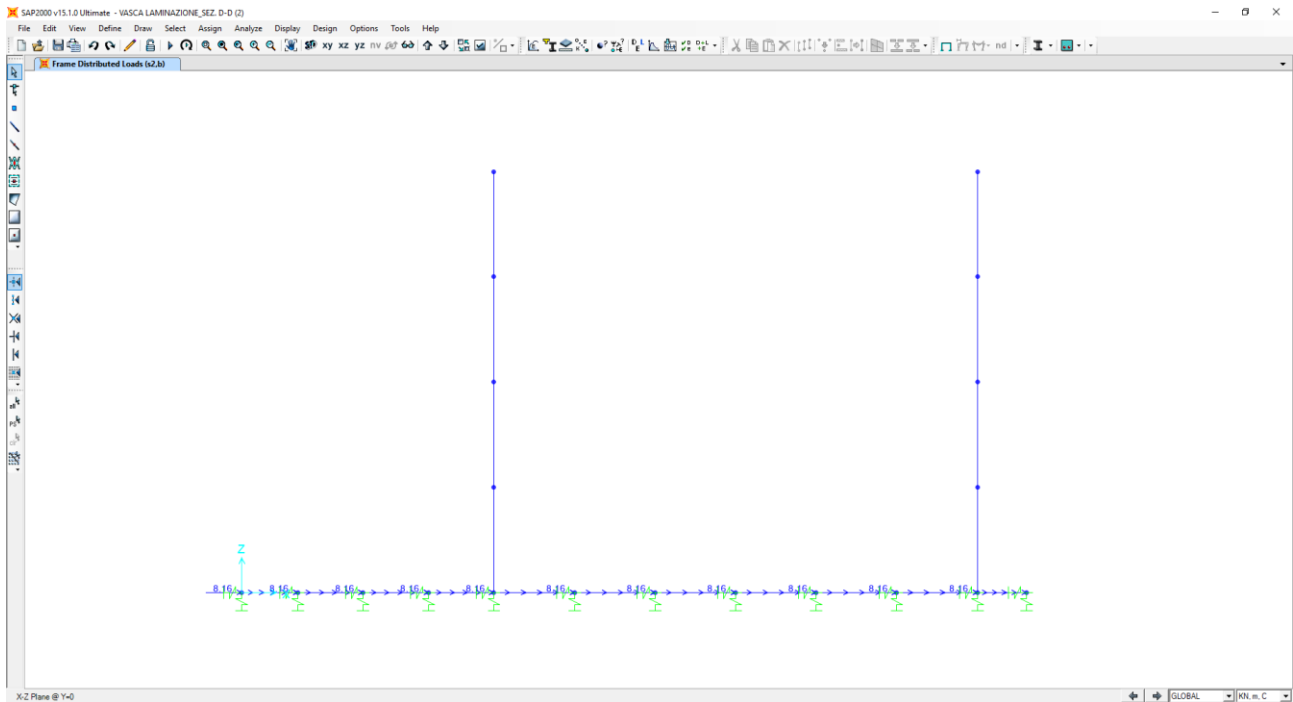
12.1.6 SOVRASPINTA DINAMICA DEL TERRENO SUL RITTO SINISTRO (S_1)



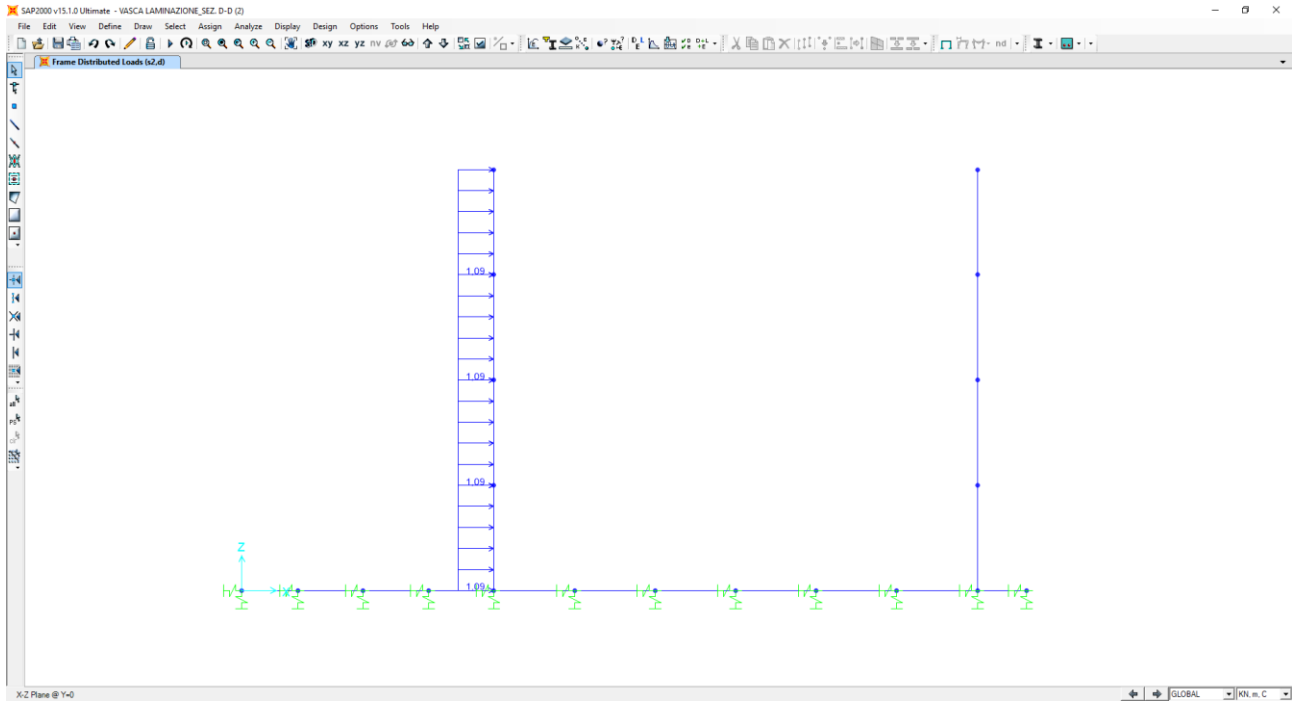
12.1.7 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DELLA SOLETTA SUPERIORE E DEI CARICHI PERMANENTI DI PERTINENZA (S_{2A})



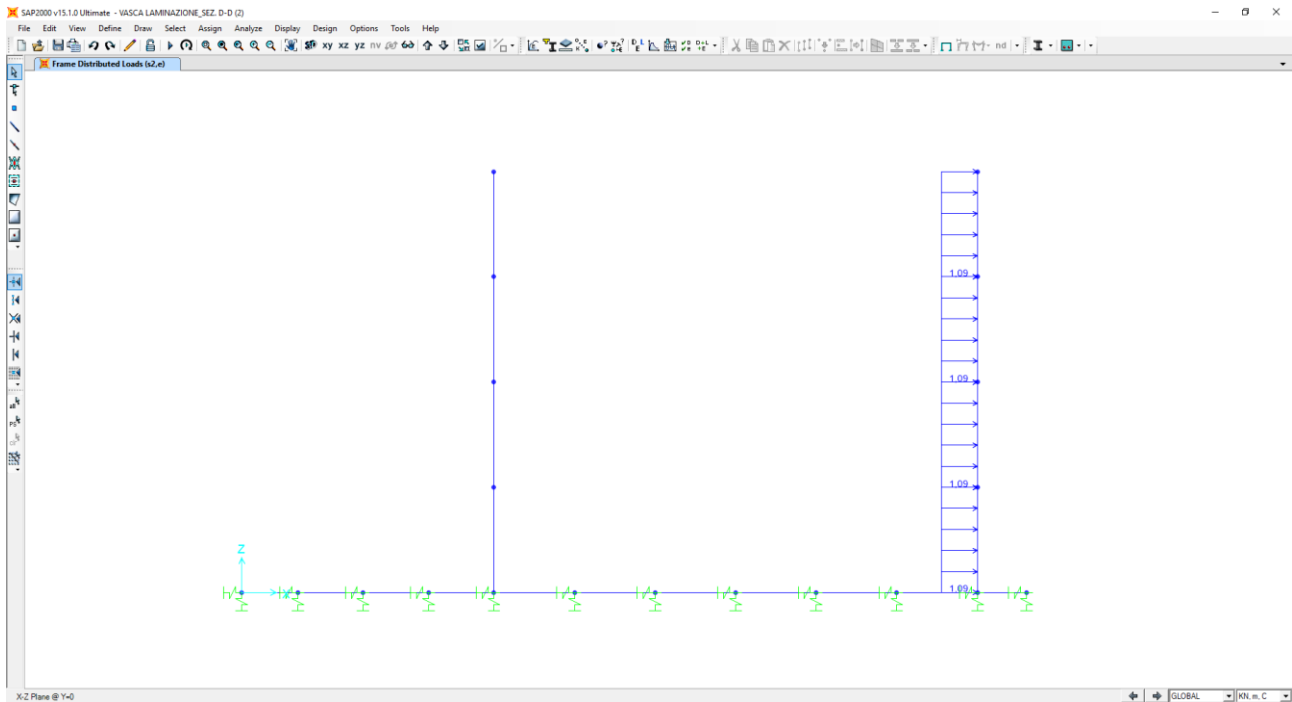
12.1.8 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DELLA SOLETTA INFERIORE E DEI CARICHI PERMANENTI DI PERTINENZA (S_{2B})



12.1.9 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DEL RITTO SINISTRO (S_{2D})

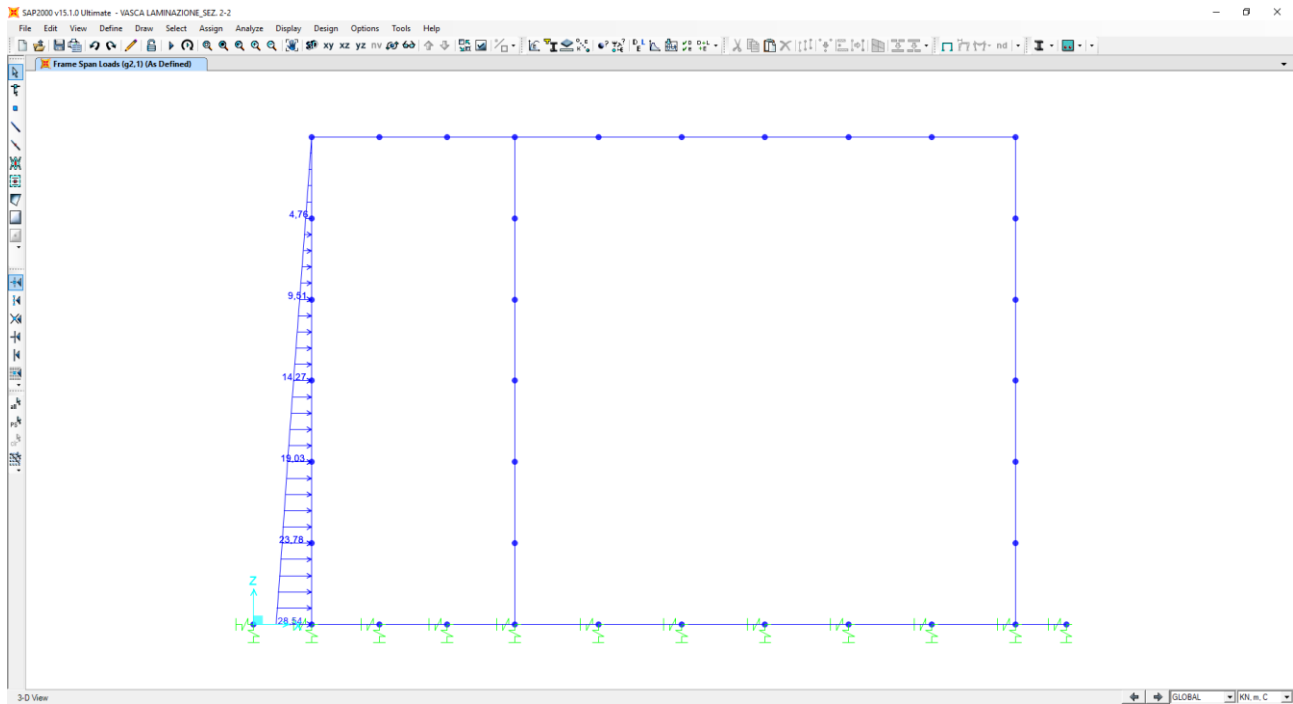


12.1.10 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DEL RITTO DESTRO (S_{2E})

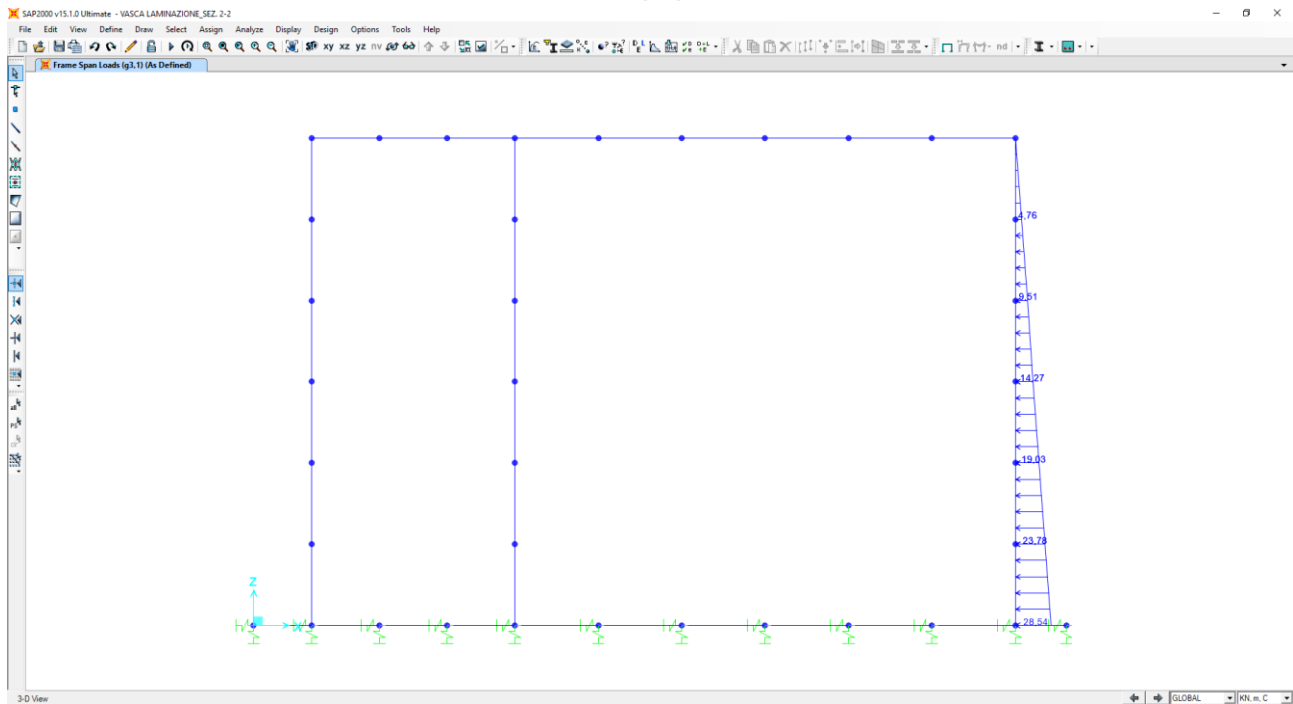


12.2 SEZIONE 2-2

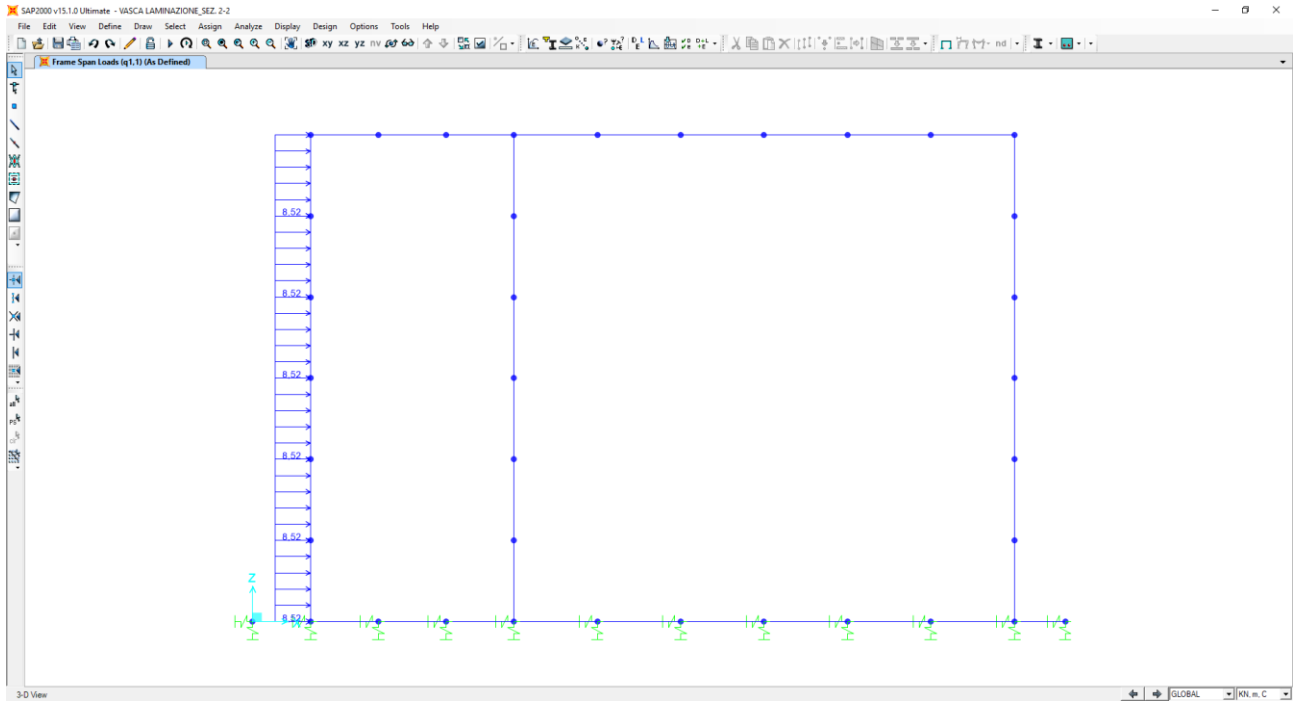
12.2.1 SPINTA DEL TERRENO SUL RITTO SINISTRO (G_2)



