

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: **ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Luca Nani
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2445

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

Il R.U.P.

Dott. Ing.
Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Arch. N. Kamenicky
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Geom. S. Scopetta
Dott. Ing. L. Sbrenna
Dott. Ing. E. Sellari
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Dinelli
Dott. Ing. L. Nani
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carliaccini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. G. Cordua
Dott. Ing. V. De Gori
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. F. Dominici

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Geom. C. Vischini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli
Geom. C. Sugaroni



OPERE D'ARTE MINORI
ASSE PRINCIPALE - STRUTTURA SCATOLARE IN C.A.
Relazione calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-OS01-STR-RE01

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPFI12 E 1801

CODICE ELAB.

T00OS01STRRE01

A

-

A

Emissione

29/03/2019

P. Castraberte

E. Bartolucci

N. Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE		
1	PREMESSA	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3	MATERIALI	9
4	CARATTERIZZAZIONE TERRENO DI FONDAZIONE	10
5	METODI DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA.....	11
5.1	VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI	11
5.1.1	Stato limite di resistenza	11
5.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	11
5.2.1	Fessurazione.....	11
5.2.2	Tensioni di esercizio.....	14
6	STRUTTURA SCATOLARE.....	15
6.1	NOTE SU PARAGRAFO 10.2 DEL DM 17-01-18	15
6.2	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO ADOTTATO	16
6.3	MODELLI DI CALCOLO	17
7	ANALISI DEI CARICHI	20
7.1	PESO PROPRIO SCATOLARE	20
7.2	SOVRACCARICO PERMANENTE.....	20
7.3	CARICHI MOBILI.....	22
7.4	AZIONE DEL VENTO	25
7.5	AZIONE DELLA NEVE	33
7.6	AZIONE TERMICA	34
7.7	RITIRO	35

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

7.8	AZIONE SISMICA (E).....	36
7.9	URTO DI VEICOLO IN SVIO	40
8	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	52
9	ANALISI DEI RISULTATI.....	58
9.1	VERIFICHE.....	77
9.1.1	Soletta superiore sp=60 cm.....	77
9.1.2	Soletta superiore centrale sp=104 cm	84
9.1.3	Soletta superiore sbalzo sp=60 cm	91
9.1.4	Cordolo sbalzo.....	97
9.1.5	Piedritti sp=60 cm.....	99
9.1.6	Soletta inferiore sp=100 cm	104

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i calcoli di dimensionamento e verifica dello scatolare stradale realizzato tra la prog. 1+131.80 e 1+478.97 necessario per il prolungamento del Viadotto Cornia 1, rientrante nell'ambito del Lotto 1 della S.S. 398 "Via Val di Cornia", Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12 ed il porto di Piombino.

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in esame presenta una lunghezza complessiva di circa 346 m e viene suddivisa in dieci conci (da A ad O) distinti della lunghezza di 24 metri ciascuno. Sulla copertura dell'opera per i conci da E a N è presente una strada a due carreggiate distinte e separate da un partitraffico; per i conci da A a D, in cui è presente un tratto di allargamento necessario per raccordarsi con la rampa della strada che prosegue, una carreggiata presenta tre corsie mentre il concio O è un concio di raccordo con il viadotto Cornia 1 di dimensioni ridotte.

La struttura dello scatolare, realizzata in cemento armato gettato in opera, presenta la soletta di fondo dello spessore di 100 cm, le pareti laterali dello spessore di 60 cm, la soletta di copertura dello spessore di 60 cm ed i setti interni dello spessore di 60 cm.

La larghezza dello scatolare è di 22.50 m costante nella sezione corrente (conci da E a N), è variabile da 22.50 a 26.24 m nella sezione di allargamento (conci da A a D), e pari a 11.75 m nel concio O. L'altezza interna dello scatolare, poichè segue l'andamento della livelletta stradale, risulta variabile. La struttura in esame viene realizzata per la maggior parte fuori terra.

Come ampiamente descritto nella relazione "T00-OS01-GET-RE01" i terreni di fondazione sono costituiti per buona parte da materiali di natura argillosa compressibili, per anticipare i cedimenti di consolidazione è stata prevista la realizzazione di una precarica con rilevato, prima della costruzione dell'opera, associata all'uso di dreni verticali per accelerarne il processo. Al raggiungimento di un grado di consolidazione dei terreni di fondazione pari al 95% relativamente ai processi indotti dalla precarica, il rilevato verrà rimosso completamente per poi realizzare la struttura scatolare. Al fine di contenere in 25 m la dimensione trasversale del rilevato a causa delle limitazioni sull'ingombro laterale delle opere, i paramenti verranno realizzati mediante gabbioni sovrapposti.

Seppur a seguito della precarica precedentemente descritta la maggior parte dei cedimenti primari hanno avuto il loro decorso, nel progetto dell'opera scatolare sono state prese delle ulteriori misure cautelative ad evitare l'insorgere di scalini in prossimità dei giunti dovuti a ulteriori possibili cedimenti tra diversi conci in fase di esercizio.

Tale misura cautelativa è stata ottenuta realizzando la soletta di fondazione collegata tra un concio e l'altro da cerniere plastiche.

Le cerniere plastiche sono state realizzate considerando l'armatura longitudinale di ciascuna soletta di fondazione disgiunta, mentre tra due solette successive sono state inserite delle barre ad X che hanno puntualmente la funzione di cerniera tra un concio e il successivo.

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

In questo modo nell'ipotesi più sfavorevole che dovessero insorgere ancora puntuali cedimenti secondari, i diversi conci si muoverebbero in modo "fluidò" l'uno sull'altro senza generare scalini, dannosi alla percorrenza della strada sovrastante.

Nei tratti di collegamento tra due diversi conci sono state inserite delle riseghe alla sezione del calcestruzzo tali da funzionare come giunti di ritiro, per tale motivo le barre che funzionano da cerniera verranno inguainate a difesa dagli agenti atmosferici.

Per quanto riguarda le elevazioni, i conci risultano disgiunti uno dall'altro separati da un elemento in polistirene espanso di 3cm.

Per quanto riguarda la sezione trasversale, in maniera analoga le due carreggiate insistono su due strutture separate in elevazione ma collegate da una cerniera in fondazione.

In questo caso le pareti di elevazione dei due conci trasversalmente risultano separate da un giunto tecnico di 20cm riempito di poliestirene espanso.

Nella zona dello spartitraffico, all'estradosso, il giunto trasversale è sigillato da uno strato di guaina bituminosa passante con sovrapposto lamierino in acciaio zincato allo scopo di evitare infiltrazioni di acqua.

Tutta l'opera risulta ispezionabile tramite idonei passi d'uomo realizzati nei setti interni e nelle due pareti esterne.

Nei conci prossimo alla spalla dell'impalcato V101 sono stati inseriti fuori calcolo sulla soletta di fondazione 3+3 pali $\Phi 1200$ L=38m in modo tale da garantire una maggiore rigidità della struttura in analogia a quella del viadotto adiacente.

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Di seguito si riporta la pianta e alcune sezioni significative che saranno considerate nel successivo calcolo.