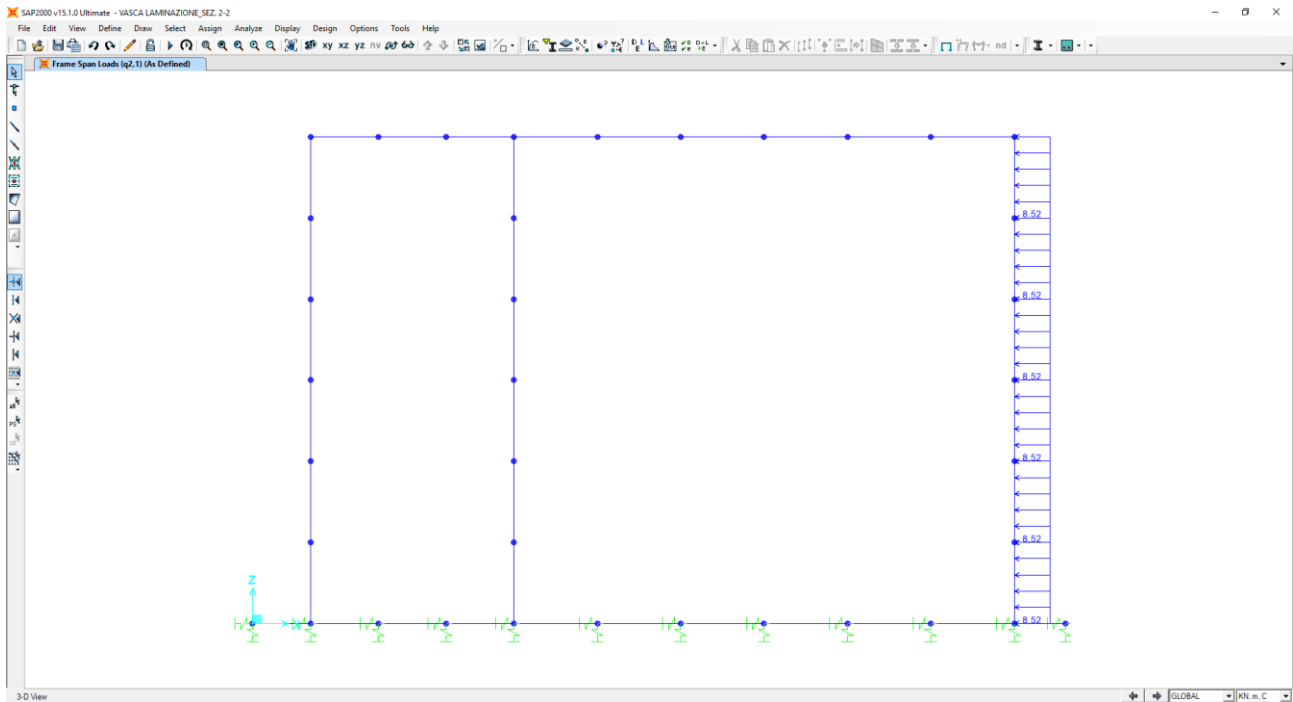
12.2.2 SPINTA DEL TERRENO SUL RITTO DESTRO (G_3)



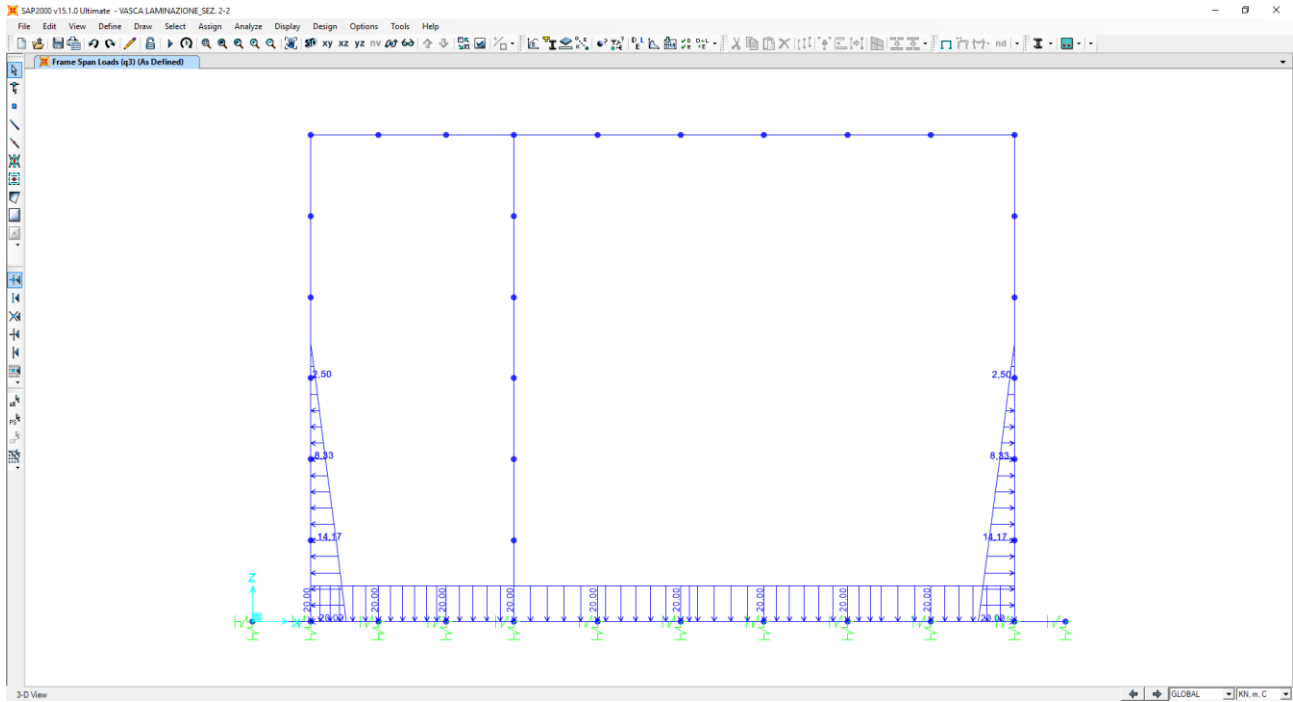
12.2.3 SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RITTO SINISTRO (q1)



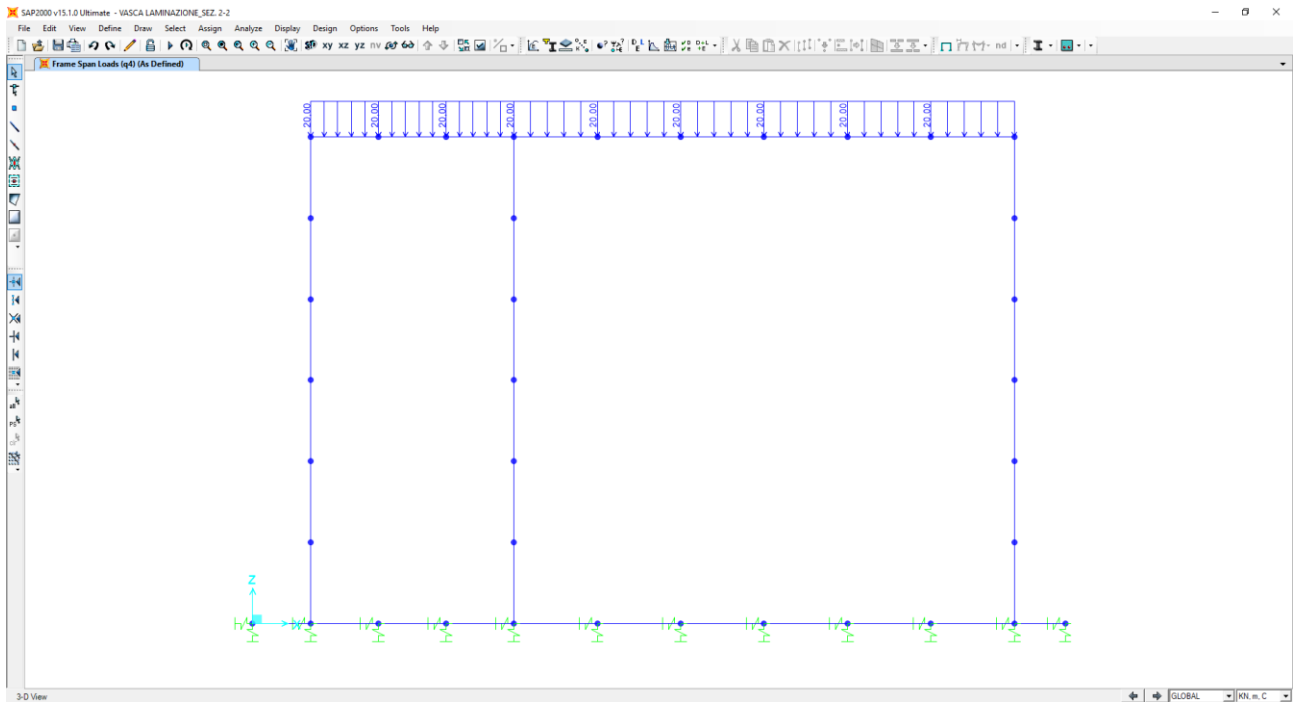
12.2.4 SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RITTO DESTRO (q2)



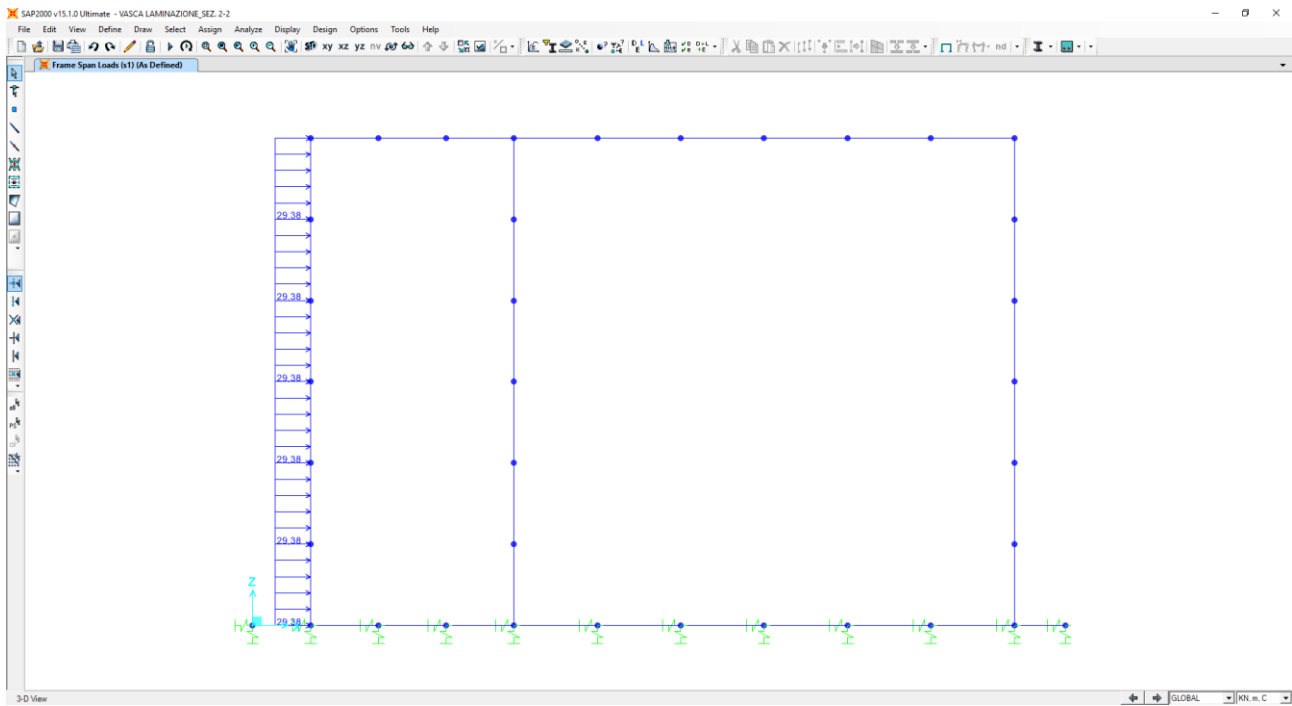
12.2.5 CARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA INFERIORE (Q₃)



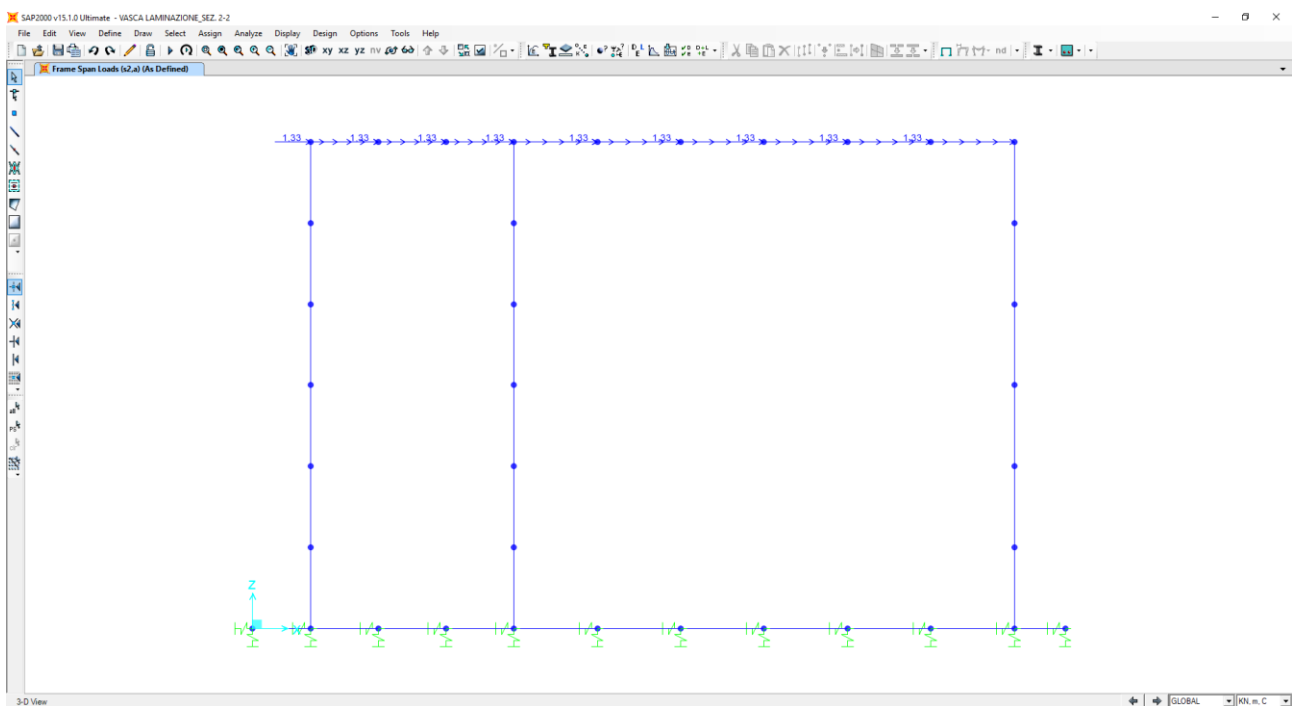
12.2.6 CARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA DI COPERTURA(Q₄)



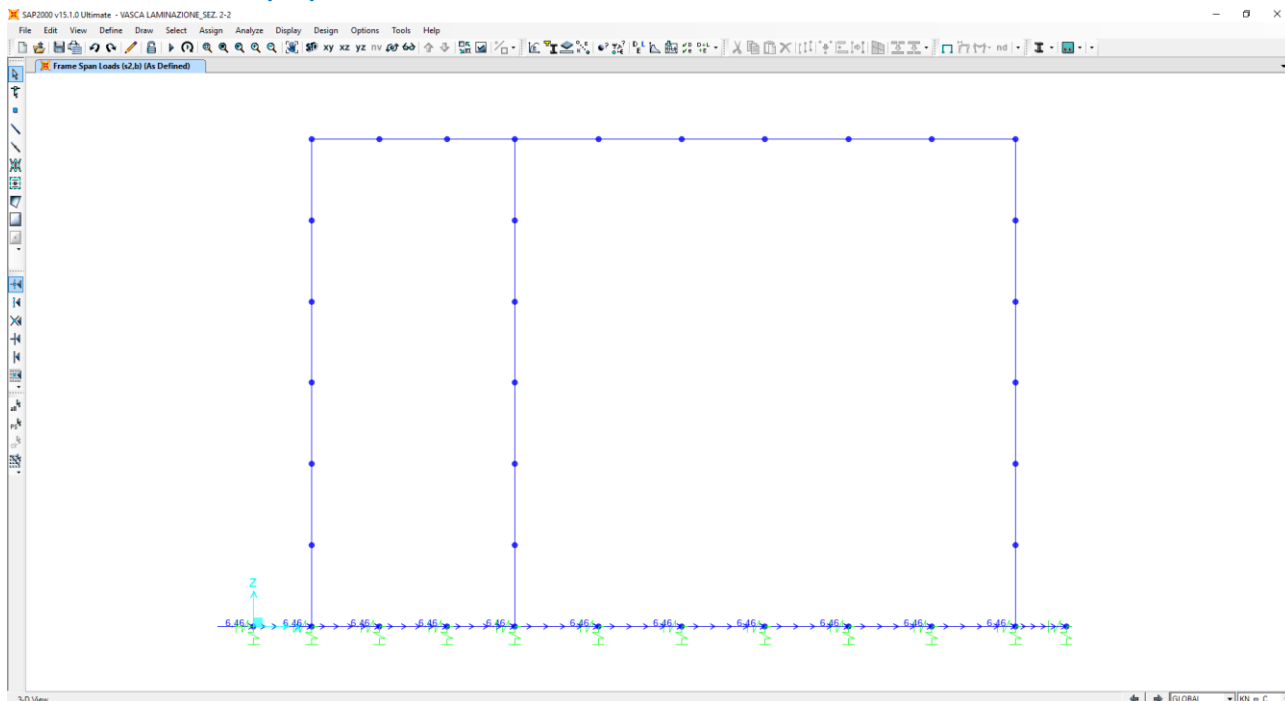
12.2.7 SOVRASPINTA DINAMICA DEL TERRENO SUL RITTO SINISTRO (S_1)



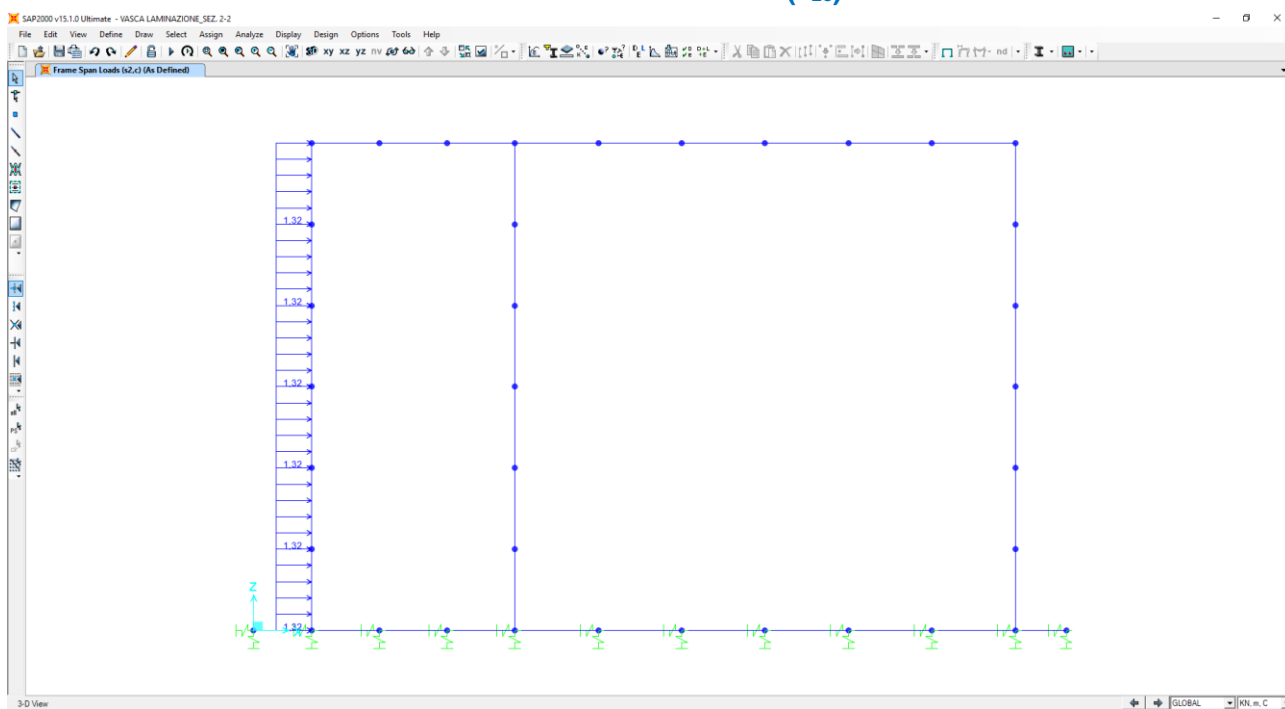
12.2.8 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DELLA SOLETTA SUPERIORE E DEI CARICHI PERMANENTI DI PERTINENZA (S_{2A})