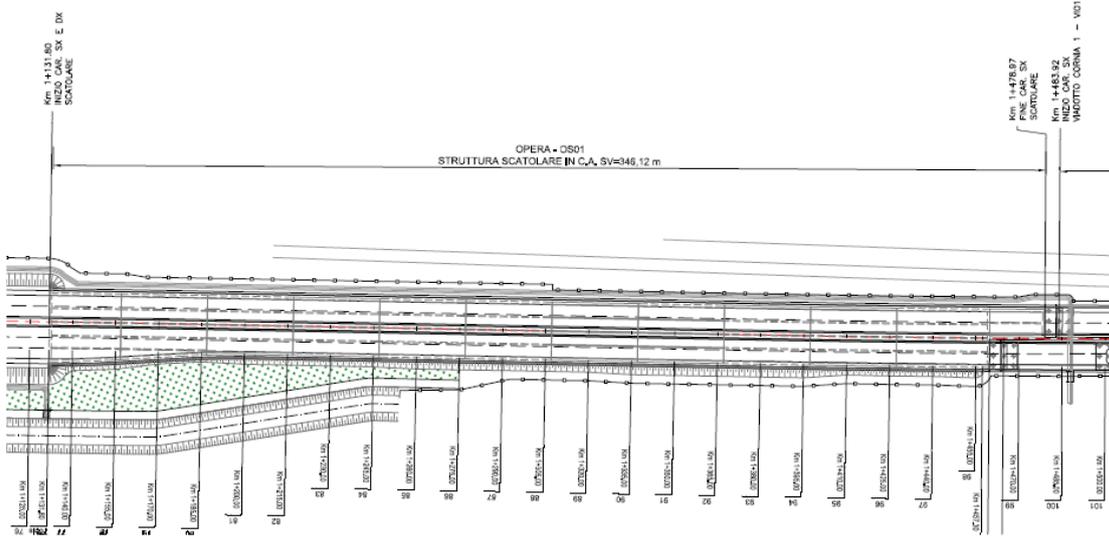


Figura 1 – Pianta di inquadramento

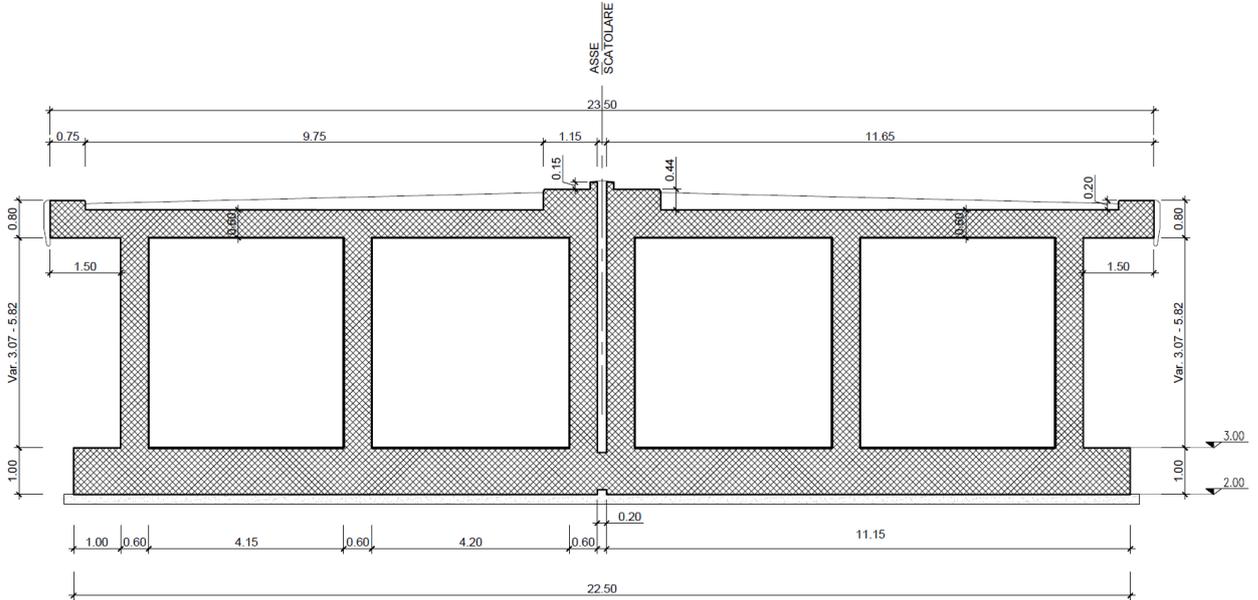


Figura 2 – Sezione trasversale g8bis

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

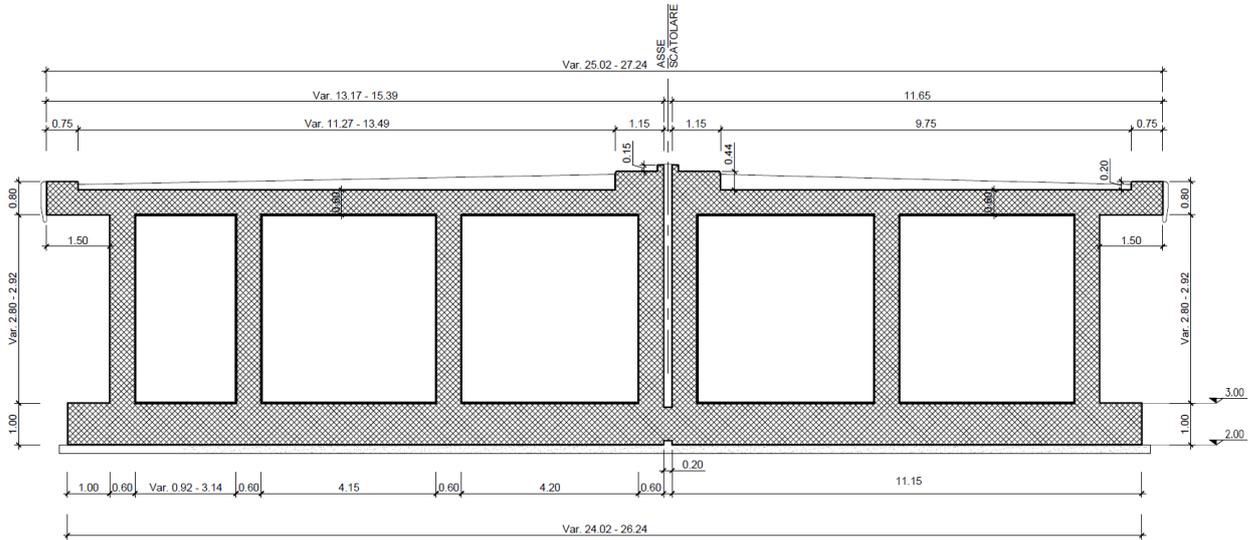


Figura 3 – Sezione trasversale 76bis

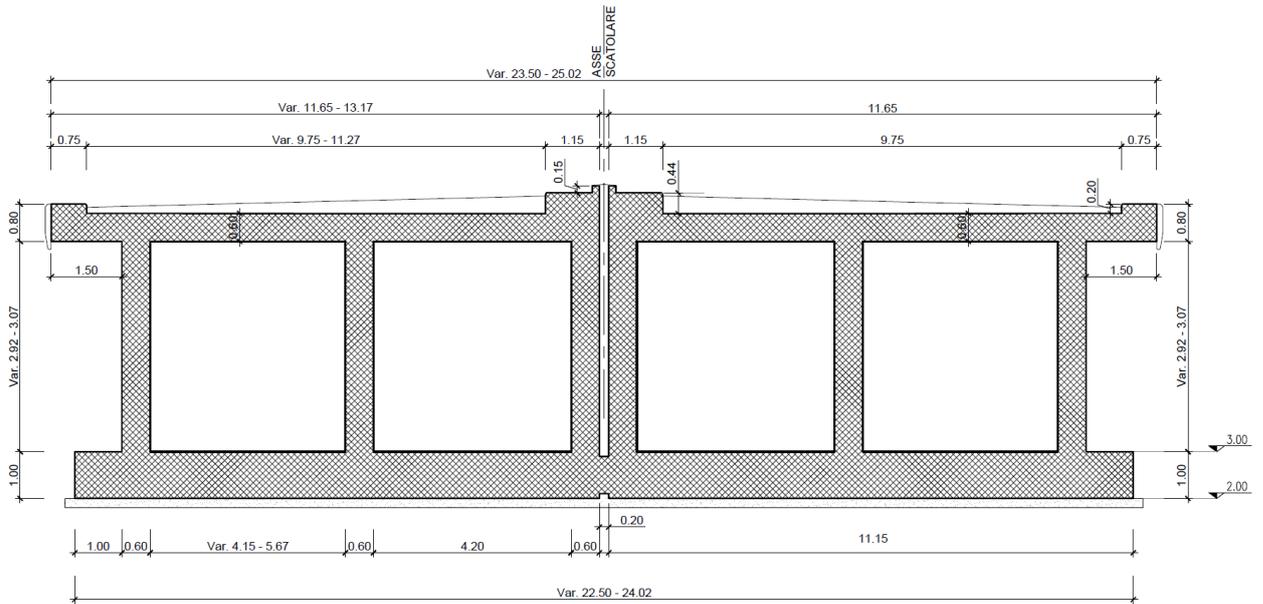


Figura 4 – Sezione trasversale 81

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

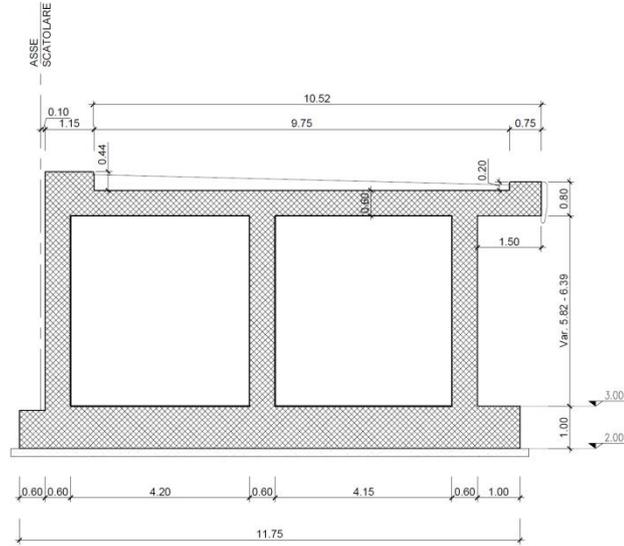


Figura 5 – Sezione trasversale 99

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto del manufatto è stato redatto nel rispetto delle vigenti Normative; si citano in particolare le seguenti:

- [N1]** D.M. del 17 gennaio 2018: Norme tecniche per le costruzioni;
- [N2]** EC 1-1-5: Azioni sulle strutture; Azioni in generale – Azioni termiche;
- [N3]** EC 2-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo; Regole generali e regole per gli edifici;
- [N4]** EC 2-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo; Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi;
- [N5]** EC 8-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica; Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- [N6]** EC 8-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica; Ponti.

3 MATERIALI

È previsto l'impiego dei materiali di seguito descritti. Per maggiori informazioni si rinvia all'elaborato specifico.

CALCESTRUZZO PER SOTTOSTRUTTURE

Classe di resistenza calcestruzzo	C32/40			
caratteristiche del calcestruzzo				
resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40	[MPa]	
resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	33.2	[MPa]	
resistenza cilindrica media	f_{cm}	41.2	[MPa]	
resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3.1	[MPa]	
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	2.2	[MPa]	
modulo elastico istantaneo	E_{cm}	33,643	[MPa]	
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.8	[MPa]	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.4	[MPa]	$\alpha_{cc} = 0.85$
Coefficiente di espansione termica lineare	α	1.00E-05	[°C ⁻¹]	

ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Tipo di acciaio	B450C			
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	[MPa]	
tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	[MPa]	
Resistenze di calcolo				COEFFICIENTI
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3	[MPa]	$\gamma_s = 1.15$
Modulo elastico	E_s	200000	[MPa]	

Per il calcestruzzo armato si assume

$$\gamma_{cls} = \begin{matrix} 2 & \text{kN/} \\ 5 & \text{m}^3 \end{matrix}$$

4 CARATTERIZZAZIONE TERRENO DI FONDAZIONE

Si riporta di seguito la tabella dei parametri geotecnici relativi alla zona dell'opera in oggetto estratta dalla relazione Geotecnica.

TRATTO	da prg	a prg	z da p.c.	descrizione	unità geot.	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ [°]	c _u [kPa]	E [MPa]	coefficiente di reazione del terreno	
											k [N/cm ³]	k _{operativo} [N/cm ³]
1	1131.8	1245	0 ÷ 5	"Riporti"	UG-0	18	0	35	-	15	40	40
			> 5	Sabbie Limose	UG-3	20	0	32	-	-	40	
2	1245	Spalla 1 V01	0 ÷ 5	"Riporti"	UG-0	18	0	35	-	15	40	25
			> 5	Argille palustri	UG-1	17	0	22.5	25	5	25	

Lo scatolare in esame interessa il terreno di riporto UG-0 caratterizzato da un angolo d'attrito $\Phi=35^\circ$, $\gamma=18$ kN/m³, $c'=0$.

La costante di sottofondo è stata assunta pari a $K_s = 40000$ kN/m³

5 METODI DI CALCOLO E CRITERI DI VERIFICA

I calcoli strutturali sono redatti in osservanza delle normative vigenti, con particolare riferimento al **DECRETO MINISTERIALE del 17 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"**, nel seguito brevemente NTC2018.

Il calcolo delle sollecitazioni è condotto in campo elastico lineare, utilizzando la teoria della Scienza delle Costruzioni.

Le verifiche sono eseguite con il **metodo semiprobabilistico agli Stati Limite**. Si effettuano le seguenti verifiche:

- Stato Limite Ultimo (SLU) - verifiche di resistenza;
- Stato Limite di Esercizio (SLE) - verifiche dello stato tensionale dei diversi elementi strutturali in combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni;
- Stato Limite di Esercizio (SLE) - verifiche di fessurazione in combinazioni frequente e quasi permanente delle azioni;
-

Laddove non diversamente specificato, le unità di misura adottate per azioni e sollecitazioni sono i kN per le forze e i kN m per i momenti; l'unità di misura per le tensioni è il MPa (N/mm²); inoltre si assumono positivi gli sforzi/tensioni normali di trazione e i momenti che tendono le fibre inferiori.

5.1 VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

5.1.1 Stato limite di resistenza

La sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi è verificata confrontando la capacità di progetto in termini di resistenza R_d , funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono, con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni.

Le verifiche di resistenza a pressoflessione sono svolte secondo quanto indicato al paragrafo 4.1.2.3.4.2 di [N1].

Le verifiche di resistenza a taglio seguono il paragrafo 4.1.2.3.5 di [N1].

5.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

5.2.1 Fessurazione

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

- stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- $w_1 = 0,2$ mm
- $w_2 = 0,3$ mm
- $w_3 = 0,4$ mm

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considera l'opera in condizioni ambientali **aggressive**.

Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicate le prestazioni richieste per le diverse combinazioni delle azioni a seconda delle condizioni ambientali e della tipologia di armatura.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura				
			Sensibile		Poco sensibile		
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d	

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	w_2	ap. fessure	w_3
		quasi permanente	ap. fessure	w_1	ap. fessure	w_2
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	w_2	ap. fessure	w_2
		quasi permanente	decompressione	e	ap. fessure	w_1
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	w_1
		quasi permanente	decompressione	e	ap. fessure	w_1

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 , secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ϵ_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\epsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

Pertanto, per le armature delle sottostrutture delle opere oggetto di verifica, si assumono i seguenti limiti di apertura delle fessure:

SLE-QP	$w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$
SLE-F	$w_d \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

5.2.2 Tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimali consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$ deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica}$$
$$\sigma_{c,max} < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

La tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica delle azioni deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} < 0,8 f_{yk}$$

6 STRUTTURA SCATOLARE

Il presente capitolo è relativo al calcolo e verifica della struttura scatolare che viene analizzata mediante un modello piano agli elementi finiti che riproduce la reale geometria dell'opera.