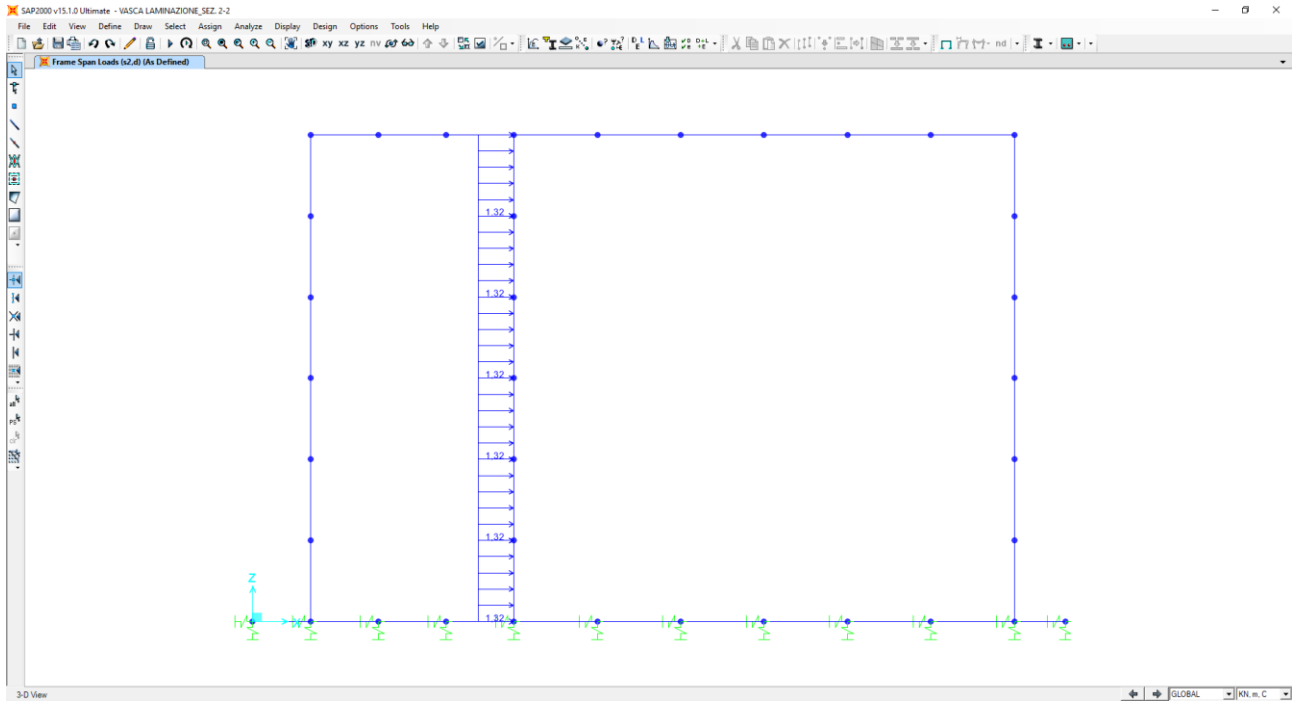
12.2.9 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DELLA SOLETTA INFERIORE E DEI CARICHI PERMANENTI DI PERTINENZA (S_{2B})



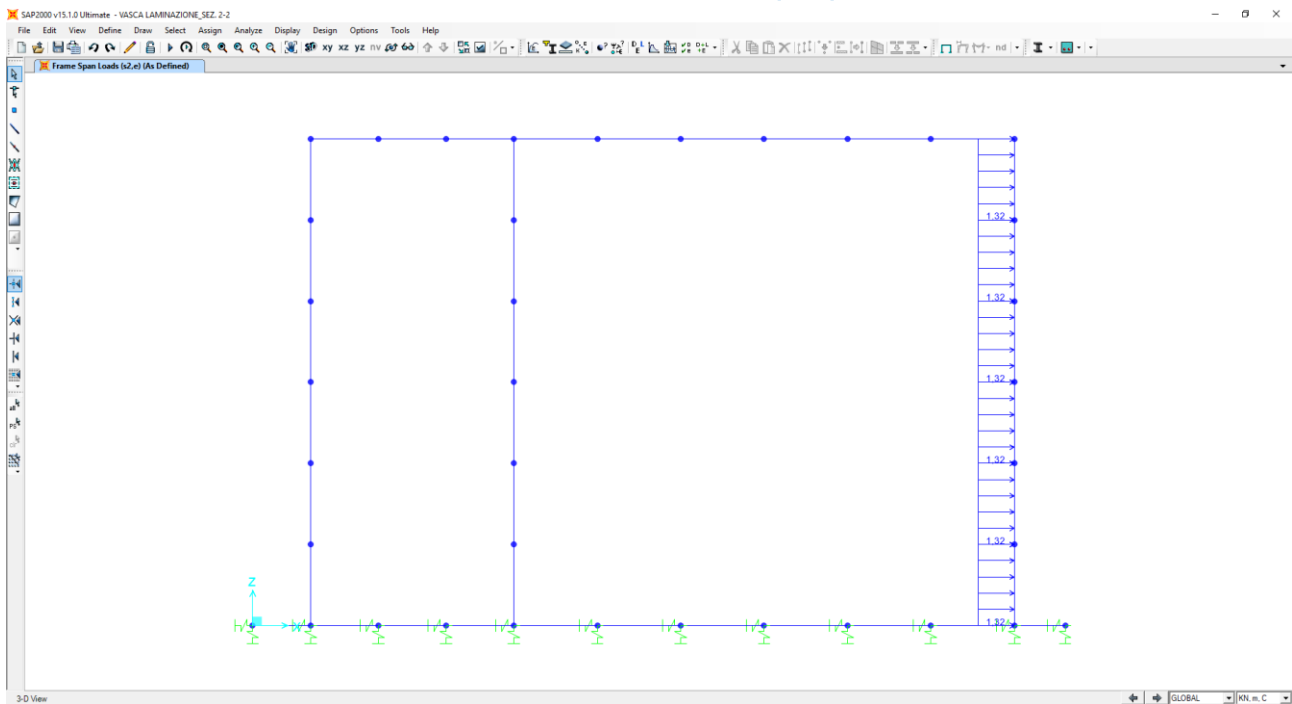
12.2.10 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DEL RITTO SINISTRO (S_{2C})



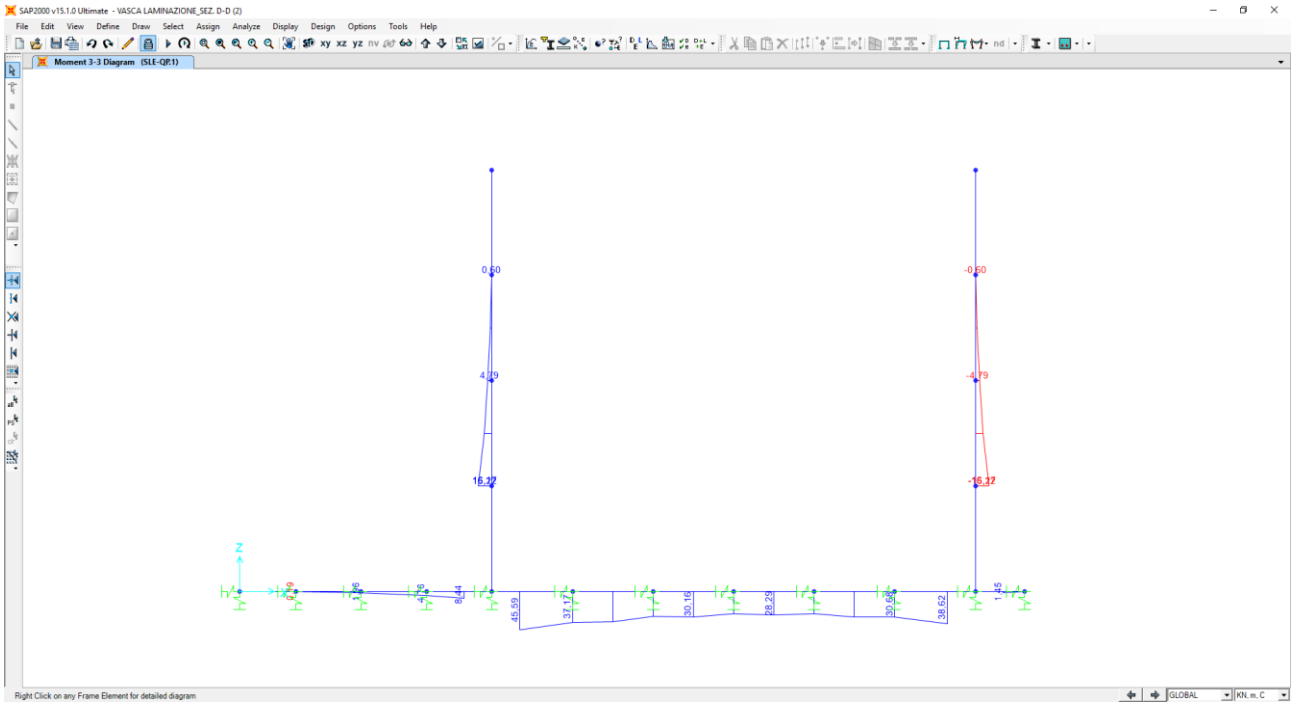
12.2.11 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DEL RITTO CENTRALE (S_{2D})



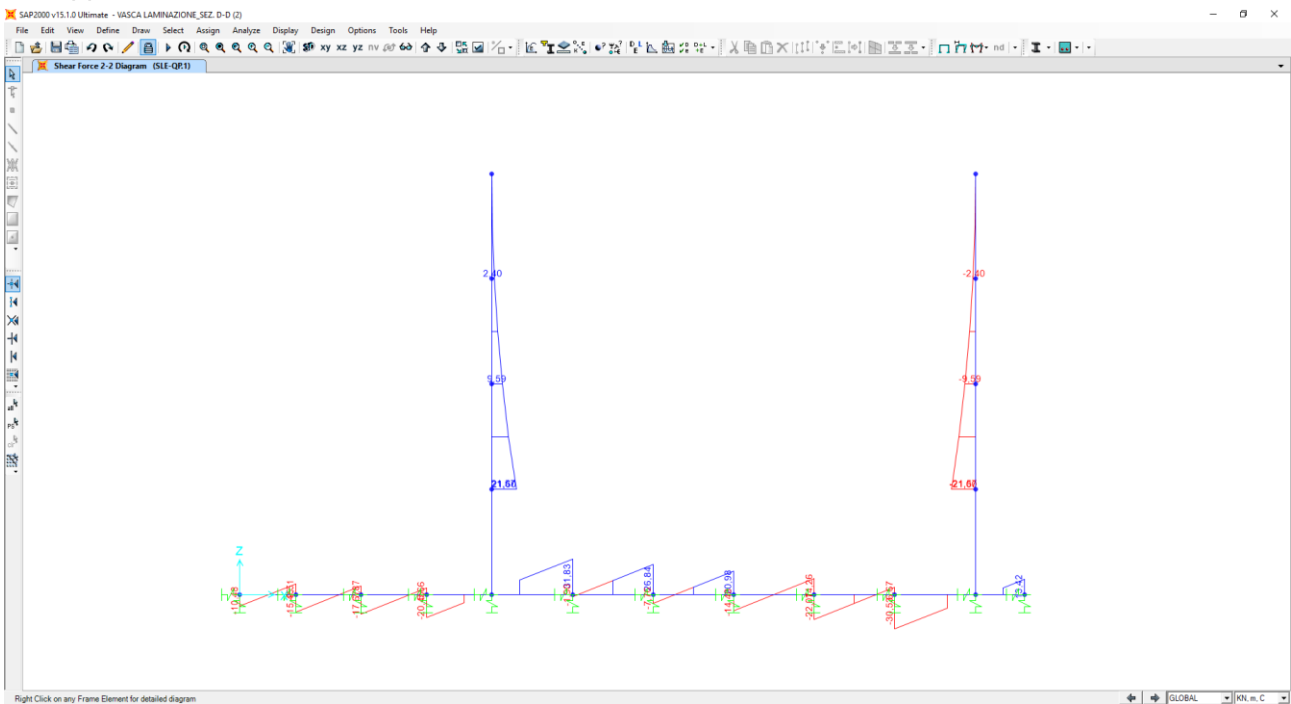
12.2.12 AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE DEL RITTO DESTRO (S_{2E})



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

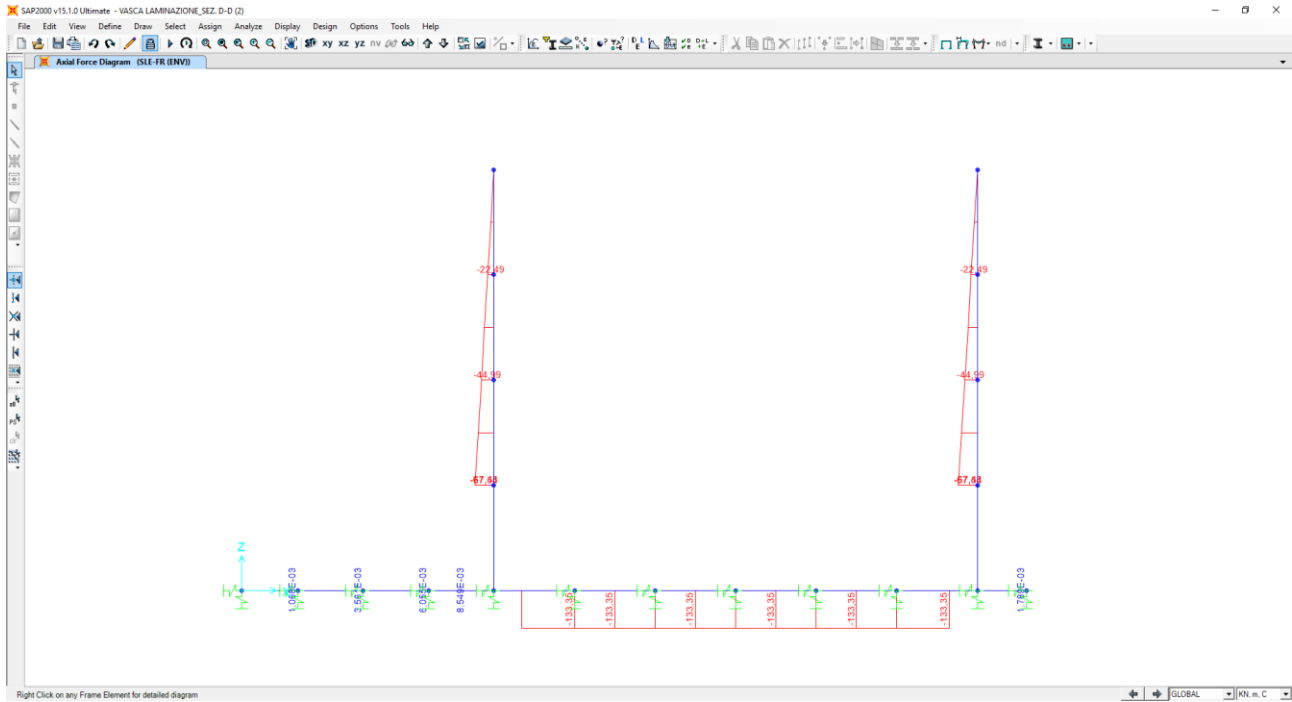


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:

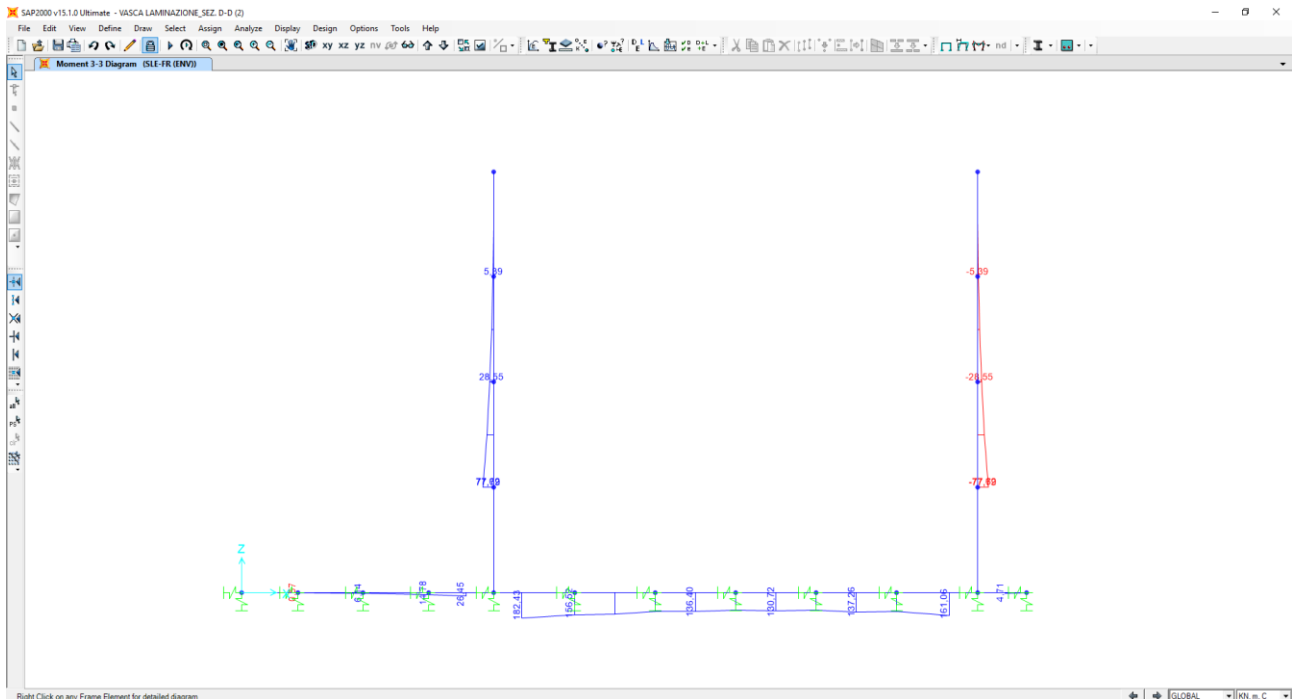


13.1.2 COMBINAZIONI SLE – FREQUENTI

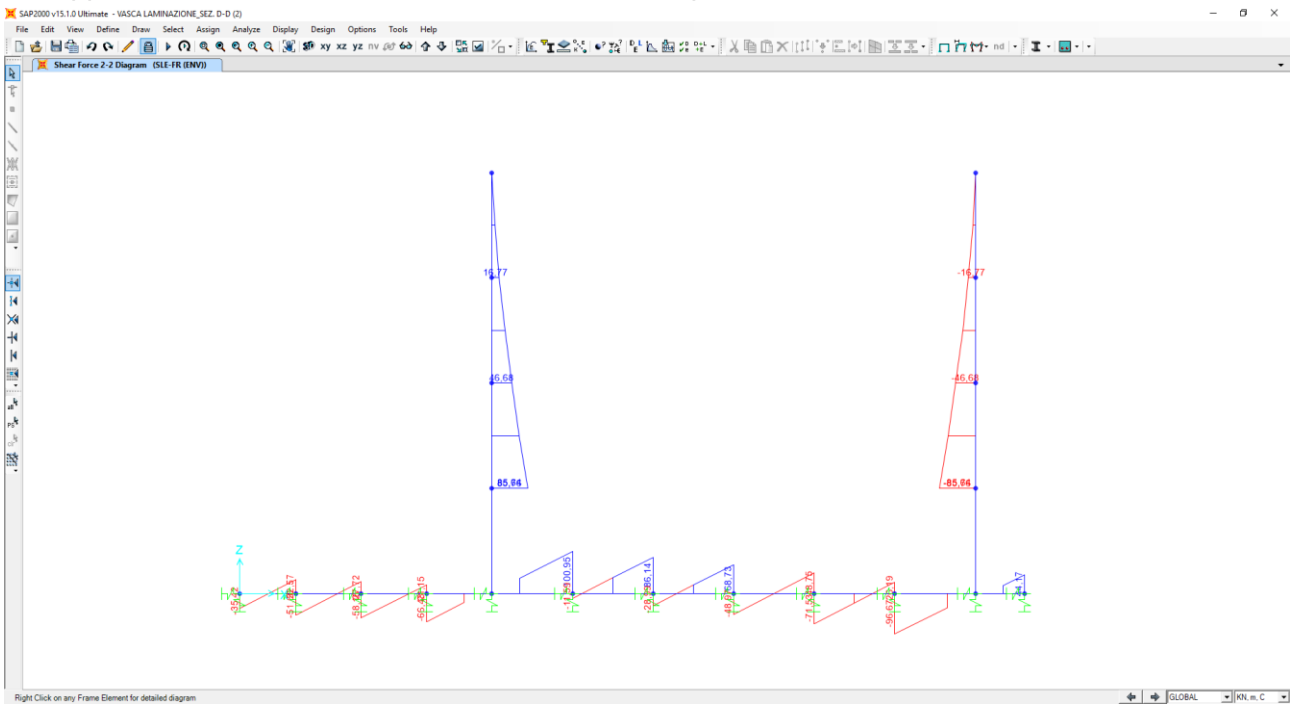
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:



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

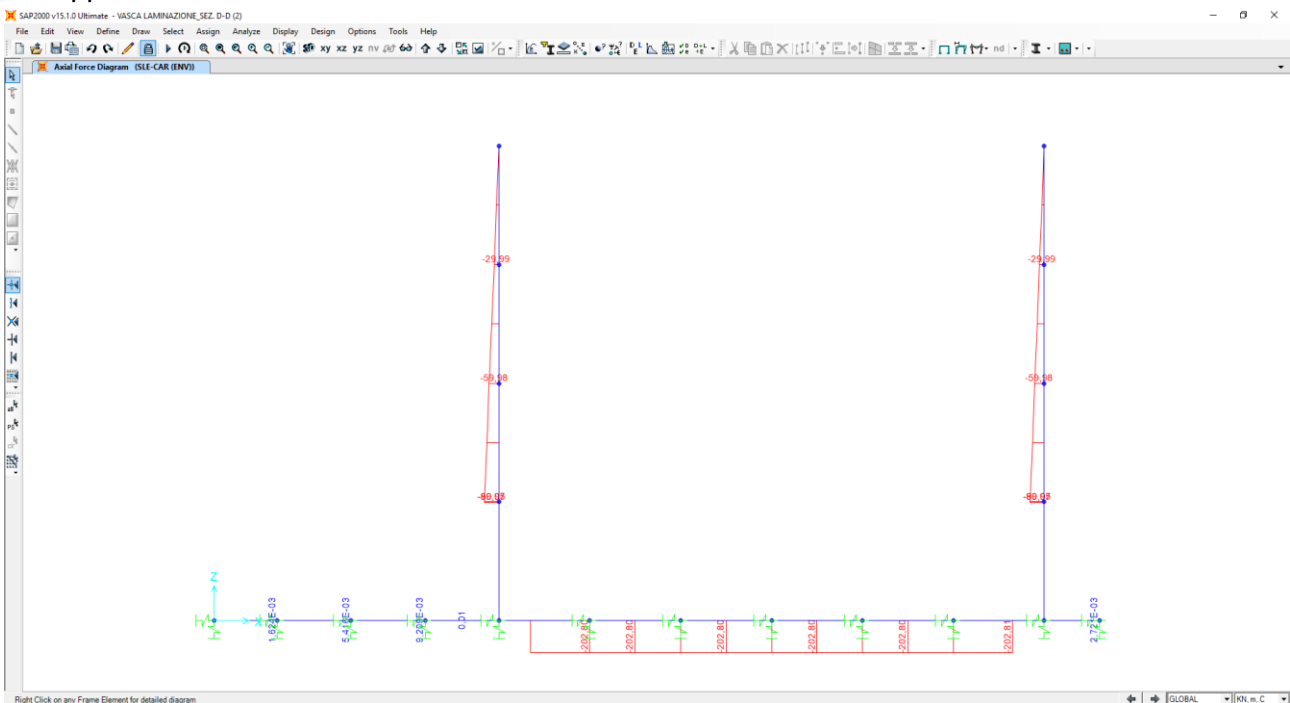


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:

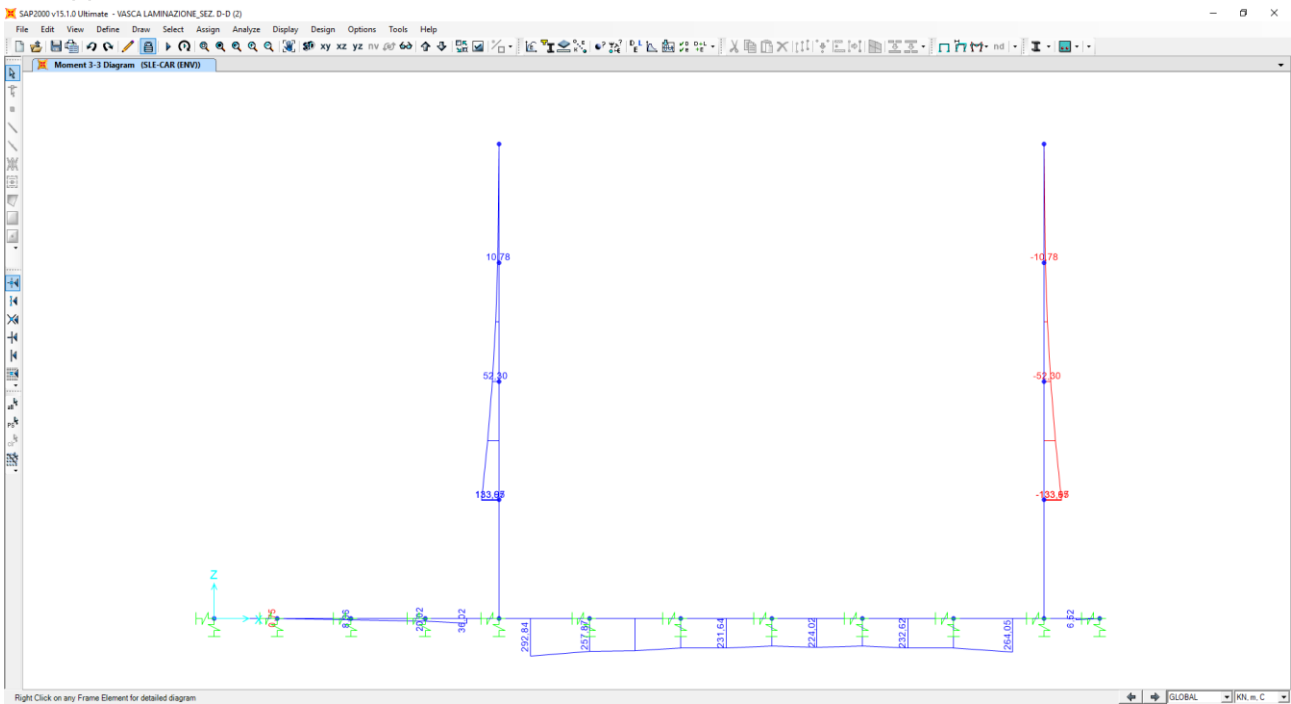


13.1.3 COMBINAZIONI SLE – CARATTERISTICHE

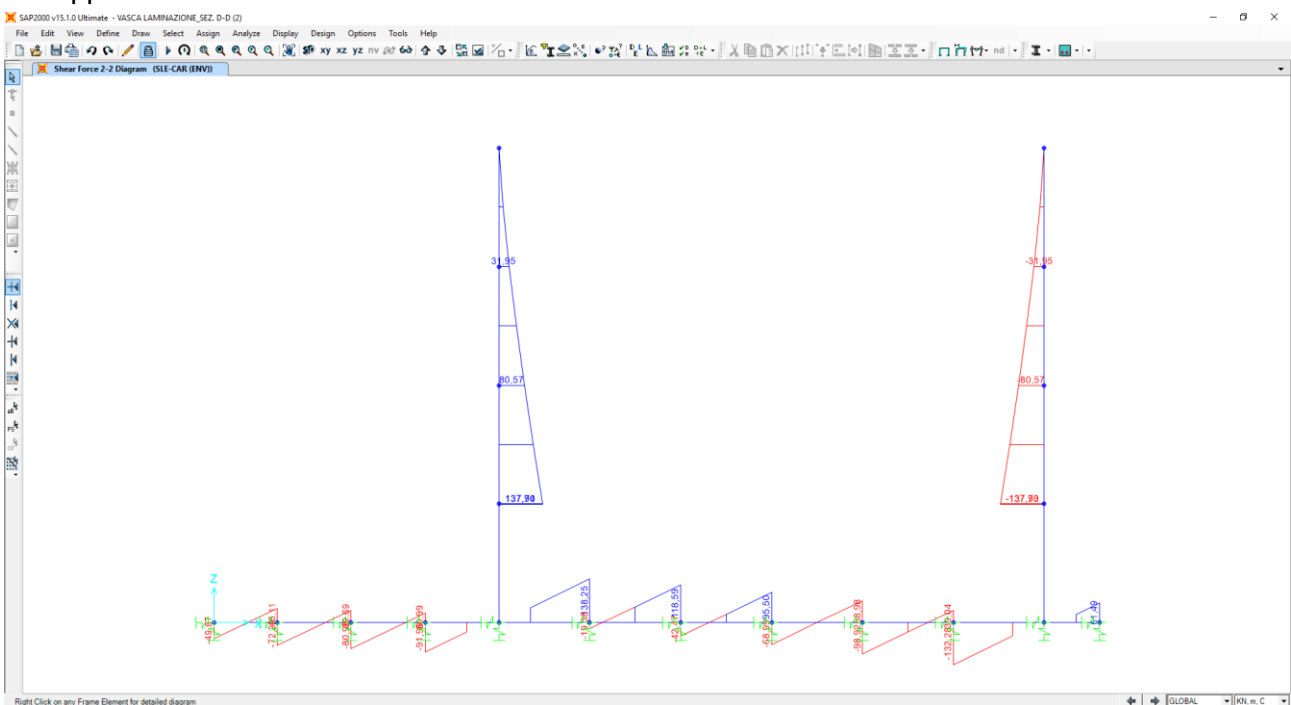
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:



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

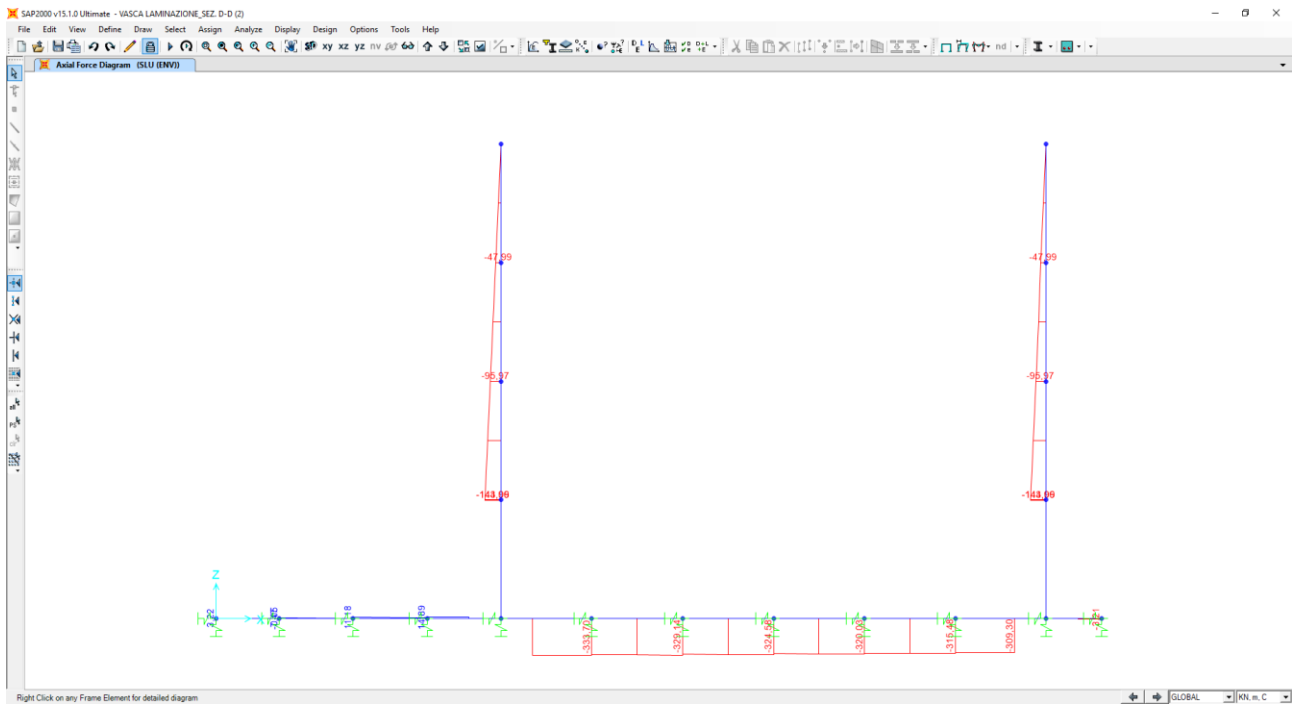


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:

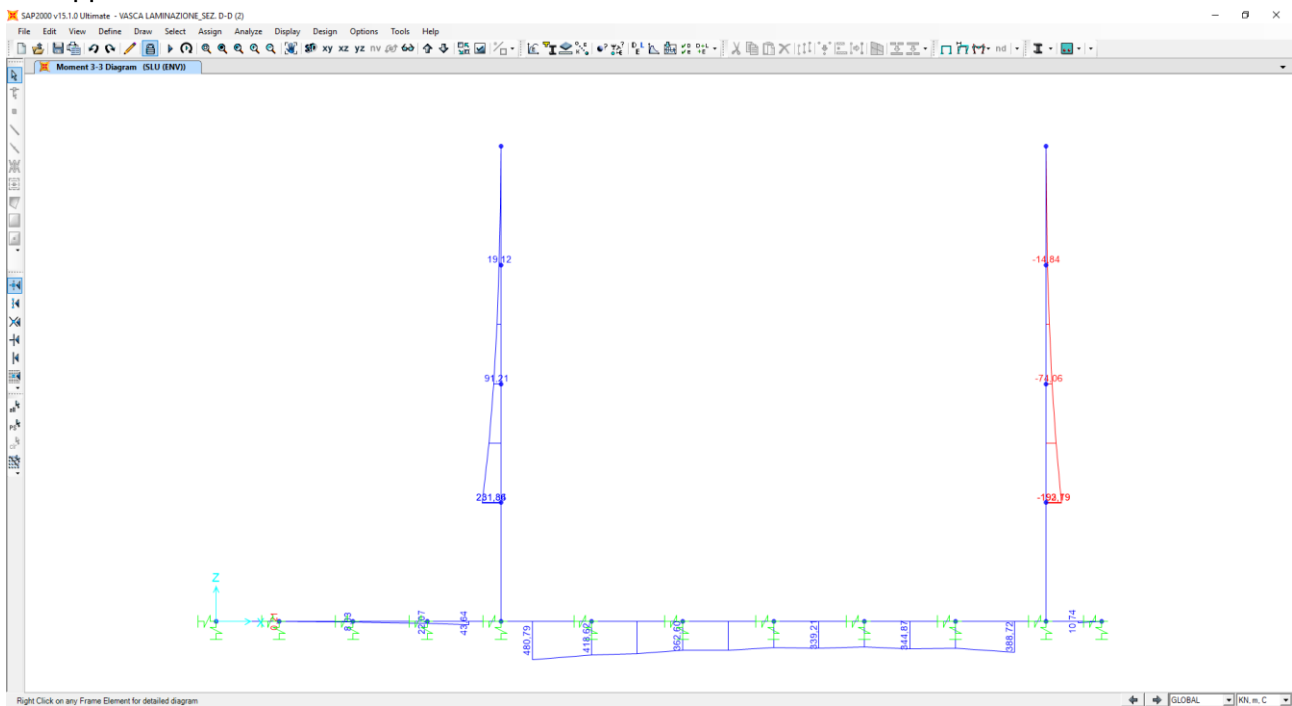


13.1.4 COMBINAZIONI SLU

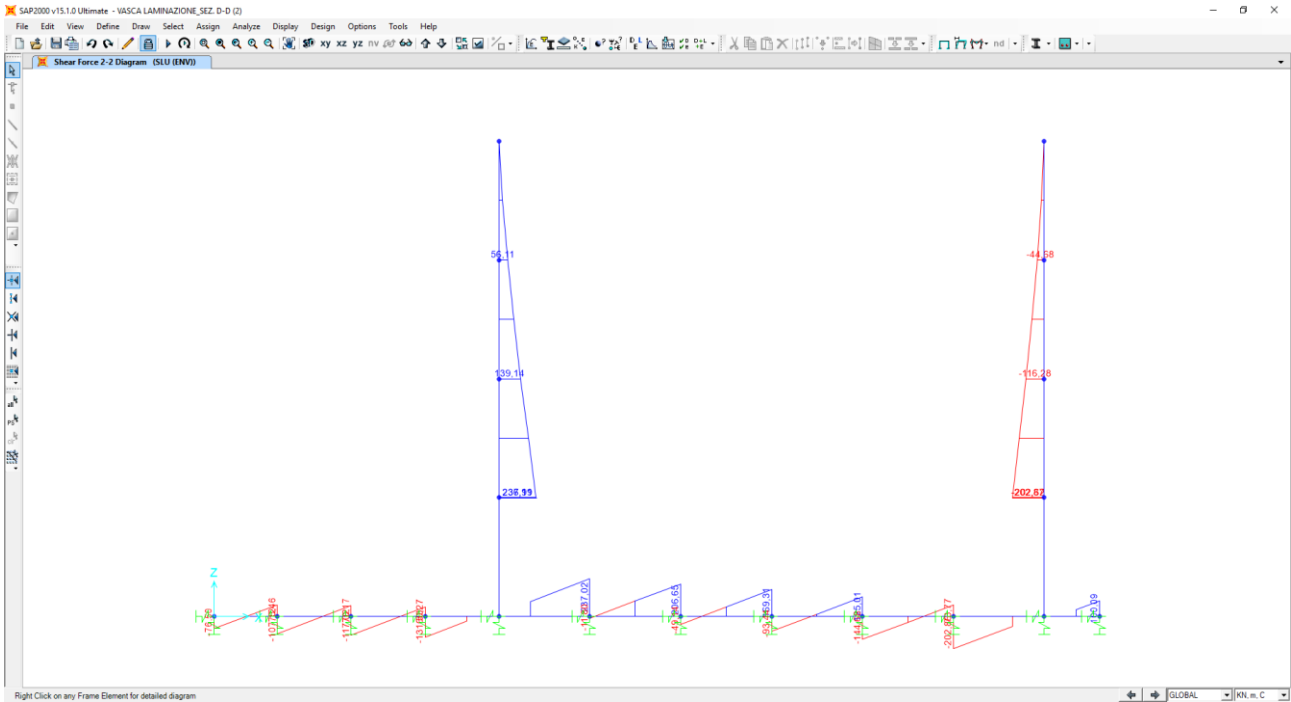
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLU statiche (STR) e sismiche (SLV):