Per la verifica delle varie membrature che compongono la struttura scatolare si sono analizzate quattro sezioni significative rappresentative delle diverse condizioni più critiche in cui si trova la struttura in esame.

Sono state considerate le condizioni, geometriche ed al contorno, tali da essere le più cautelative per il calcolo di dimensionamento.

I modelli, mostrati nel seguito, sono stati sviluppati con il programma di calcolo agli elementi finiti "SAP2000".

6.1 NOTE SU PARAGRAFO 10.2 DEL DM 17-01-18

Le analisi e le verifiche della struttura sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo automatico SAP 2000.

In particolare è stata condotta un'analisi statica nei confronti dei carichi permanenti ed accidentali di neve, vento e manutenzione ed un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico per quanto riguarda le azioni sismiche.

Il calcolo statico della struttura e la verifica delle strutture è stato eseguito secondo *i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni*.

Gli elementi costituenti la struttura sono stati modellati utilizzando degli elementi *frame* e sono stati definiti utilizzando l'ipotesi di materiale elastico lineare isotropo in un campo di piccoli spostamenti e deformazioni. I vincoli definiti alle estremità delle travi ed alla base dei pilastri si schematizzano con incastri.

Per la verifica delle strutture si è seguito il metodo agli stati limite facendo riferimento alle normative elencate; le verifiche sono state eseguite agli SLU (verifiche di resistenza) ed agli SLE (verifica di deformabilità verticale ed orizzontale).

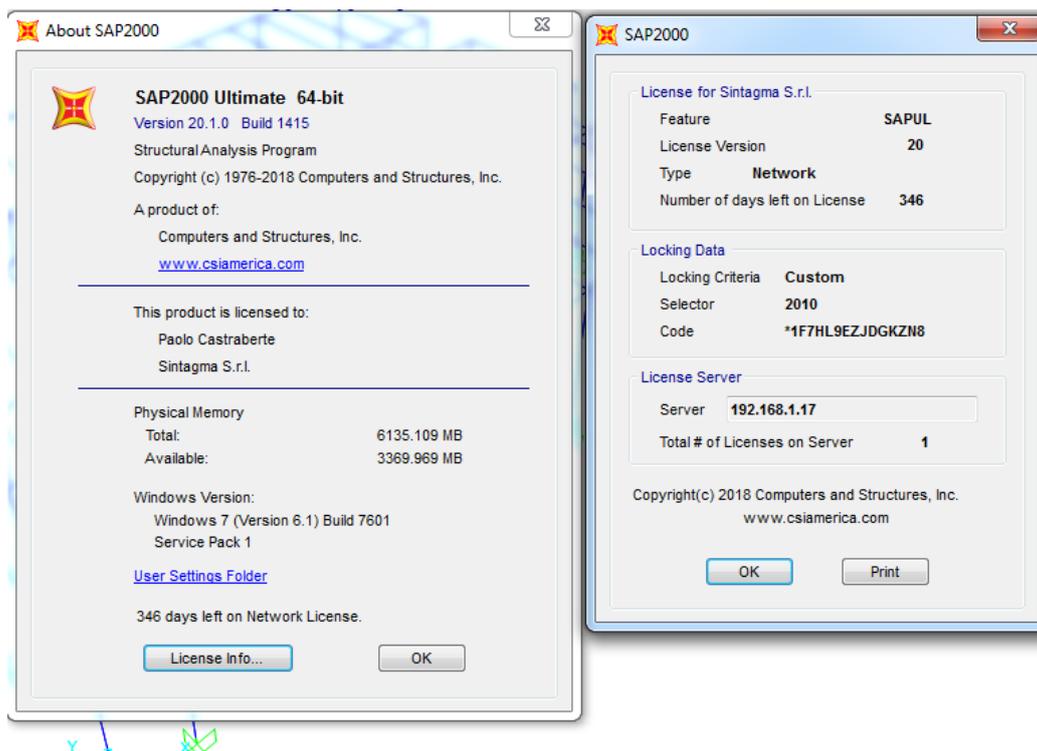
Si sono analizzate le possibili condizioni di carico e si è proceduto al dimensionamento delle parti per le condizioni più gravose. A parità di sezione resistente è stato omesso il risultato della verifica di quegli elementi che risultano meno sollecitati.

Il codice di calcolo SAP è fornito dalla C.S.I. Italia e correttamente licenziato nella versione 20.0.0.

6.2 VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO ADOTTATO

Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si e' fatto uso del programma di calcolo SAP2000 NL

Di seguito si riporta una schermata con tutte le informazioni del programma, del produttore e della licenza d'uso:



IL PRODUTTORE FORNISCE IDONEA DOCUMENTAZIONE UTILE AL CORRETTO USO DEL PROGRAMMA. SUL SITO DEL PRODUTTORE E' INOLTRE POSSIBILE SCARICARE LA NECESSARIA DOCUMENTAZIONE UTILE ALLA VALIDAZIONE DEL PROGRAMMA.

6.3 MODELLI DI CALCOLO

Nelle seguenti analisi statiche si sono considerati i seguenti elementi portanti della struttura scatolare:

- soletta superiore di spessore 60 cm
- soletta inferiore di spessore 100 cm
- piedritti esterni di spessore 60 cm
- setti interni di spessore 60 cm

Il calcolo è stato eseguito analizzando tre modelli piani rappresentativi della situazione statica della struttura:

- Modello 1 : rappresentativo delle sezione 98 bis (sezioni con altezza interna maggiore) valevole per i conci da E a N.
- Modello 2 : rappresentativo delle sezione 81 con (sezione altezza interna minore) valevole per i conci C e D.
- Modello 3 : rappresentativo delle sezione 76 bis (sezione di massimo allargamento) valevole per i conci A a B.
- Modello 4 : rappresentativo delle sezione 99 (sezione stretta concio O)

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso con aste di tipo "beam" poggiate su suolo elastico modellato alla winkler ($K_s = 40000 \text{ KN/mc}$).

La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo e quindi i valori nodali sono ricavati moltiplicando la k calcolata per l'interasse dei nodi. Si considera un tratto di struttura di lunghezza unitaria.

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

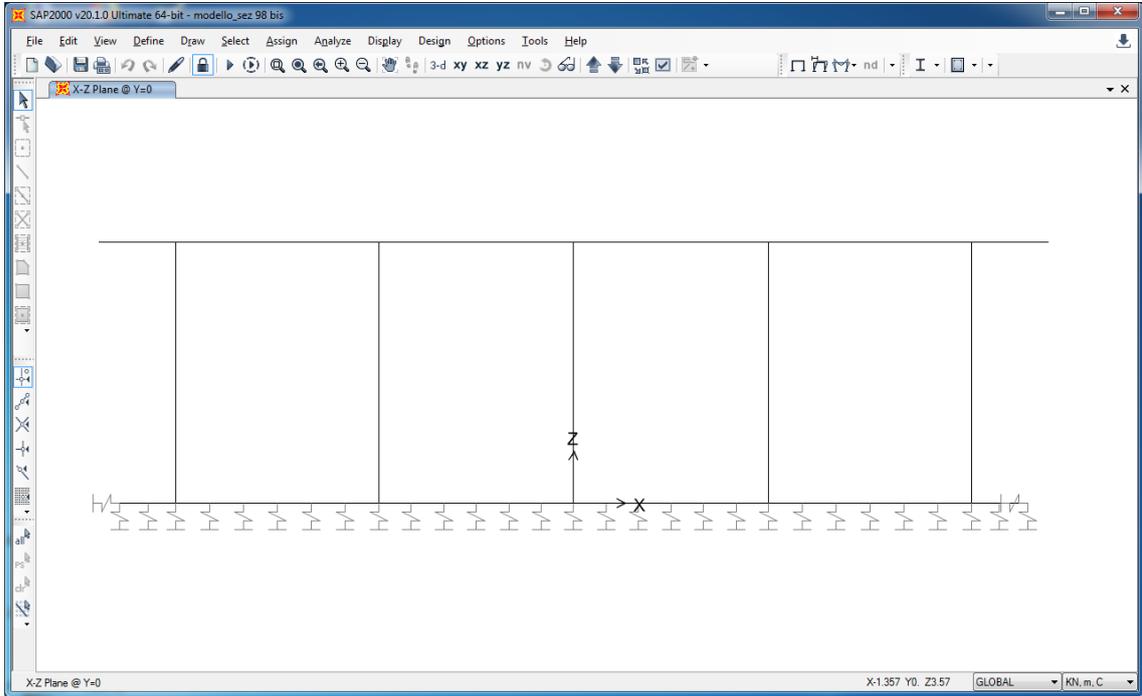


Figura 6 – Modello 1

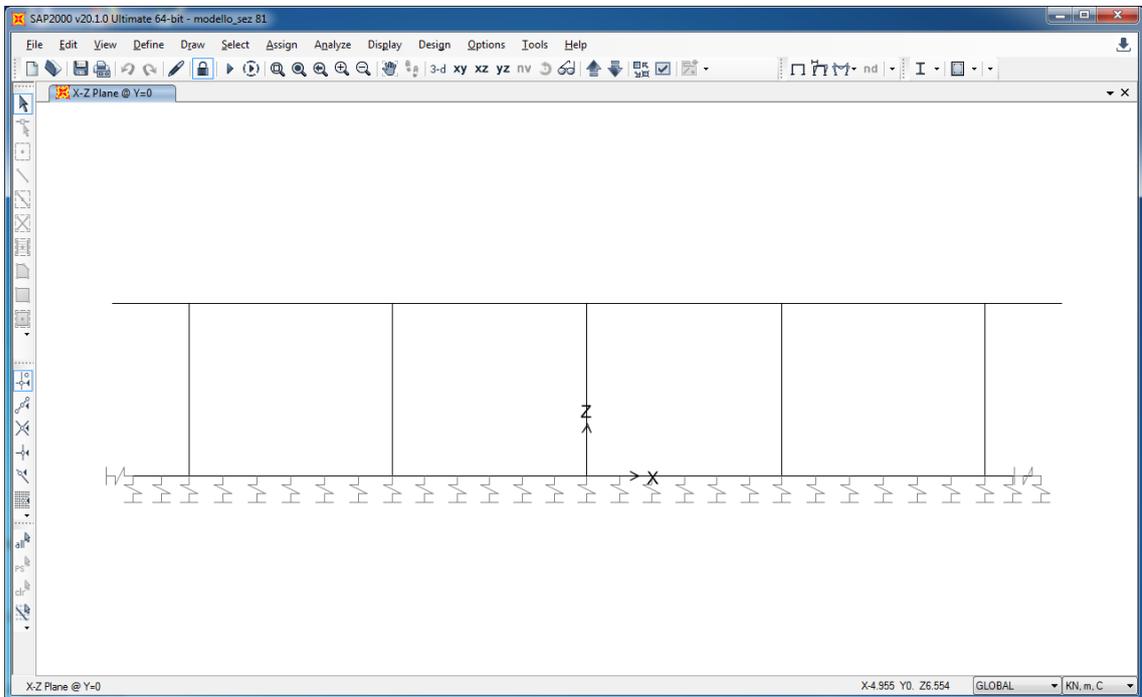


Figura 7 – Modello 2

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

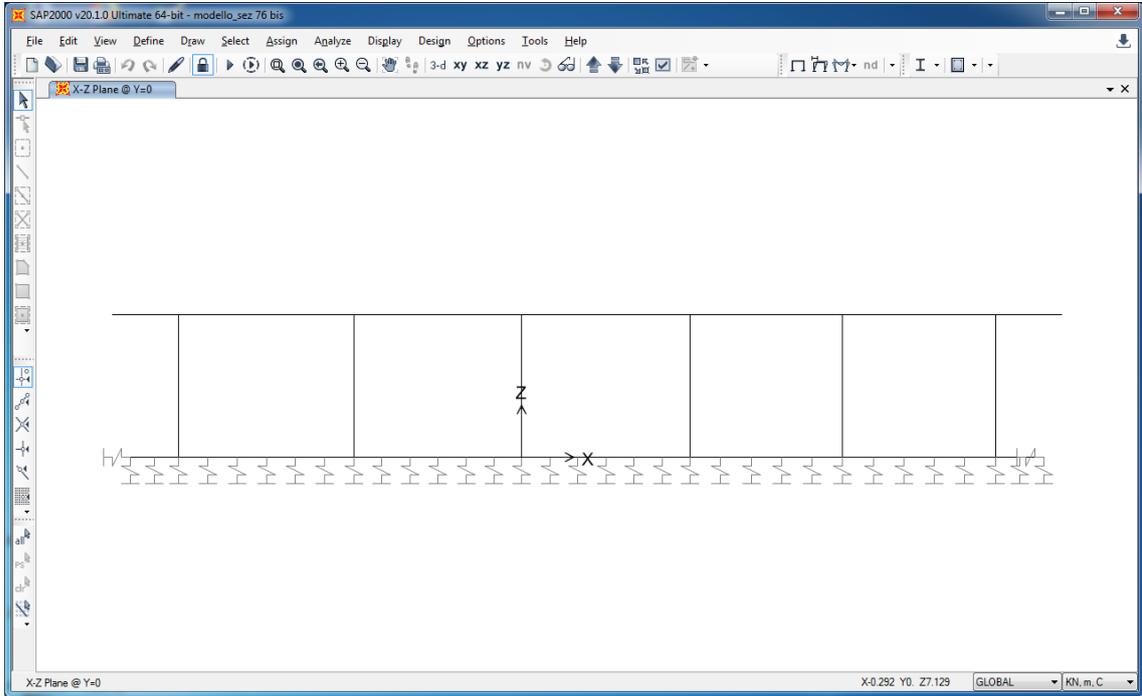


Figura 8 – Modello 3

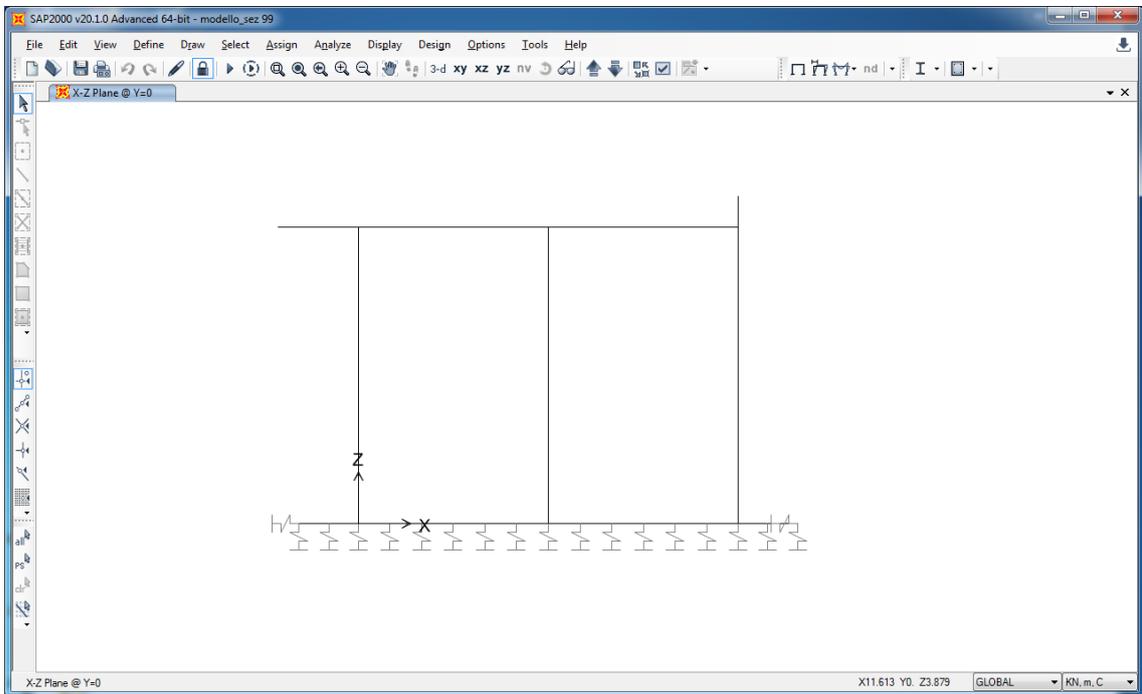


Figura 9 – Modello 4

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito una descrizione dei carichi considerati per il dimensionamento della struttura in oggetto. Per semplicità si riportano i carichi solo su un modello di una sezione analizzata in quanto per le altre l'applicazione è la stessa.