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



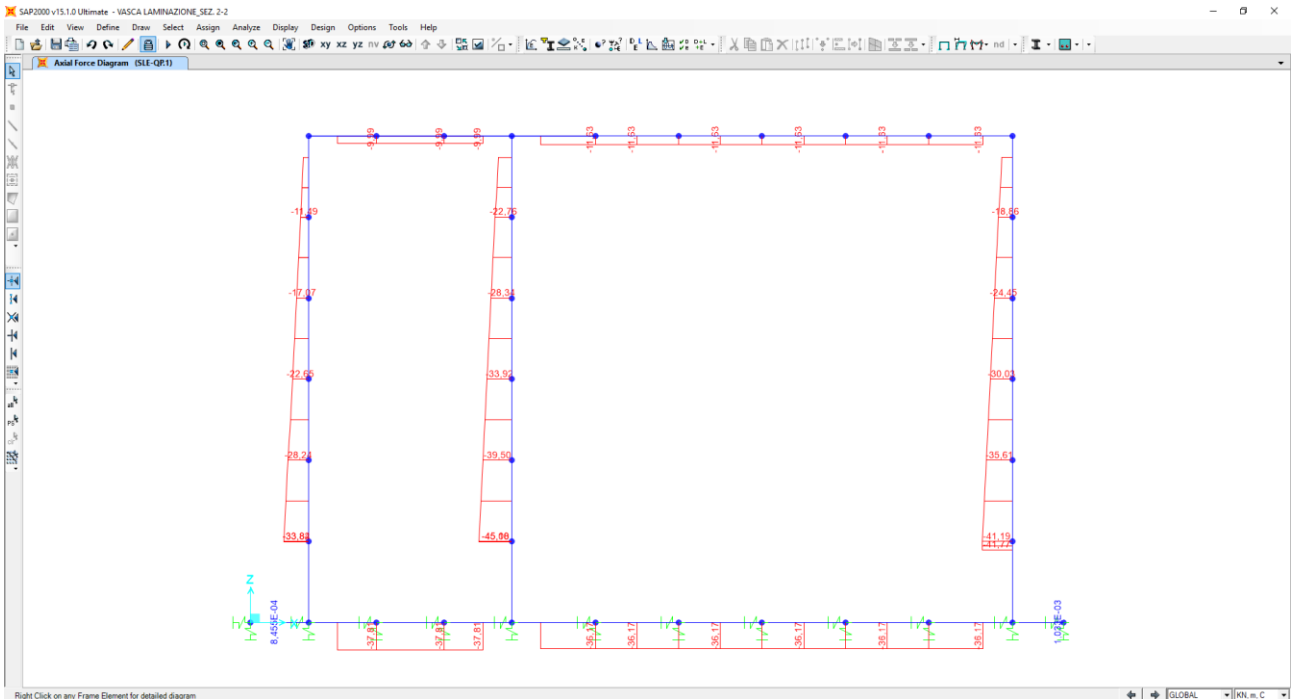
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLU – STR:



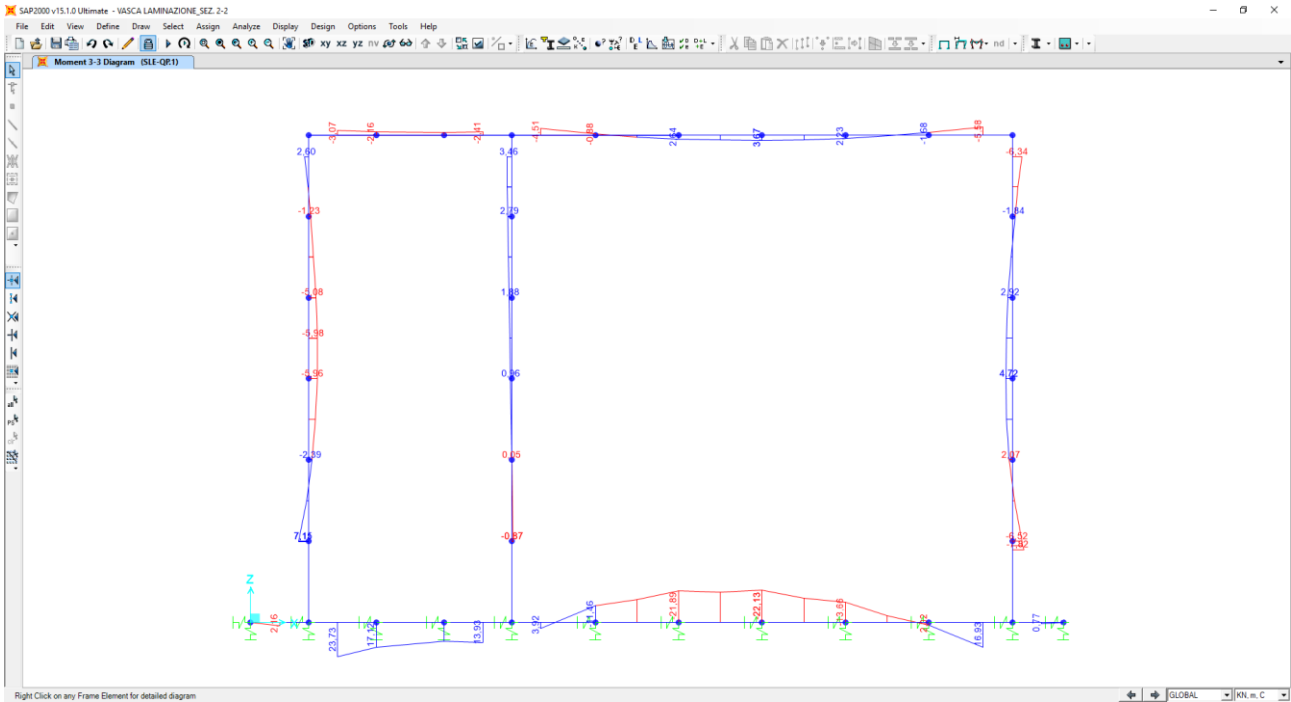
13.2 SEZIONE 2-2

13.2.1 COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTI

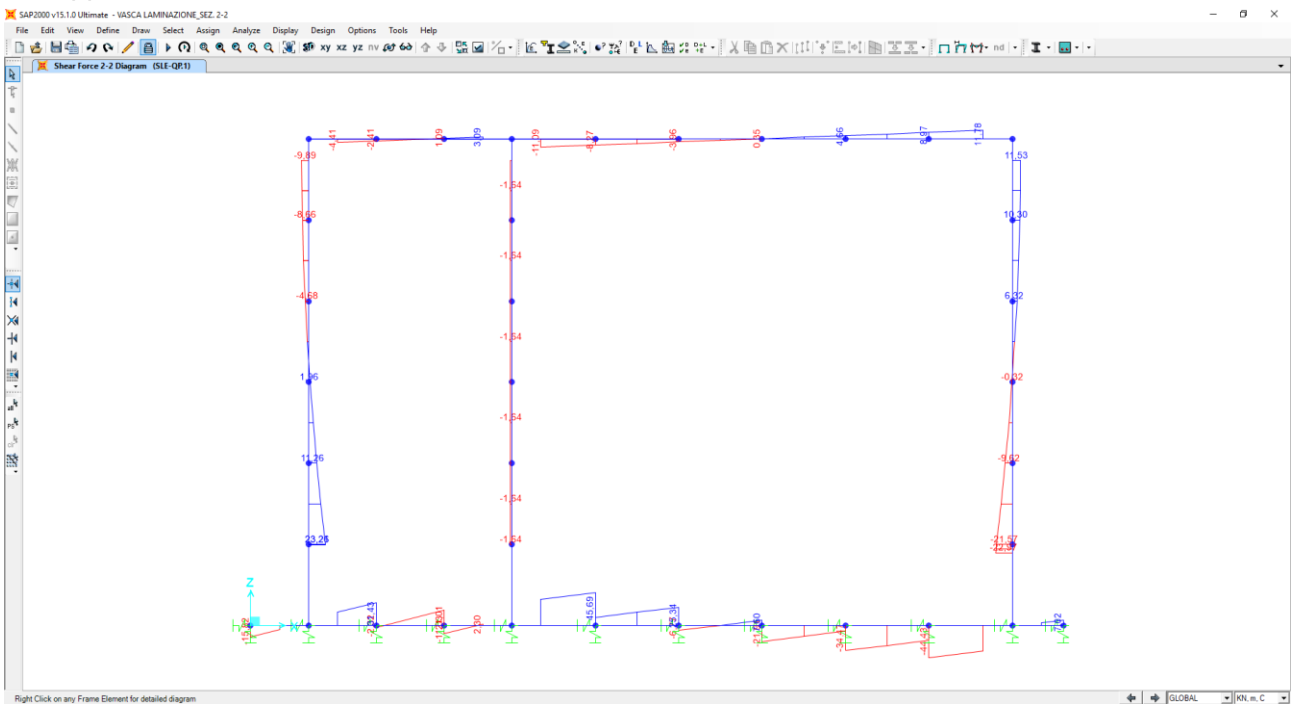
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:



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

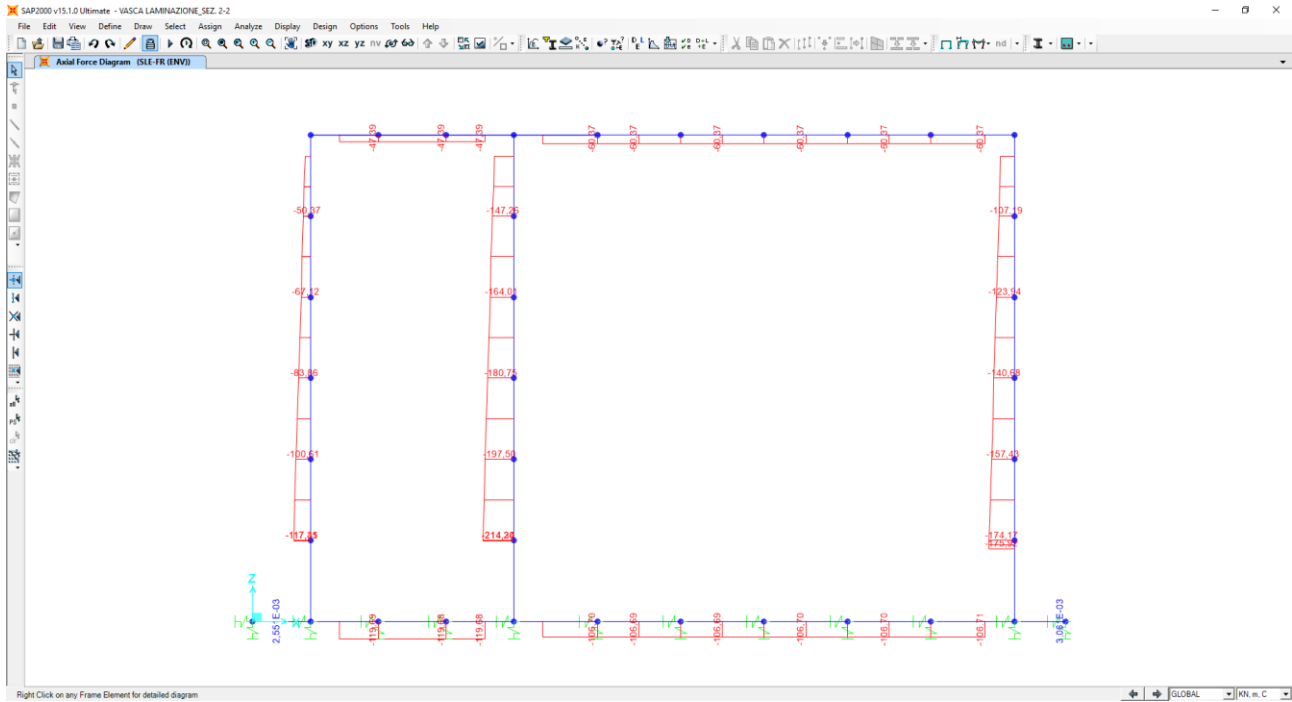


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Quasi Permanenti:

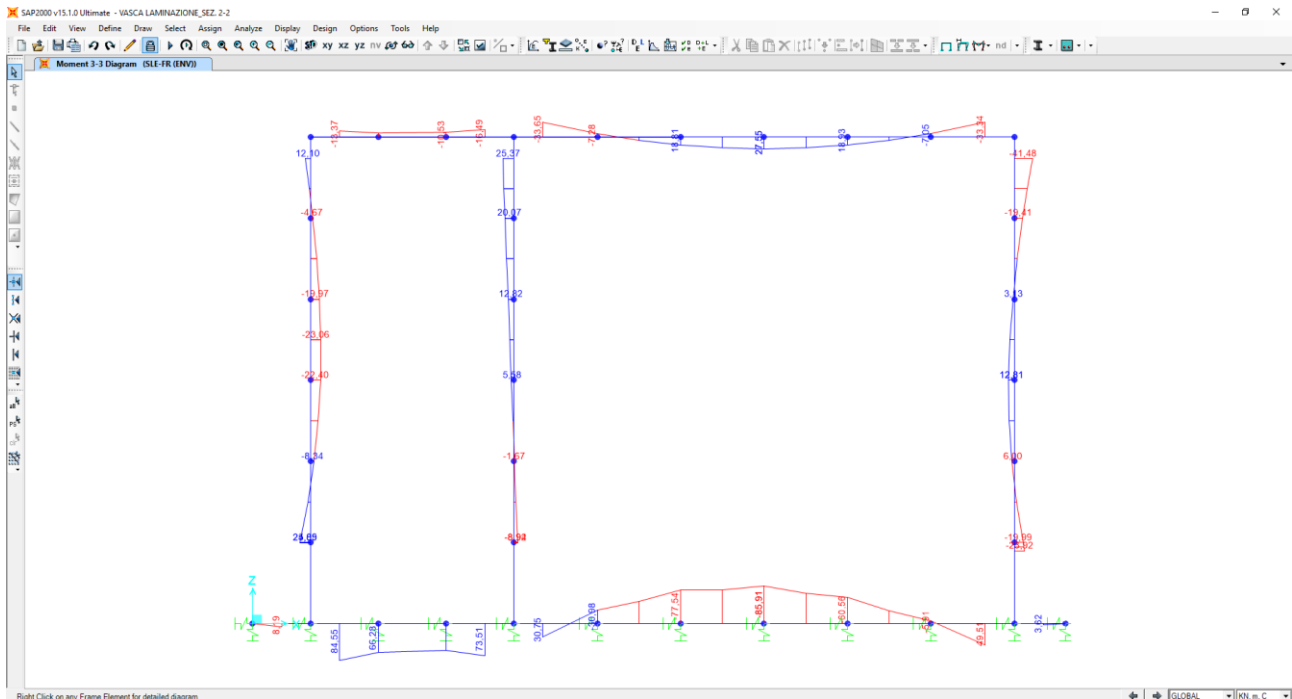


13.2.2 COMBINAZIONI SLE – FREQUENTI

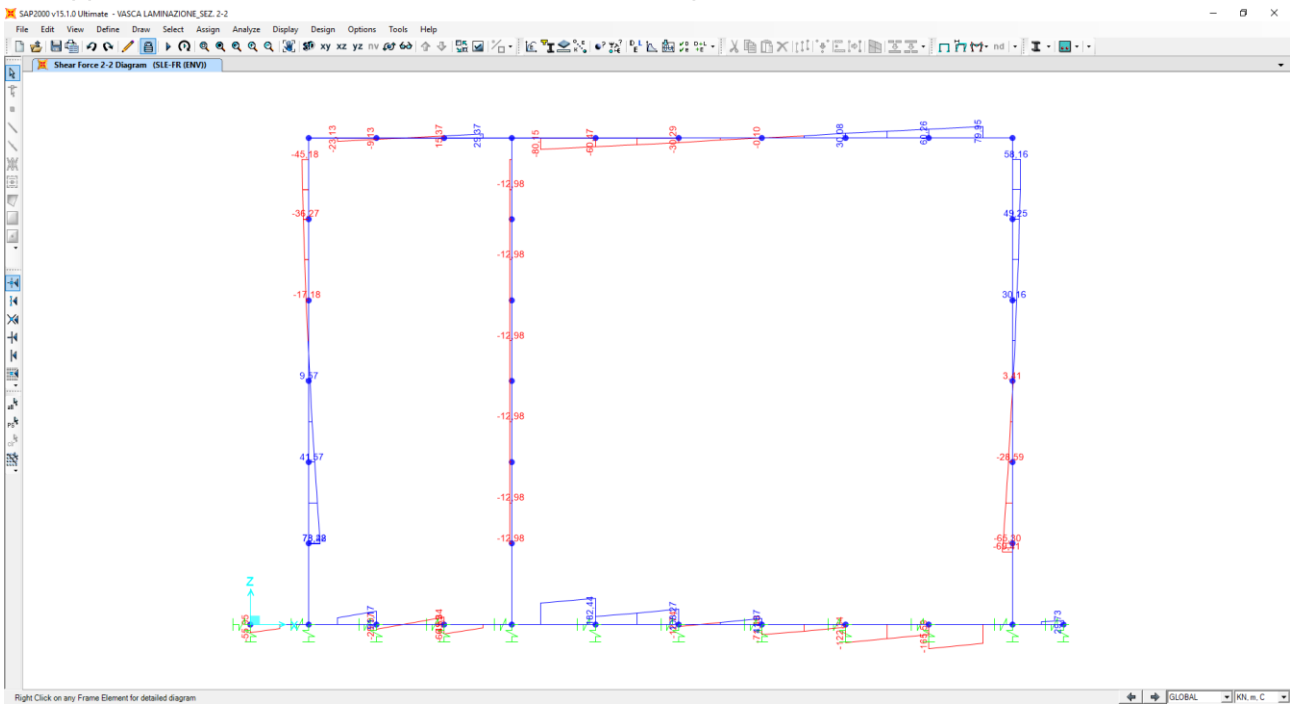
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:



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

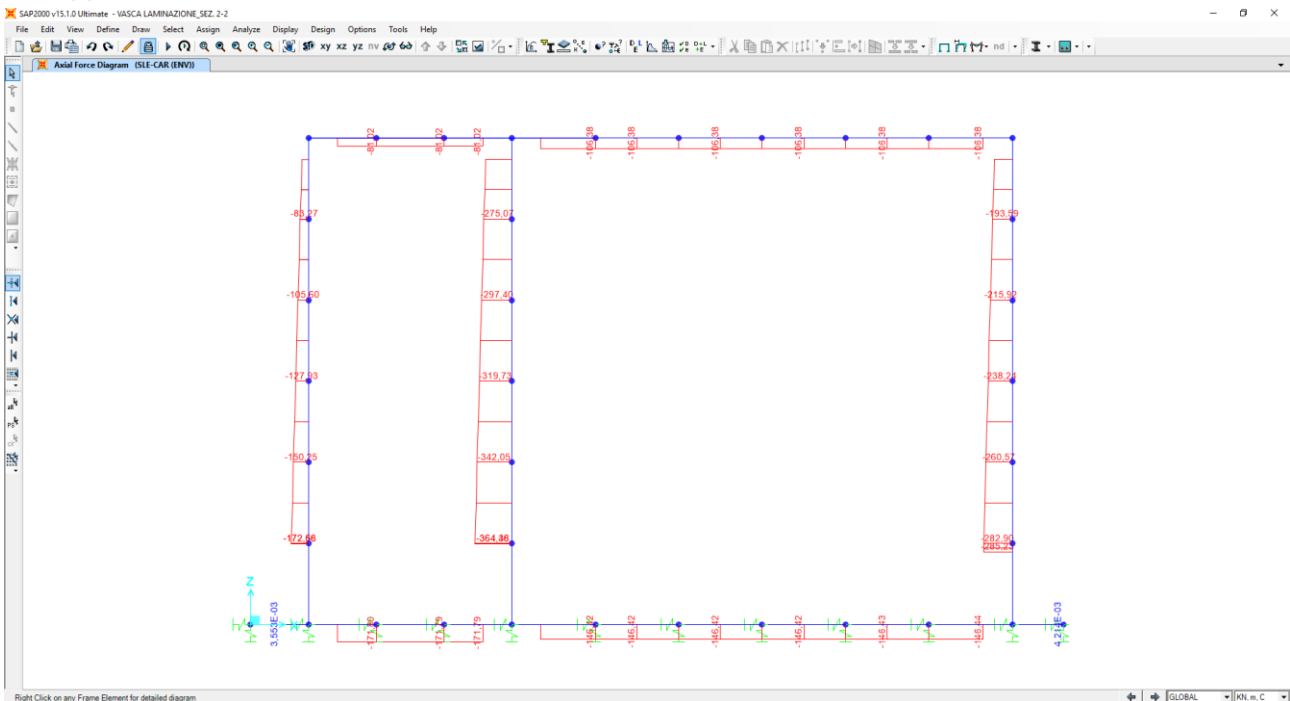


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Frequenti:

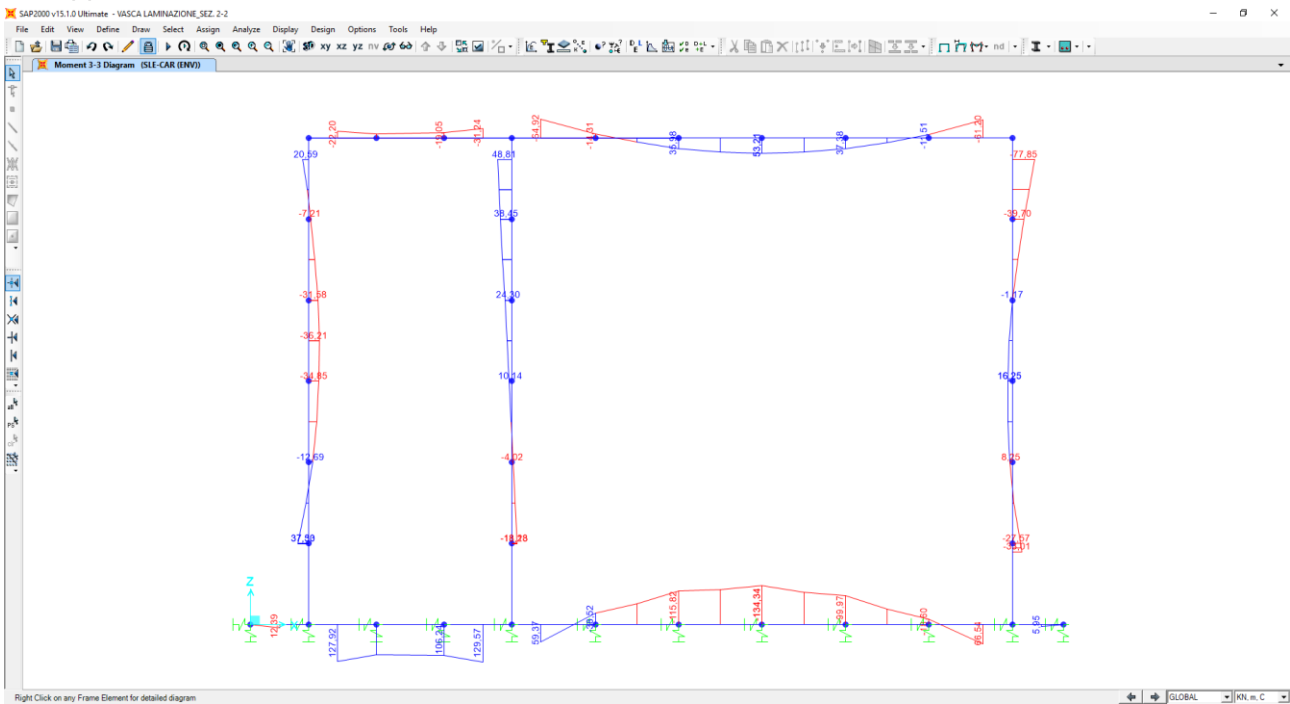


13.2.3 COMBINAZIONI SLE – CARATTERISTICHE

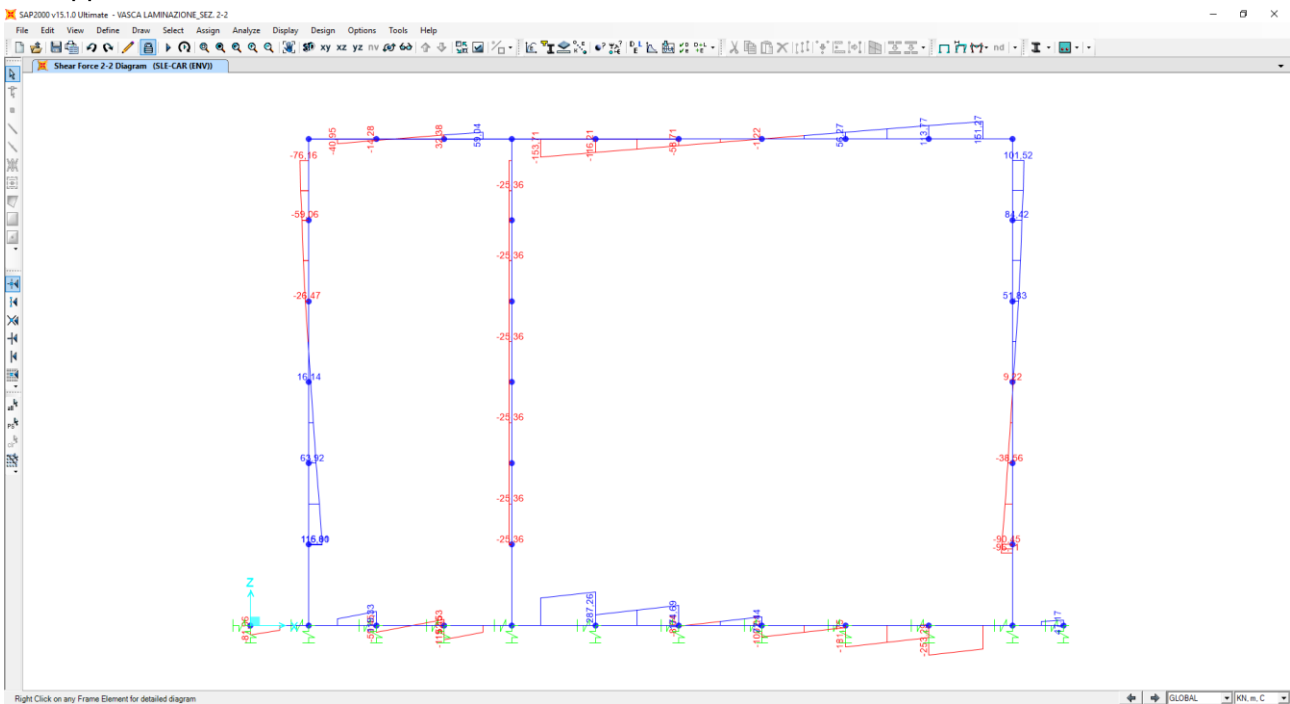
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:



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

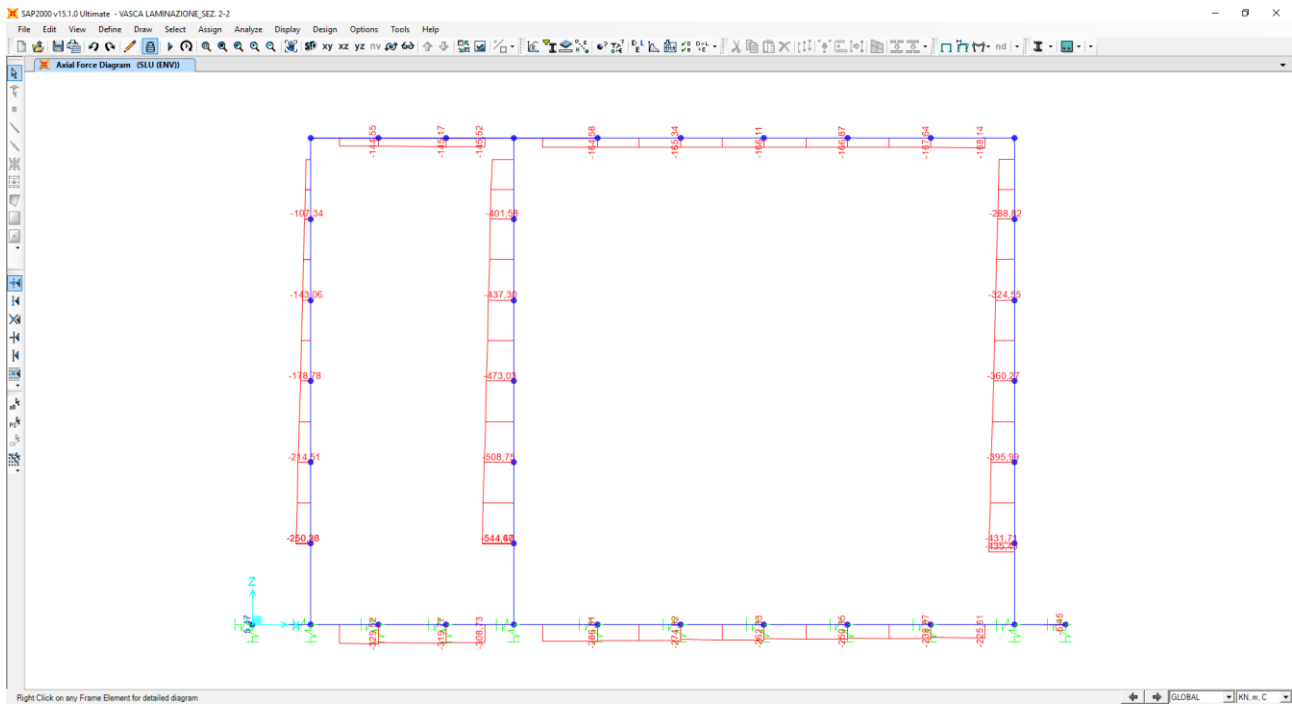


Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione tagliante per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLE – Caratteristiche:

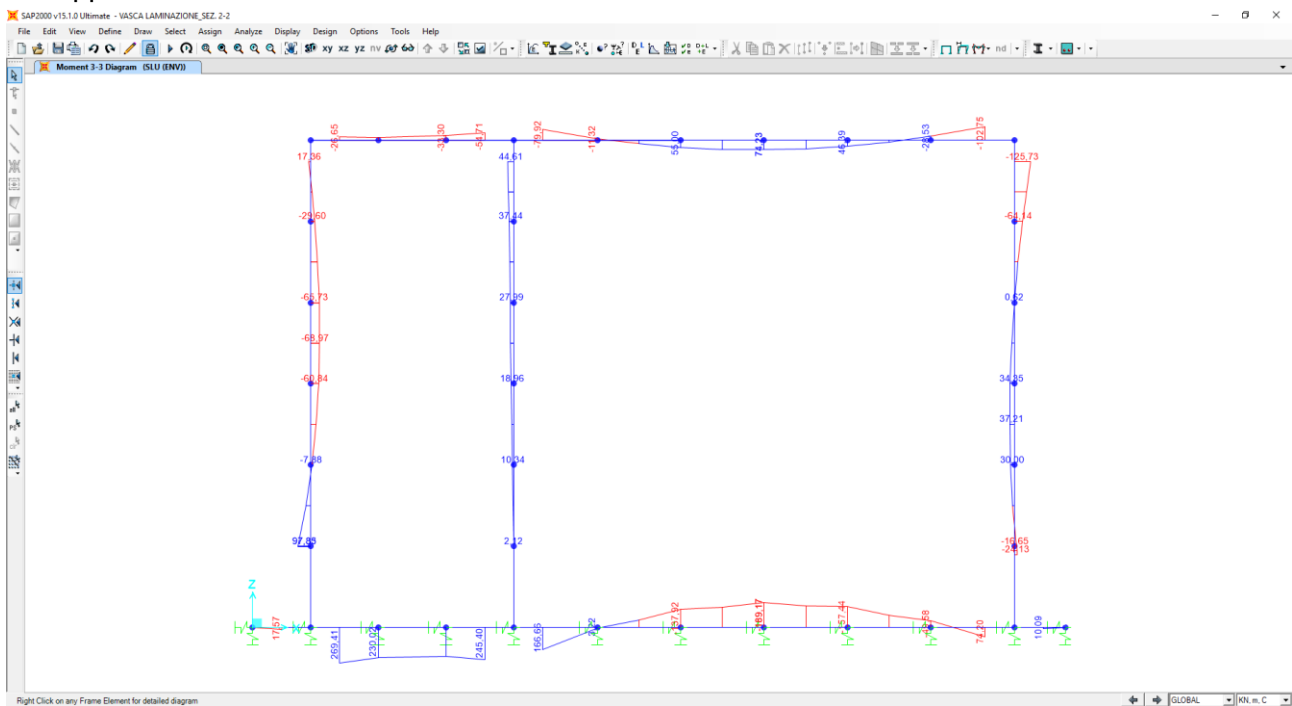


13.2.4 COMBINAZIONI SLU

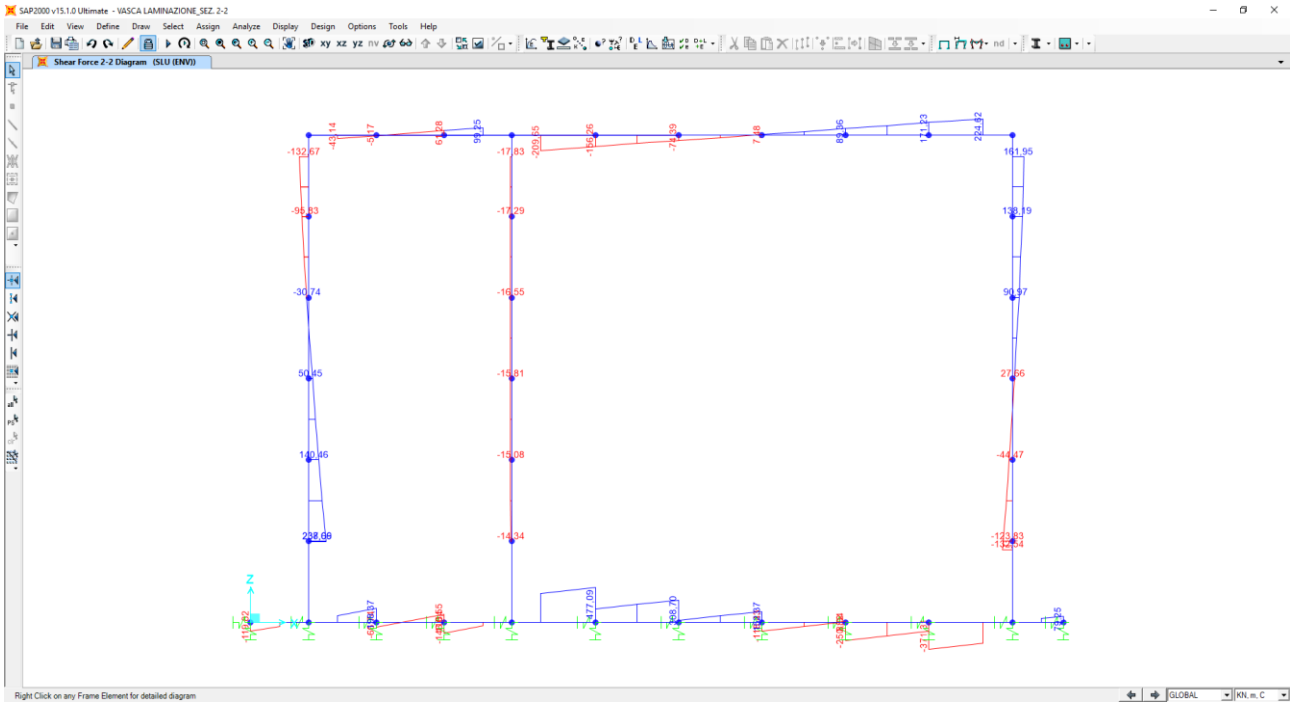
Nel diagramma successivo è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione di involuppo delle combinazioni di carico allo SLU statiche (STR) e sismiche (SLV):



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 involuppo delle combinazioni di carico allo SLU – STR:



14 VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE 1-1

14.1 VERIFICHE RITTI

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.

14.1.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-22,51	21,61	16,22
	N_{min}	SLE-QP.1	-3,75	0,60	0,07
	M_{max}	SLE-QP.1	-22,51	21,61	16,22
	M_{min}	SLE-QP.1	-22,51	-21,61	-16,22
	V_{max}	SLE-QP.1	-22,51	-21,61	-16,22
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.1	-22,51	28,16	29,15
	N_{min}	SLE-FR.1	-3,75	3,00	0,52
	M_{max}	SLE-FR.2	-22,51	36,00	32,42
	M_{min}	SLE-FR.2	-22,51	-36,00	-32,42
	V_{max}	SLE-FR.2	-22,51	-36,00	-32,42
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-CAR.1	-22,51	28,16	29,15
	N_{min}	SLE-CAR.1	-3,75	3,00	0,52
	M_{max}	SLE-CAR.4	-22,51	40,79	37,82
	M_{min}	SLE-CAR.4	-22,51	-40,79	-37,82
	V_{max}	SLE-CAR.4	-22,51	-40,79	-37,82

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.1	-30,39	43,31	46,15
	N_{min}	SLU-STR.1	-5,06	5,12	0,91
	M_{max}	SLU-STR.3	-30,39	55,07	51,06
	M_{min}	SLU-STR.3	-30,39	-55,07	-51,06
	V_{max}	SLU-STR.3	-30,39	-55,07	-51,06
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-22,51	53,47	52,10
	N_{min}	SISMA.1	-3,75	5,91	1,07
	M_{max}	SISMA.1	-22,51	53,47	52,10
	M_{min}	SISMA.1	-22,51	-19,15	-13,45
	V_{max}	SISMA.1	-22,51	53,47	52,10

14.1.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 40.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

Per l'armatura a taglio sono previste delle spille di legatura Ø10/20x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

14.1.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 22,51 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 16,22 \text{ kNm}$.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,19 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 42,13 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.1.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 22,51$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 32,42$ 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 fields. The 'Sollecitazioni' section shows $N_{Ed} = 0$, $M_{Ed} = 0$, $M_{yEd} = 0$, and $M_{xEd} = 0$. The 'P.to applicazione N' section shows $N = 22,51$ kN and $M = 32,42$ kNm. The 'Materiali' section shows properties for B450C and C25/30, including $E_{su} = 67,5$ ‰, $f_{yd} = 391,3$ N/mm², $E_s = 200.000$ N/mm², $E_{s,E_c} = 15$, $E_{syd} = 1.957$ ‰, $G_{s,adm} = 255$ N/mm², $\tau_{c0} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$, $\epsilon_{c2} = 2$ ‰, $\epsilon_{cu} = 3,5$, $f_{cd} = 14,17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$, $\sigma_c = -2,403$ N/mm², $\sigma_s = 95,47$ N/mm², $\epsilon_s = 0,4774$ ‰, $d = 33,2$ cm, $x = 9,099$, $x/d = 0,2741$, and $\delta = 0,7826$. The 'Verifica' button is visible, along with 'N* iterazioni: 4' and a 'Precompresso' checkbox.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,40 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 95,47 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.1.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = -22,51$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 37,82$ kNm.

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

- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	6,8
2	10,05	33,2
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. / Metodo n
 - N_{Ed} : 0
 - M_{xEd} : 0
 - M_{yEd} : 0
 - Input values: 22,51 kN, 37,82 kNm, 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
- 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 ‰ / $\sigma_{c,adm}$: 9,75
 - $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² / τ_{co} : 0,6
 - τ_{c1} : 1,829
- Results:**
 - σ_c : -2,804 N/mm²
 - σ_s : 113,3 N/mm²
 - ϵ_s : 0,5664 ‰
 - d: 33,2 cm
 - x: 8,99 / x/d: 0,2708
 - δ : 0,7785
- Buttons:** Verifica, N° iterazioni: 4, Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,80 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 113,30 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.1.6 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.

Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:

Aggressive

Armatura:

Poco sensibile

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_1

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 42,13 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_2

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 95,47 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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

14.1.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 22,51$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 52,10$ kN/m.