7.1 PESO PROPRIO SCATOLARE

I pesi propri sono attribuiti agli elementi strutturali direttamente dal programma di calcolo.

Soletta superiore	$p_1 = 0.60 * 25 = 15.00 \text{ kN/m}^2$
Soletta inferiore	$p_2 = 1.00 * 25 = 25.00 \text{ kN/m}^2$
Setti	$p_3 = 0.60 * 25 = 15.00 \text{ kN/m}^2$
Piedritti	$p_4 = 0.60 * 25 = 15.00 \text{ kN/m}^2$
Cordoli	$p_5 = 0.20 * 25 = 5.00 \text{ kN/m}^2$
Partitraffico	$p_6 = 0.44 * 25 = 11.00 \text{ kN/m}^2$

7.2 SOVRACCARICO PERMANENTE

Il sovraccarico permanente è costituito dal peso della pavimentazione, del massetto, delle barriere di sicurezza e del tubo di smaltimento.

Pavimentazione	$p_7 = 0.10 * 21 = 3.00 \text{ kN/m}^2$
Massetto	$p_8 = 0.15 * 24 = 3.60 \text{ kN/m}^2$
Barriera di sicurezza	$p_9 = 1.00 \text{ kN/m}$
Tubo	$p_{10} = 1.50 \text{ kN/m}$

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

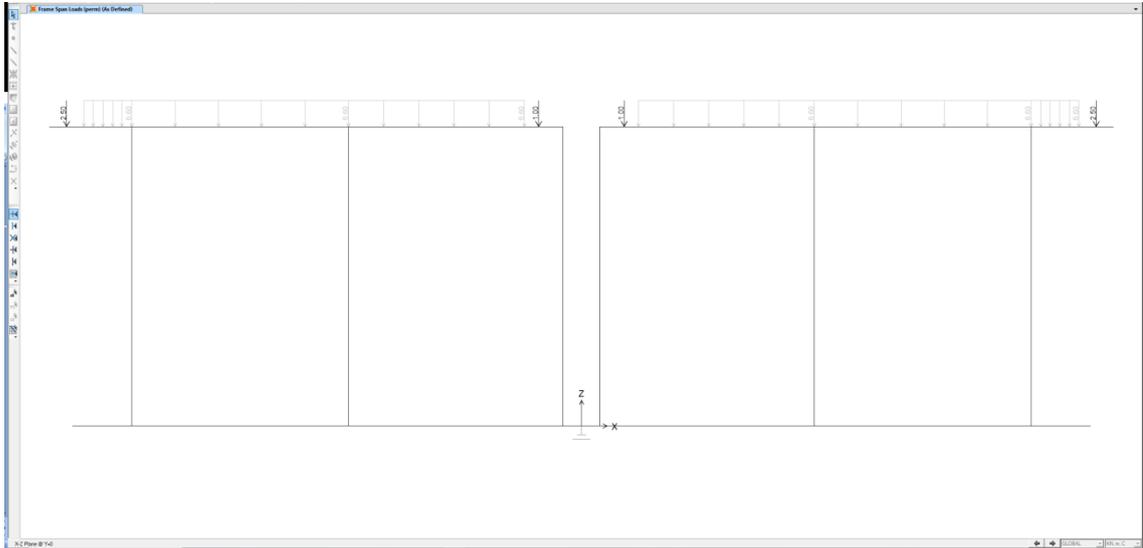


Figura 10 – Permanente

7.3 CARICHI MOBILI

L'analisi dei carichi mobili viene effettuata in accordo alle indicazioni del decreto ministeriale del 14 gennaio 2018 [N1].

La sede stradale è composta da una piattaforma bitumata composta da due carreggiate di larghezza 9.25 m, da due cordoli non carrabili di larghezza 0.75 m ciascuno e da un partitraffico centrale di larghezza 2.50 m pedonabile, per un totale di 23.50 m. La larghezza delle corsie convenzionali è pari a 3.00m, per un totale di quattro corsie nella sezione corrente e cinque corsie nella zona di allargamento.

Le azioni variabili da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dallo schema di carico 1, descritto nel seguito:

- corsia n.1 costituita da un automezzo convenzionale Q_{1k} di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.20 m in senso longitudinale e con interasse delle ruote in senso trasversale di 2.00 m e un carico ripartito q_{1k} di 9 kN/m²;
- corsia n.2, analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 400 kN (automezzo convenzionale Q_{2k}) e 2.5 kN/m²(carico ripartito q_{2k});
- corsia n.3, analoga alla precedente, ma con carichi pari rispettivamente a 200 kN (automezzo convenzionale Q_{3k}) e 2.5 kN/m²(carico ripartito q_{3k});
- zona rimanente, occupata da una colonna di carico $q_{rk} = 2.5$ kN/m² nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.

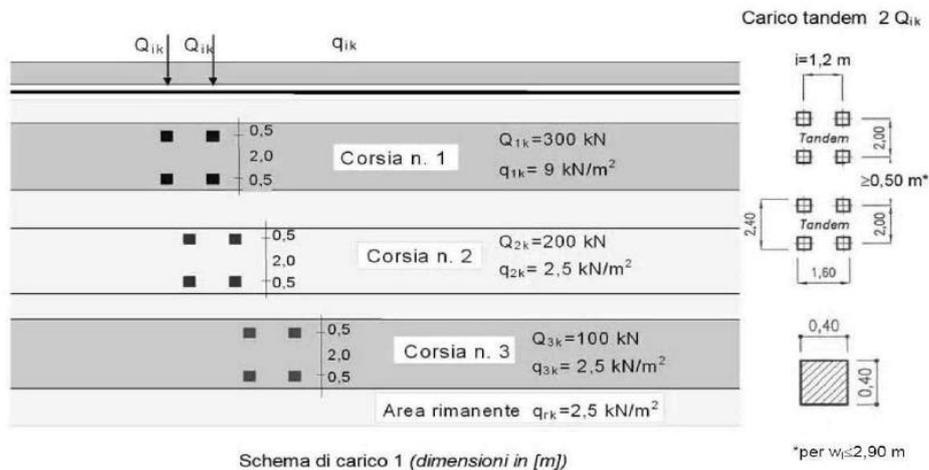


Figura 11 – Descrizione del modello di carico 1

Nel caso in esame poichè il calcolo è fatto considerando modelli trasversali piani di profondità un metro si considera il carico stradale massimo, rappresentato dalla Corsia n°1, su tutte le corsie che interessano la soletta di copertura dello scatolare, quindi considerando la corsia di 3,0 m caricata con il mezzo convenzionale di 600 kN più il carico uniforme di 9 KN/mq ed inoltre considerando una

diffusione a 45° dei carichi all'interno della pavimentazione (0.10 m), del massetto (0.15) e della soletta (0.60 m) si calcola la larghezza di ripartizione nella sezione mediana pari a 2.70 m lungo Y e 3.50 m lungo X. A questo punto si dividono le forze agenti per le due larghezze di ripartizione e si calcola il carico per unità di superficie.

In definitiva si ottiene : $Q_1 = 72.49 \text{ KN/mq}$

Nella zona del partitraffico si considera lo schema di carico 5 (Q_5), descritto nel seguito:

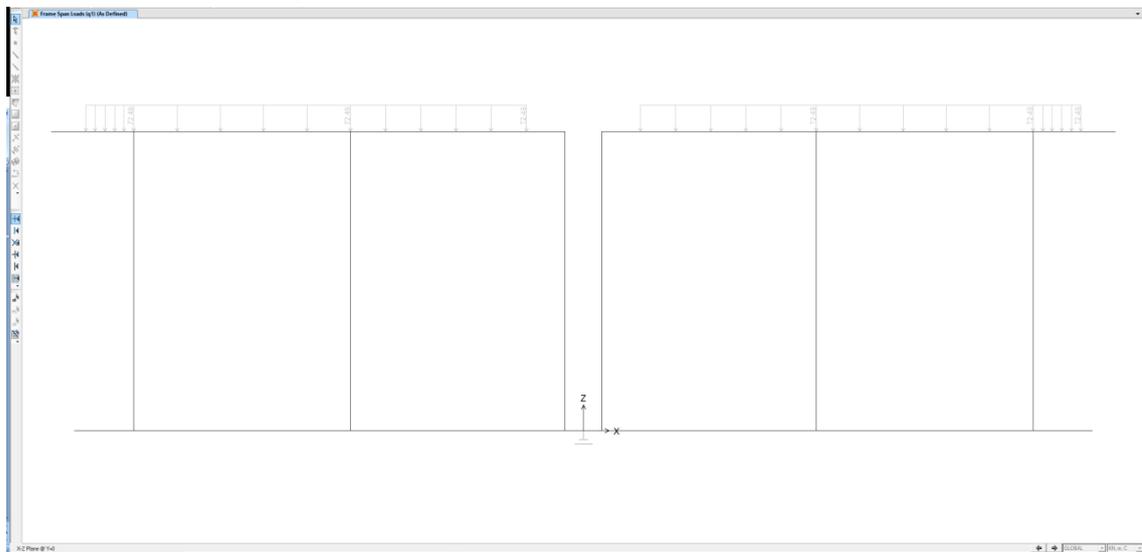
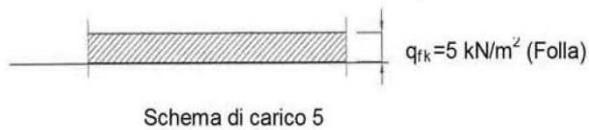