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

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

Titolo: _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	10,05	6,8
			2	10,05	33,2

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

Materiali
 B450C C25/30

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

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

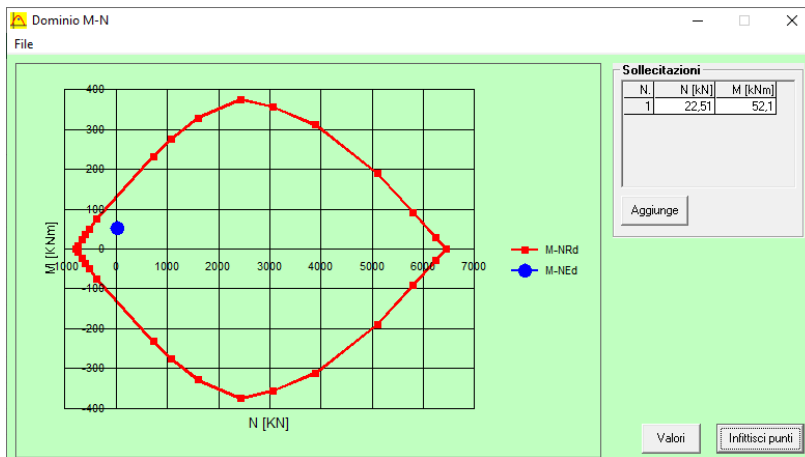
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 134,80$ kN/m > $M_{Sd} = 52,10$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.1.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 55,07$ 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	40,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	35,00	[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:	$V_{S,d}$	55,07	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,76	
Coefficiente v_{\min} :	v_{\min}	0,406	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0029	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	142,23	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_s = V_{R,d}/V_{S,d}$	2,58	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

14.2 VERIFICHE SOLETTA INFERIORE

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.

14.2.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-38,34	-14,48	26,19
	N_{min}	SLE-QP.1	0,00	-7,12	8,44
	M_{max}	SLE-QP.1	-38,34	13,09	45,59
	M_{min}	SLE-QP.1	0,00	13,42	0,00
	V_{max}	SLE-QP.1	-38,34	31,83	37,17
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.2	-57,51	13,09	74,33
	N_{min}	SLE-FR.1	0,00	-6,87	9,58
	M_{max}	SLE-FR.2	-57,51	13,09	74,33
	M_{min}	SLE-FR.1	0,00	17,33	0,00
	V_{max}	SLE-FR.1	-37,51	37,29	53,44
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-CAR.4	-63,90	13,09	83,92
	N_{min}	SLE-CAR.1	0,00	-6,87	9,58
	M_{max}	SLE-CAR.4	-63,90	13,09	83,92
	M_{min}	SLE-CAR.1	0,00	17,33	0,00
	V_{max}	SLE-CAR.1	-37,51	37,29	53,44

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.3	-86,26	17,68	113,29
	N_{min}	SLU-STR.1	0,00	-9,24	13,10
	M_{max}	SLU-STR.3	-86,26	17,68	113,29
	M_{min}	SLU-STR.1	0,00	23,98	0,00
	V_{max}	SLU-STR.1	-56,26	51,16	83,21
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-66,04	48,75	74,42
	N_{min}	SISMA.1	14,87	14,59	-9,88
	M_{max}	SISMA.1	-62,98	30,01	89,19
	M_{min}	SISMA.1	12,69	14,59	-13,77
	V_{max}	SISMA.1	-66,04	48,75	74,42

14.2.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 200.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 esterni
- Ø16/20 interni

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 esterni
- Ø16/20 interni

Per l'armatura a taglio sono previsti dei cavallotti Ø16/80x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

14.2.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 38,34$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 45,59$ kNm.

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File". It contains several input fields and tables. The "Tipo Sezione" is set to "Rettan.re". The "N° strati barre" is 2. The "Sollecitazioni" section shows $N_{Ed} = 38,34$ kN and $M_{Ed} = 45,59$ kNm. The "Materiali" section shows properties for B450C and C25/30. The "Metodo di calcolo" is set to "S.L.U. +". The "Verifica" button is visible, along with "N° iterazioni: 5" and a "Precompresso" checkbox.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	10,05	5,8
			2	10,05	192,6

Material	Property	Value
B450C	ϵ_{su}	67,5 ‰
	f_{yd}	391,3 N/mm²
C25/30	ϵ_{c2}	2 ‰
	ϵ_{cu}	3,5 ‰
B450C	E_s	200.000 N/mm²
	f_{cd}	14,17 N/mm²
C25/30	E_c	20.000 N/mm²
	f_{cd}	14,17 N/mm²
B450C	σ_c	-0,1753 N/mm²
	σ_s	7,55 N/mm²
C25/30	σ_c	-0,1753 N/mm²
	σ_s	7,55 N/mm²
B450C	ϵ_s	0,03775 ‰
	ϵ_{syd}	1,957 ‰
C25/30	ϵ_s	0,03775 ‰
	ϵ_{syd}	1,957 ‰
B450C	$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²
	τ_{co}	0,6
C25/30	$\sigma_{c,adm}$	9,75
	τ_{c1}	1,829

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,17 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 7,55 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.2.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 57,51$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 74,33$ kNm.

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	200	1	10,05	5,8
			2	10,05	192,6

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 57,51 kN
 M_{xEd} 0 74,33 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

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 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -0,2956 N/mm²
 σ_s 14,17 N/mm²

ε_s 0,07085 ‰
 d 192,6 cm
 x 45,91 x/d 0,2383
 δ 0,7379

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,30 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 14,17 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.2.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 63,90$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 83,92$ 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 title field, and a table for 'N° strati barre' (Number of reinforcement layers) with columns for N°, b [cm], h [cm], N°, As [cm²], and d [cm]. The input values are: N°=1, b=100, h=200, N°=1, As=10,05, d=5,8; and N°=2, As=10,05, d=192,6. The 'Sollecitazioni' (Loads) section shows: N_{Ed}=63,90 kN, M_{xEd}=83,92 kNm, M_{yEd}=0. The 'P.to applicazione N' (Point of application of N) is set to 'Centro'. The 'Metodo di calcolo' (Calculation method) is 'Metodo n'. The 'Materiali' (Materials) section shows properties for B450C and C25/30: E_{su}=67,5‰, E_{c2}=2‰, f_{yd}=391,3 N/mm², E_{cu}=3,5‰, E_s=200.000 N/mm², f_{cd}=14,17, E_s/E_c=15, f_{cc}/f_{cd}=0,8, E_{syd}=1,957‰, σ_{c,adm}=9,75, σ_{s,adm}=255 N/mm², τ_{co}=0,6, τ_{c1}=1,829. The calculation results show: σ_c=-0,3357 N/mm², σ_s=16,4 N/mm², ε_s=0,08198‰, d=192,6 cm, x/d=0,235, and δ=0,7337. A 'Verifica' button and 'N° iterazioni: 5' are also visible.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,33 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 16,40 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.2.6 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.

Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:

Aggressive

Armatura:

Poco sensibile

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_1

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 7,55 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_2

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 14,17 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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

14.2.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 86,26$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 113,29$ 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	200	1	10,05	5,8
			2	10,05	192,6

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

M_{xRd} 834,6 kN m
 σ_c -14,16 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 1,944 ‰
 ϵ_s 67,5 ‰
 d 192,6 cm
 x 5,391 x/d 0,02799
 δ 0,7

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

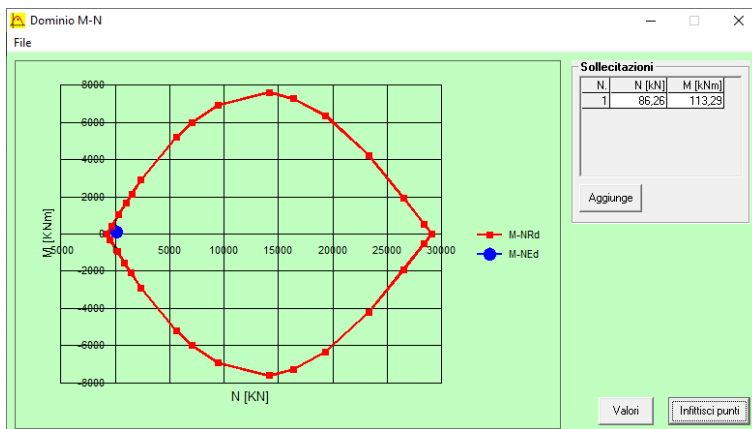
Tipo flessione
 Retta Deviata

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

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 834,60$ kN/m > $M_{Sd} = 113,29$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

14.2.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 51,16$ 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	200,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	195,00	[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:	$V_{S,d}$	51,16	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,32	
Coefficiente v_{min} :	v_{min}	0,265	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0005	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	516,64	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_S = V_{R,d}/V_{S,d}$	10,10	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

15 VERIFICHE STRUTTURALI SEZIONE 2-2

15.1 VERIFICHE RITTI

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.

15.1.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-45,10	-1,64	-0,87
	N_{min}	SLE-QP.1	-7,41	-9,89	2,60
	M_{max}	SLE-QP.1	-33,84	23,26	7,15
	M_{min}	SLE-QP.1	-41,77	-22,97	-7,82
	V_{max}	SLE-QP.1	-33,84	23,26	7,15
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.2	-85,02	-5,68	-4,06
	N_{min}	SLE-FR.3	-7,41	-9,89	2,60
	M_{max}	SLE-FR.2	-58,59	-5,68	10,96
	M_{min}	SLE-FR.1	-40,18	23,92	-17,71
	V_{max}	SLE-FR.1	-42,10	31,78	9,75
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-CAR.2	-98,04	-7,02	-5,11
	N_{min}	SLE-CAR.1	-15,04	-17,03	4,50
	M_{max}	SLE-CAR.2	-71,61	-7,02	13,45
	M_{min}	SLE-CAR.4	-48,65	28,05	-21,50
	V_{max}	SLE-CAR.4	-44,86	34,62	10,62

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{sd} [kN]	V_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.1	-132,48	-9,48	-6,90
	N_{min}	SLU-STR.3	-20,19	-22,78	5,99
	M_{max}	SLU-STR.1	-96,80	-9,48	18,16
	M_{min}	SLU-STR.2	-65,67	37,87	-29,03
	V_{max}	SLU-STR.2	-60,56	46,74	14,33
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-52,59	19,88	26,70
	N_{min}	SISMA.1	-0,74	4,61	-23,31
	M_{max}	SISMA.1	-17,51	84,03	47,66
	M_{min}	SISMA.1	-7,49	18,03	-24,69
	V_{max}	SISMA.1	-17,51	84,03	47,66

15.1.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 40.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

Per l'armatura a taglio sono previste delle spille di legatura Ø10/20x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

15.1.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = -41,77\text{kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -7,82\text{ kNm}$.

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

- Section Properties:** b [cm] = 100, h [cm] = 40. N° strati barre = 2.
- Reinforcement:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	6,8
2	10,05	33,2
- Loads:** N_{Ed} = 0 kN, M_{Ed} = -7,82 kNm.
- Materials:** B450C (E_{su} = 67,5‰, f_{yd} = 391,3 N/mm², E_s = 200.000 N/mm², E_s/E_c = 15, E_{syd} = 1,957‰, σ_{s,adm} = 255 N/mm²), C25/30 (E_{c2} = 2‰, E_{cu} = 3,5, f_{cd} = 14,17, f_{cc}/f_{cd} = 0,8, σ_{c,adm} = 9,75, τ_{co} = 0,6, τ_{c1} = 1,829).
- Stress Results:** σ_c = -0,5092 N/mm², σ_s = 6,992 N/mm².
- Other Parameters:** ε_s = 0,03496‰, d = 33,2 cm, x/d = 17,33, w/d = 0,5221, δ = 1.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,50 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 6,99 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.1.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 40,18$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -17,71$ 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.

Table 1: Section Properties

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

Table 2: Reinforcement Properties

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	6,8
2	10,05	33,2

Table 3: Applied Forces

Force	Value	Unit
N _{Ed}	40,18	kN
M _{xEd}	-17,71	kNm
M _{yEd}	0	

Table 4: Material Properties

Material	Property	Value	Unit
B450C	ϵ_{su}	67,5	%
	f _{yd}	391,3	N/mm²
	E _s	200.000	N/mm²
	E _s /E _c	15	
C25/30	ϵ_{c2}	2	%
	ϵ_{cu}	3,5	
	f _{cd}	14,17	N/mm²
	f _{cc} /f _{cd}	0,8	
Concrete	σ_c	-1,285	N/mm²
	σ_s	38,42	N/mm²
	ϵ_s	0,1921	%

Table 5: Geometric and Interaction Parameters

Parameter	Value	Unit
d	33,2	cm
x	11,09	x/d
x/d	0,3341	
δ	0,8577	

Other parameters shown: $\sigma_c = -1,285$ N/mm², $\sigma_s = 38,42$ N/mm², $\epsilon_s = 0,1921$ %, $\delta = 0,8577$. Iterations: 5. Verification status: **Verifica** (passed).

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,28 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 38,42 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.1.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 48,65$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -21,50$ 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	40	1	10,05	6,8
			2	10,05	33,2

Materials:

Material	ϵ_{su} ‰	ϵ_{c2} ‰	σ_c N/mm²	σ_s N/mm²
B450C	67,5	2	-1,561	46,71
C25/30				

Calculation Results:

- $\sigma_c = -1,561$ N/mm²
- $\sigma_s = 46,71$ N/mm²
- $\epsilon_s = 0,2335$ ‰
- $d = 33,2$ cm
- $x = 11,08$ $x/d = 0,3339$
- $\delta = 0,8573$

Other Parameters:

- $N_{Ed} = 48,65$ kN
- $M_{xEd} = -21,50$ kNm
- $M_{yEd} = 0$
- $f_{yk} = 360,00$ N/mm²
- $f_{ck} = 14,94$ N/mm²
- $\tau_{co} = 0,6$
- $\tau_{c1} = 1,829$

The interface also shows a cross-section diagram, a table for 'Sollecitazioni' (S.L.U. and Metodo n), and a 'Verifica' button with 'N° iterazioni: 5'.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,56 \text{ N/mm}^2 < 0,6 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 46,71 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.1.6 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. Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:	$\sigma_{s,max}$	6,99	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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:	$\sigma_{s,max}$	38,42	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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

15.1.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 17,51$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 47,66$ 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	40	1	10,05	6,8
			2	10,05	33,2

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 17,51 kN
 M_{xEd} 47,66 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

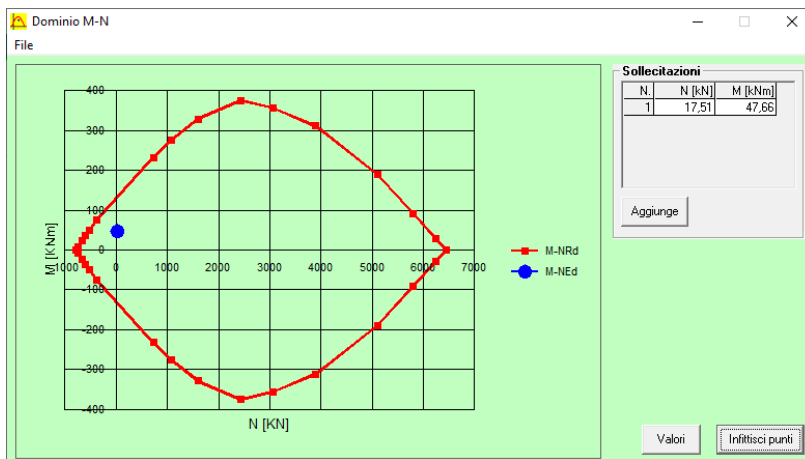
M_{xRd} 134,1 kNm
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 18,41 ‰
 d 33,2 cm
 x 5,305 x/d 0,1598
 δ 0,7

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

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 134,10$ kN/m > $M_{sd} = 47,66$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.1.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 84,03$ 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	40,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	35,00	[cm]

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza del calcestruzzo:	<input type="text" value="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:	<input type="text" value="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:	$V_{S,d}$	84,03	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,76	
Coefficiente v_{min} :	v_{min}	0,406	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0029	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	142,23	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_S = V_{R,d}/V_{S,d}$	1,69	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

15.2 VERIFICHE SOLETTA SUPERIORE

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

15.2.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-11,63	-11,09	-4,51
	N_{min}	SLE-QP.1	-9,99	-4,41	-3,07
	M_{max}	SLE-QP.1	-11,63	0,35	3,67
	M_{min}	SLE-QP.1	-11,63	11,78	-5,58
	V_{max}	SLE-QP.1	-11,63	11,78	-5,58
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.1	-24,98	-34,44	-14,48
	N_{min}	SLE-FR.3	-9,99	-4,41	-3,07
	M_{max}	SLE-FR.2	-23,77	-0,32	12,00
	M_{min}	SLE-FR.2	-23,77	-34,63	-14,65
	V_{max}	SLE-FR.2	-23,77	-34,63	-14,65
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-CAR.4	-29,42	-42,22	-17,81
	N_{min}	SLE-CAR.1	-18,08	-9,04	-4,88
	M_{max}	SLE-CAR.2	-28,21	-0,48	14,73
	M_{min}	SLE-CAR.2	-28,21	-42,42	-17,98
	V_{max}	SLE-CAR.2	-28,21	-42,42	-17,98

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.2	-39,72	-57,00	-24,04
	N_{min}	SLU-STR.3	-24,20	-12,10	-6,49
	M_{max}	SLU-STR.1	-37,91	-0,68	19,91
	M_{min}	SLU-STR.1	-37,91	-57,29	-24,29
	V_{max}	SLU-STR.1	-37,91	-57,29	-24,29
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-36,58	19,42	-12,54
	N_{min}	SISMA.1	-9,29	8,84	12,22
	M_{max}	SISMA.1	-9,29	8,84	12,22
	M_{min}	SISMA.1	-24,98	20,62	-20,32
	V_{max}	SISMA.1	-24,98	20,62	-20,32

15.2.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 30.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

Per l'armatura a tagli sono previste delle spille di legatura Ø10/20x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

15.2.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = -19,01\text{kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -9,75\text{ kN/m}$.

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File". It contains several input and output fields:

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	6,8
2	10,05	23,2
- Tipo Sezione:**
 - Rettan.re
 - Trapezi
 - a T
 - Circolare
 - Rettangoli
 - Coord.
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. (selected)
 - Metodo n
 - N_{Ed}: 0
 - M_{Ed}: 0
 - M_{xEd}: 0
 - M_{yEd}: 0
 - 11,63 kN
 - 5,58 kNm
 - 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
- Materials:**
 - B450C: $\epsilon_{su} = 67,5\%$, $f_{yd} = 391,3\text{ N/mm}^2$, $E_s = 200.000\text{ N/mm}^2$, $E_s/E_c = 15$, $\epsilon_{syd} = 1,957\%$, $\sigma_{s,adm} = 255\text{ N/mm}^2$
 - C25/30: $\epsilon_{c2} = 2\%$, $\epsilon_{cu} = 3,5$, $f_{cd} = 14,17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$, $\sigma_{c,adm} = 9,75$, $\tau_{co} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$
- Results:**
 - $\sigma_c = -0,7444\text{ N/mm}^2$
 - $\sigma_s = 20,55\text{ N/mm}^2$
 - $\epsilon_s = 0,1027\%$
 - d = 23,2 cm
 - x = 8,168, x/d = 0,3521
 - $\delta = 0,8801$
- Buttons:** Verifica, Precompresso
- Iterations:** N° iterazioni: 4

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,75\text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20\text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 20,55\text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00\text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.2.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = -23,77$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = -14,65$ kNm/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 title bar, and a main workspace. The workspace is divided into several sections:

- Titolo:** A text input field.
- N° strati barre:** A dropdown menu set to '2' and a 'Zoom' button.
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	6,8
2	10,05	23,2
- Tipo Sezione:** Radio buttons for 'Rettan.re', 'Trapezi', 'a T', 'Circolare', 'Rettangoli', and 'Coord.'. 'Rettan.re' is selected.
- Sollecitazioni:** A section with 'S.L.U.' and 'Metodo n' tabs. Under 'S.L.U.', there are input fields for N_{Ed} (0), M_{xEd} (0), and M_{yEd} (0). Under 'Metodo n', there are input fields for N (23,77 kN) and M (-14,65 kNm).
- P.to applicazione N:** Radio buttons for 'Centro', 'Baricentro cls', and 'Coord.[cm]'. 'Centro' is selected. There are input fields for xN (0) and yN (0).
- Metodo di calcolo:** Radio buttons for 'S.L.U.+', 'S.L.U.-', and 'Metodo n'. 'Metodo n' is selected.
- Materiali:** A section with two material profiles: 'B450C' and 'C25/30'. It contains various material property input fields:
 - E_{su} (67,5 ‰), E_{c2} (2 ‰)
 - f_{yd} (391,3 N/mm²), E_{cu} (3,5 ‰)
 - E_s (200.000 N/mm²), f_{cd} (14,17 ‰)
 - E_s/E_c (15 ‰), f_{cc}/f_{cd} (0,8 ‰)
 - E_{syd} (1,957 ‰), $\sigma_{c,adm}$ (9,75 ‰)
 - $\sigma_{s,adm}$ (255 N/mm²), τ_{co} (0,6 ‰)
 - τ_{c1} (1,829 ‰)
- Results:**
 - σ_c (-1,967 N/mm²)
 - σ_s (57,44 N/mm²)
 - ϵ_s (0,2872 ‰)
 - d (23,2 cm)
 - x (7,874), x/d (0,3394)
 - δ (0,8642)
- Buttons:** 'Verifica' and 'Precompresso' (unchecked).
- Iterations:** 'N° iterazioni: 4'.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 1,97 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 57,44 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.2.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 28,21$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -17,98$ 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 entry and display sections.

Titolo: [Empty field]

N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	6,8
			2	10,05	23,2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N Ed: 28,21 kN
M xEd: -17,98 kNm
M yEd: 0

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

Materiali: B450C, C25/30

Material Properties:
 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 N/mm²
 E_s/E_c : 15, f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 ϵ_{syd} : 1,957 ‰, $\sigma_{c,adm}$: 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm², τ_{co} : 0,6 N/mm², τ_{c1} : 1,829 N/mm²

Stress Results:
 σ_c : -2,416 N/mm²
 σ_s : 70,99 N/mm²
 ϵ_s : 0,355 ‰
 d : 23,2 cm
 x : 7,841, x/d : 0,338
 δ : 0,8625

Metodo di calcolo: S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n

Verifica: [Button]

N° iterazioni: 4

Precompresso: [Unselected checkbox]

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 2,42 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 70,99 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.2.6 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. Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:

Aggressive

Armatura:

Poco sensibile

COMBINAZIONE ALLO S.L.E. QUASI PERMANENTE

Stato limite:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_1

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 20,55 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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:

Ampiezza massima delle fessure:

$w_d \leq$

apertura fessure

w_2

Tensione massima nell'acciaio calcolata:

$\sigma_{s,max}$ 57,44 [N/mm²]

Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:

\varnothing_{max} 16 [mm]

Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:

s_{max} 200,00 [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

15.2.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 37,91$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -24,29$ 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	30	1	10,05	6,8
			2	10,05	23,2

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 37,91 kN
 M_{xEd} -24,29 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

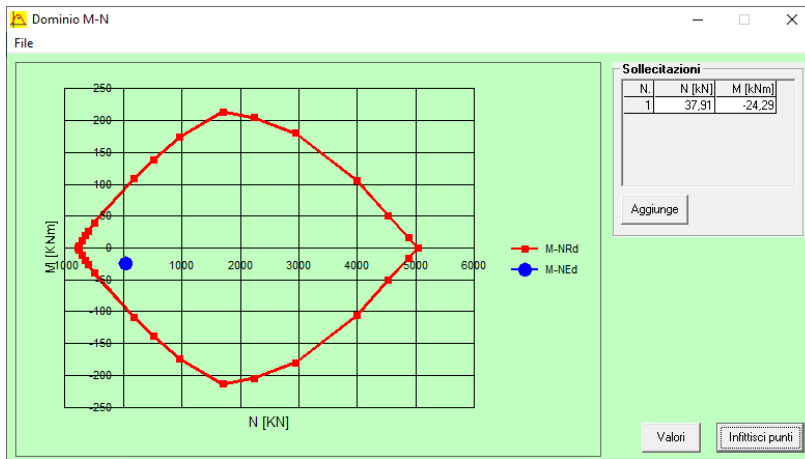
M_{xRd} -95,75 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 11,6 ‰
 d 23,2 cm
 x 5,378 x/d 0,2318
 δ 0,7298

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

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = -95,75$ kN/m > $M_{sd} = -24,29$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.2.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 57,29$ 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	30,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	25,00	[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:	$V_{S,d}$	57,29	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,89	
Coefficiente v_{min} :	v_{min}	0,455	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0040	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	122,48	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_S = V_{R,d}/V_{S,d}$	2,14	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

15.3 VERIFICHE SOLETTA INFERIORE H=200 CM

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

15.3.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-37,81	18,10	23,73
	N_{min}	SLE-QP.1	0,00	-5,82	2,16
	M_{max}	SLE-QP.1	-37,81	18,10	23,73
	M_{min}	SLE-QP.1	0,00	-15,82	0,00
	V_{max}	SLE-QP.1	-37,81	31,43	17,12
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.1	-49,89	17,86	33,12
	N_{min}	SLE-FR.2	0,00	-11,77	3,35
	M_{max}	SLE-FR.1	-49,89	17,86	33,12
	M_{min}	SLE-FR.2	0,00	-21,76	0,00
	V_{max}	SLE-FR.2	-31,98	-32,45	23,88
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-FR.1	-49,89	17,86	33,12
	N_{min}	SLE-CAR.2	0,00	-12,62	3,52
	M_{max}	SLE-CAR.4	-53,92	17,78	36,26
	M_{min}	SLE-CAR.2	0,00	-22,61	0,00
	V_{max}	SLE-CAR.2	-36,01	-36,51	28,00

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.2	-72,79	24,00	48,95
	N_{min}	SLU-STR.3	0,00	-16,39	4,63
	M_{max}	SLU-STR.2	-72,79	24,00	48,95
	M_{min}	SLU-STR.1	0,00	-31,04	0,00
	V_{max}	SLU-STR.1	-45,92	-50,67	37,61
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-103,05	38,06	90,04
	N_{min}	SISMA.1	5,46	-8,17	0,00
	M_{max}	SISMA.1	-101,32	24,73	98,41
	M_{min}	SISMA	4,17	7,65	-1,53
	V_{max}	SISMA.1	-93,30	39,98	76,83

15.3.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 200.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

Per l'armatura a taglio sono previsti dei cavallotti Ø16/80x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

15.3.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 37,81 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 23,73 \text{ kNm}$.

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

- Section Properties:** N° strati barre: 2. Dimensions: b [cm] = 100, h [cm] = 200.
- Reinforcement Data:**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	10,05	5,80
			2	10,05	192,60
- Loads (S.L.U.):** N_{Ed} = 0 kN, M_{xEd} = 0 kNm, M_{yEd} = 0 kNm. Applied loads: N = 37,81 kN, M = 23,73 kNm.
- Materials:** B450C (E_{su} = 67,5‰, f_{yd} = 391,3 N/mm², E_s = 200.000 N/mm², E_s/E_c = 15, E_{syd} = 1,957‰, σ_{s,adm} = 255 N/mm²), C25/30 (E_{c2} = 2‰, E_{cu} = 3,5, f_{cd} = 14,17, f_{cc}/f_{cd} = 0,8, σ_{c,adm} = 9,75, τ_{co} = 0,6, τ_{c1} = 1,829).
- Stress Results:** σ_c = -0,06201 N/mm², σ_s = 0,5522 N/mm².
- Other Parameters:** ε_s = 0,002761‰, d = 192,6 cm, x = 120,9, x/d = 0,6275, δ = 1.

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,06 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 0,55 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.3.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 49,89$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 33,12$ kNm.

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	200	1	10,05	5,80
			2	10,05	192,60

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 49,89 kN
 M_{xEd} 0 33,12 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -0,08841 N/mm²
 σ_s 0,951 N/mm²

ε_s 0,004755 ‰
 d 192,6 cm
 x 112,2 x/d 0,5824
 δ 1

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

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,09 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 0,95 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.3.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 53,92$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 36,26$ 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.

Materiali:

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

Calcolo Results:

- σ_c : -0,09735 N/mm²
- σ_s : 1,093 N/mm²
- ϵ_s : 0,005463 ‰
- d : 192,6 cm
- x : 110,2
- x/d : 0,572
- δ : 1

Other Parameters:

- Tipologia Sezione:** Rettan.re (selected)
- Metodo di calcolo:** Metodo n (selected)
- Verifica:** [Verifica] button
- N° iterazioni:** 5
- Precompresso:** [] checkbox

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,10 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 1,09 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.3.6 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. Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:	$\sigma_{s,max}$	0,55	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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:	$\sigma_{s,max}$	0,95	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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

15.3.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{Sd} = 101,32$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{Sd} = 98,41$ 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	200	1	10,05	5,80
			2	10,05	192,60

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 101,32 kN
 M_{xEd} 98,41 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

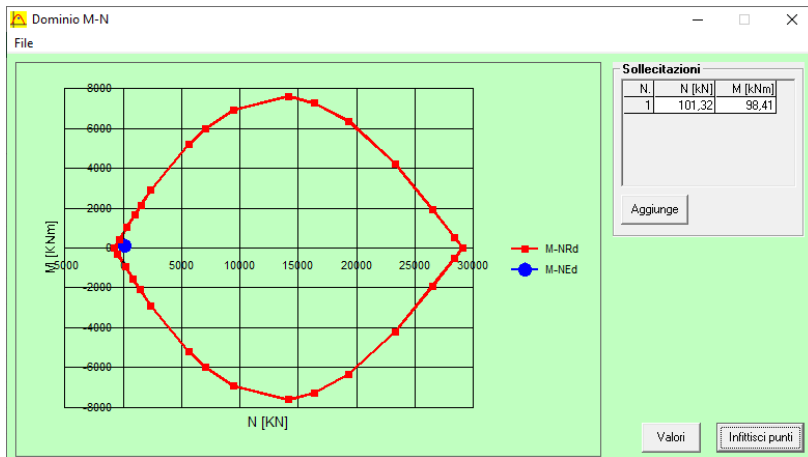
E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 E_{syd} 1,957 ‰ C_{c,adm} 9,75 ‰
 C_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
 τ_{c1} 1,829 ‰

M_{xRd} 849 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 1,97 ‰
 ε_s 67,5 ‰
 d 192,6 cm
 x 5,46 x/d 0,02835
 δ 0,7

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 849,70$ kN/m > $M_{Sd} = 98,41$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.3.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 50,67$ 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	200,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	195,00	[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:	$V_{S,d}$	50,67	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,32	
Coefficiente v_{min} :	v_{min}	0,265	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0005	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	516,64	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_S = V_{R,d}/V_{S,d}$	10,20	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA

15.4 VERIFICHE SOLETTA INFERIORE H=100 CM

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

15.4.1 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:

- N_{max}
- N_{min}
- M_{max}
- M_{min}
- V_{max}
- V_{min}

Con:

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

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE E	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLE QUASI PERMANENTE	N_{max}	SLE-QP.1	-36,17	36,31	3,92
	N_{min}	SLE-QP.1	0,00	3,27	0,77
	M_{max}	SLE-QP.1	-36,17	-35,06	16,93
	M_{min}	SLE-QP.1	-36,17	7,60	-22,13
	V_{max}	SLE-QP.1	-36,17	45,69	-11,46
SLE FREQUENTE	N_{max}	SLE-FR.1	-44,23	56,96	12,47
	N_{min}	SLE-FR.2	0,00	9,34	1,68
	M_{max}	SLE-FR.1	-44,23	-51,51	18,99
	M_{min}	SLE-FR.1	-44,23	13,45	-32,31
	V_{max}	SLE-FR.2	-26,30	70,42	-8,88
SLE CARATTERISTIC A	N_{max}	SLE-CAR.4	-46,92	-46,46	-26,04
	N_{min}	SLE-CAR.2	0,00	10,21	1,81
	M_{max}	SLE-CAR.4	-46,92	-57,00	19,68
	M_{min}	SLE-CAR.4	-46,91	15,40	-35,71
	V_{max}	SLE-CAR.2	-28,98	77,30	-8,61

GRUPPO DI COMBINAZIONE	CONDIZIONE	COMBINAZIONE E	N_{Sd} [kN]	V_{Sd} [kN]	M_{Sd} [kNm]
SLU - STR	N_{max}	SLU-STR.2	-63,34	-62,72	-35,15
	N_{min}	SLU-STR.3	0,00	13,13	2,35
	M_{max}	SLU-STR.2	-63,34	-76,94	26,56
	M_{min}	SLU-STR.2	-63,33	20,80	-48,20
	V_{max}	SLU-STR.1	-36,44	104,98	-11,36
SLU - SISMA	N_{max}	SISMA.1	-94,57	88,20	54,69
	N_{min}	SISMA.1	5,24	14,76	-25,39
	M_{max}	SISMA.1	-92,15	78,82	86,01
	M_{min}	SISMA.1	2,82	14,76	-30,92
	V_{max}	SISMA.1	-94,57	88,20	54,69

15.4.2 SEZIONE ED ARMATURA DI VERIFICA

La sezione di verifica è rettangolare con base pari a 100 cm e altezza pari a 100.

L'armatura verticale (armatura di forza) è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

L'armatura longitudinale di ripartizione è prevista come segue:

- Ø16/20 superiori
- Ø16/20 inferiori

Per l'armatura a taglio sono previsti dei cavallotti Ø16/80x40.

Il copriferro netto minimo è assunto pari a 50 mm.

15.4.3 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 36,17 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -22,13 \text{ kNm}$.

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File". It contains several panels:

- Titolo:** Empty text field.
- N° strati barre:** 2
- Zoom:** Control button.
- Table 1:**

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

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	5,80
2	10,05	92,60
- Tipo Sezione:**
 - Rettan.re
 - Trapezi
 - a T
 - Circolare
 - Rettangoli
 - Coord.
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. (selected)
 - Metodo n
 - N_{Ed}: 0
 - M_{Ed}: 0
 - M_{xEd}: 0
 - M_{yEd}: 0
 - 36,17 kN
 - 22,13 kNm
 - 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
- Materials:**
 - B450C: $\epsilon_{su} = 67,5 \%$, $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{s/E_c} = 15$, $\epsilon_{syd} = 1,957 \%$, $\sigma_{s,adm} = 255 \text{ N/mm}^2$
 - C25/30: $\epsilon_{c2} = 2 \%$, $\epsilon_{cu} = 3,5$, $f_{cd} = 14,17$, $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$, $\sigma_{c,adm} = 9,75$, $\tau_{co} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$
- Results:**
 - $\sigma_c = -0,2797 \text{ N/mm}^2$
 - $\sigma_s = 8,963 \text{ N/mm}^2$
 - $\epsilon_s = 0,04481 \%$
 - d = 94,2 cm
 - x = 30,03, x/d = 0,3188
 - $\delta = 0,8385$
- Buttons:** Verifica, Precompresso
- N° iterazioni:** 5

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,27 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 8,96 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.4.4 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE FREQUENTE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 44,23$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -32,31$ 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	100	1	10,05	5,80
			2	10,05	92,60

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 44,23 kN
 M_{xEd} 0 -32,31 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

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

Verifica
 N° iterazioni: 5
 Precompresso

σ_c -0,4244 N/mm²
 σ_s 16,34 N/mm²
 ε_s 0,0817 ‰
 d 94,2 cm
 x 26,41 x/d 0,2804
 δ 0,7905

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,42 \text{ N/mm}^2 < 0,45 f_{ck} = 11,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 16,34 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.4.5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI - COMBINAZIONE CARATTERISTICA

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 46,91$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = -35,71$ 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.

Table 1: Section Properties

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

Table 2: Reinforcement Properties

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	5,80
2	10,05	92,60

Input Parameters:

- N° strati barre: 2
- Metodo di calcolo: Metodo n
- Materiali: B450C, C25/30
- Carichi: $N_{Ed} = 46,91$ kN, $M_{xEd} = -35,71$ kNm, $M_{yEd} = 0$
- P.to applicazione N: Centro
- Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n

Results:

- $\sigma_c = -0,4723$ N/mm²
- $\sigma_s = 18,85$ N/mm²
- $\epsilon_s = 0,09424$ ‰
- d = 94,2 cm
- x = 25,74, x/d = 0,2732
- $\delta = 0,7815$

Le tensioni sui materiali risultano pari a:

$$\sigma_c = 0,47 \text{ N/mm}^2 < 0,60 f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 18,85 \text{ N/mm}^2 < 0,80 f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.4.6 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.

Le condizioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

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:	$\sigma_{s,max}$	8,96	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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:	$\sigma_{s,max}$	16,34	[N/mm ²]
Diametro massimo delle barre di armature poste in opera:	\varnothing_{max}	16	[mm]
Spaziatura massima delle barre di armatura poste in opera:	s_{max}	200,00	[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

15.4.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{sd} = 92,15$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{sd} = 86,01$ 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	100	1	10,05	5,80
			2	10,05	92,60

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 92,15 kN

M_{xEd} 86,01 kNm

M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

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 N/mm²

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8

ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

M_{xRd} 403,5 kNm

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 60,38 ‰

d 92,6 cm

x 5,073 x/d 0,05479

δ 0,7

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

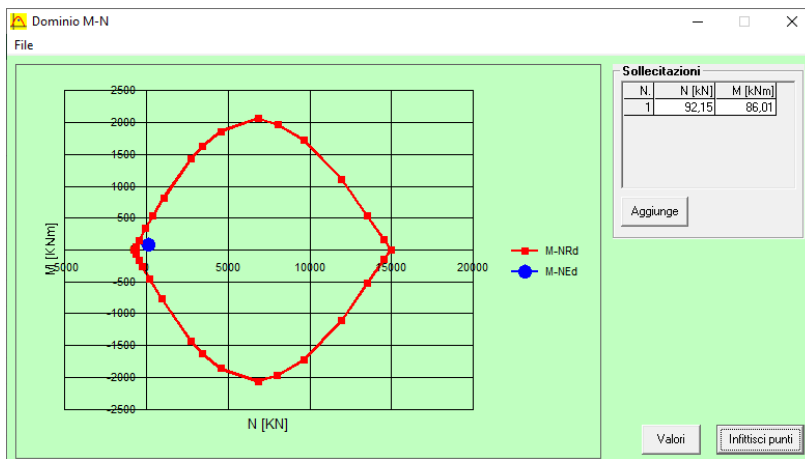
L_0 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente risulta pari a:

$M_{Rd} = 403,50$ kN/m $>$ $M_{sd} = 86,01$ kN/m.

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



La verifica risulta pertanto soddisfatta.

15.4.8 VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

L'azione tagliante di calcolo è assunta pari a $V_{S,d} = 104,98$ 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	100,00	[cm]
Copriferro netto:	c	5,00	[cm]
Altezza utile della sezione:	d	95,00	[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:	$V_{S,d}$	104,98	[kN]
Azione normale di calcolo:	$N_{S,d}$	0,00	[kN]

ARMATURA LONGITUDINALE

	n_{barre}	\varnothing_{barre} [mm]	A_{barra} [cm ²]	$A_{s,tot}$ [cm ²]
Primo strato di armatura tesa:	5	16	2,01	10,05
Infittimento primo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
Infittimento secondo strato di armatura tesa:			0,00	0,00
AREA TOTALE DELLE BARRE DI ARMATURA TESA				10,05

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.4.1.2.1.3.1

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

Coefficiente k:	k	1,46	
Coefficiente v_{min} :	v_{min}	0,308	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale:	ρ_1	0,0011	
Tensione media di compressione nella sezione:	σ_{cp}	0,000	[N/mm ²]
Larghezza minima della sezione:	b_w	100,00	[cm]

AZIONE TAGLIANTE RESISTENTE DELLA SEZIONE:	$V_{R,d}$	292,35	[kN]
COEFFICIENTE DI SICUREZZA:	$F_S = V_{R,d}/V_{S,d}$	2,78	

LA VERIFICA RISULTA POSITIVA