Figura 12 – Carico mobile q_1

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

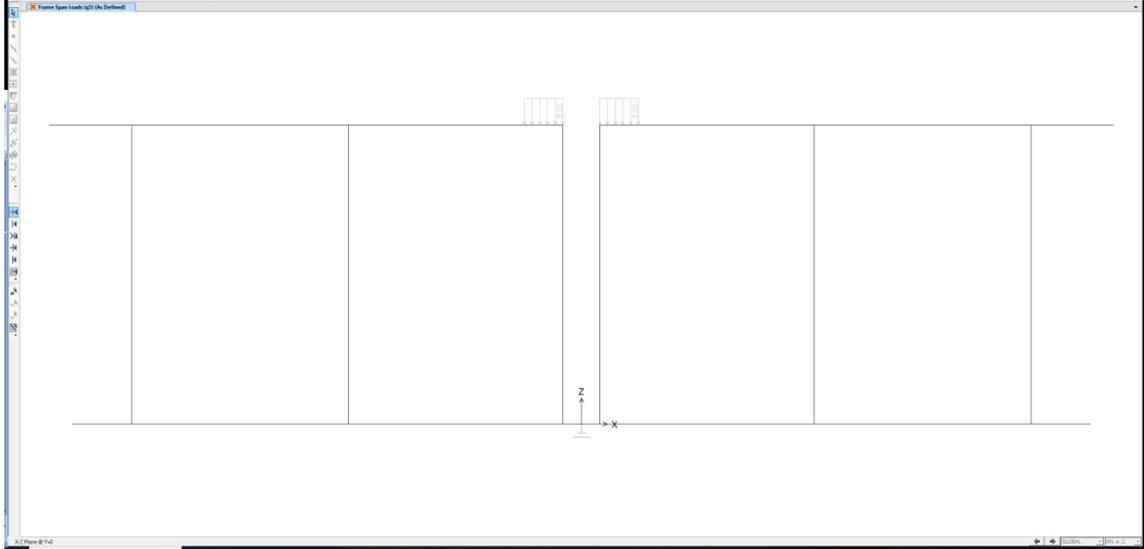


Figura 13 – Carico mobile q5

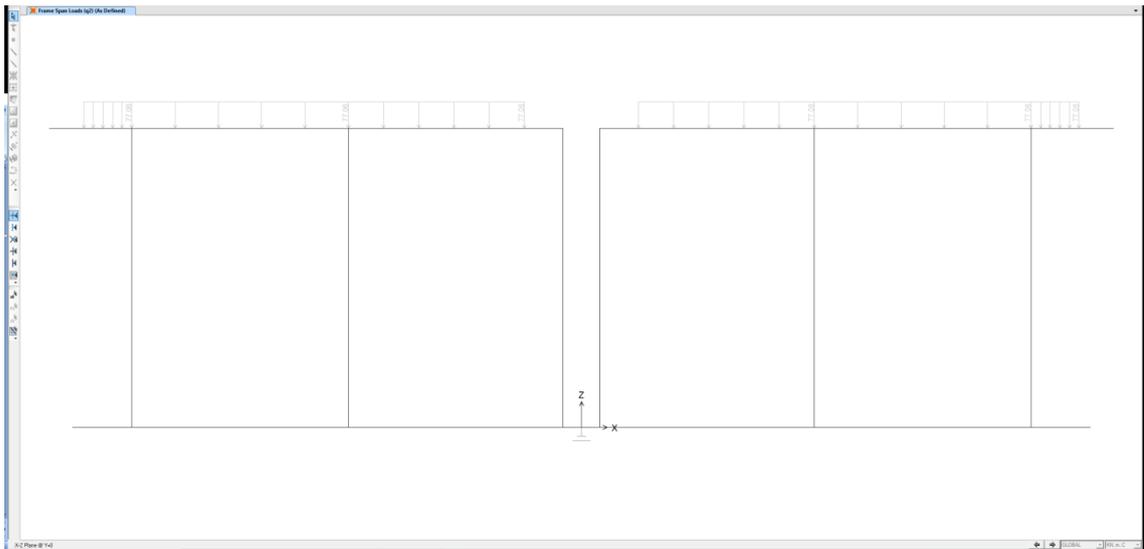
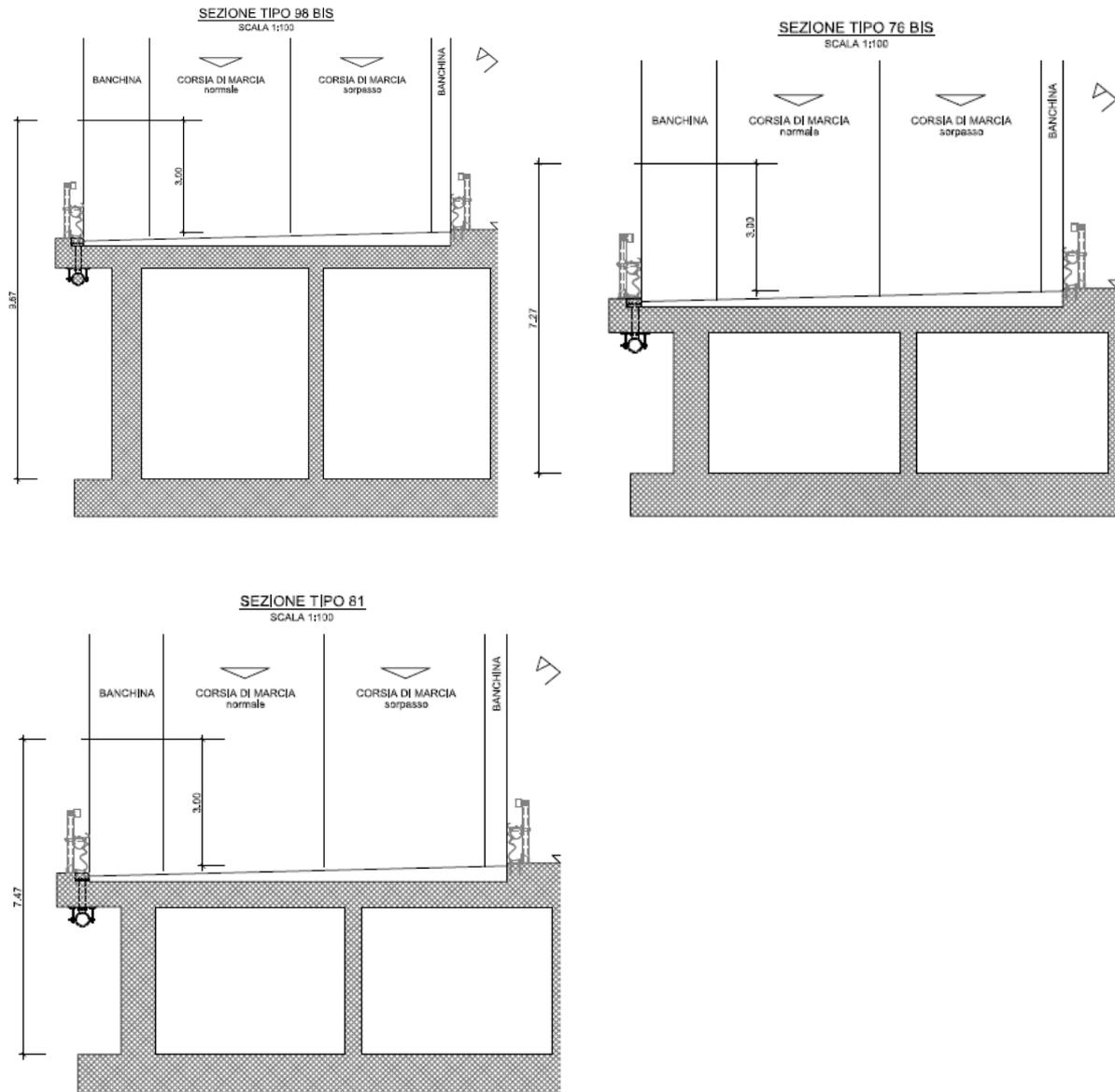


Figura 14 – Carico mobile q2

7.4 AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è applicata in forma di carichi statici applicati ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare nella direzioni più sfavorevoli per i suoi elementi. Nella valutazione del piano verticale delle superfici investite si considera la presenza dei carichi transitanti assumendo una parete rettangolare continua di altezza pari a 3 metri a partire dal piano stradale. Segue la valutazione dell'azione del vento secondo le indicazioni riportate al paragrafo 3.3 di [N1]. Si riporta di seguito il foglio di calcolo dell'azione del vento per le tre sezioni analizzate.



SEZIONE 98BIS - SEZIONE 99

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			26
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$\underline{v}_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			27.000
$\alpha_R (T_R)$			1.00073
$v_b (T_R) = \underline{v}_b \times \alpha_R \text{ [m/s]}$			27.020

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

	ZONA 1,2,3,4,5					
	costa mare		500m		750m	
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**
	* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
	** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

	ZONA 6				
	costa mare		500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

	ZONA 7,8		
	mare		costa
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
	* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

	ZONA 9	
	costa mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	26

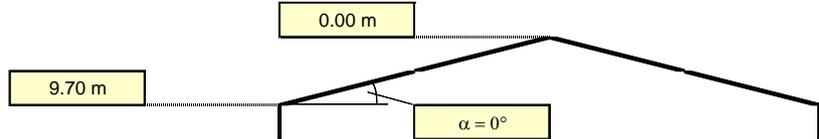
RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

$$c_e(z) = k_r \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]	c_t
I	0.17	0.01	2	1

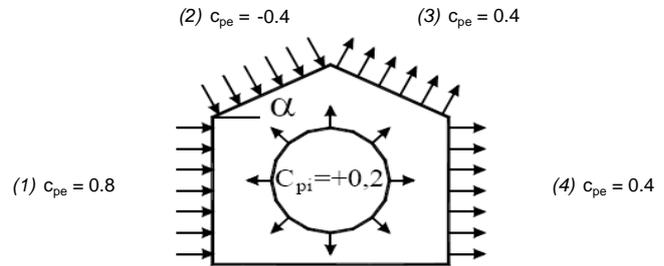
z [m]	c_e
$z \leq 2$	1.883
$z = 9.7$	2.758
$z = 0$	1.883



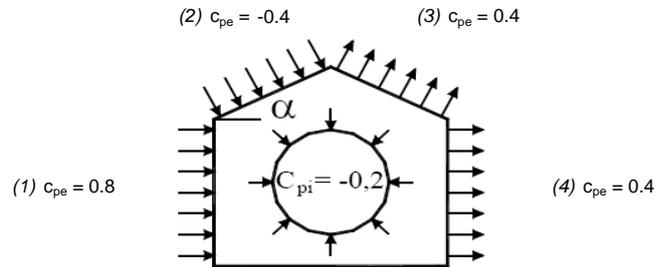
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture stagne

(1)	c_p	p [kN/mq]
	0.80	1.007
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.503

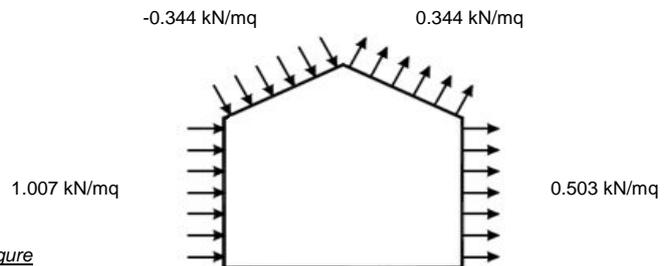


(1)	c_p	p [kN/mq]
	0.80	1.007
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.503



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	1.007
(2)	-0.344
(3)	0.344
(4)	0.503



N.B. Se p (o c_{pe}) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure

SEZIONE 76BIS

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			26
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			27.000
α_R (T_R)			1.00073
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s])			27.020



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,.....)

Categoria di esposizione

ZONA	1,2,3,4,5				
	costa	mare	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
 Categoria III in zona 5
 ** Categoria III in zona 2,3,4,5
 Categoria IV in zona 1

ZONA	6				
	costa	mare	500m		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONA	7,8		
	mare	costa	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
 Categoria III in zona 7

ZONA	9	
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

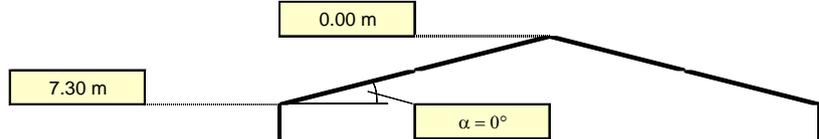
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	26

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$	per $z \geq z_{min}$
$c_e(z) = c_e(z_{min})$	per $z < z_{min}$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
I	0.17	0.01	2	1

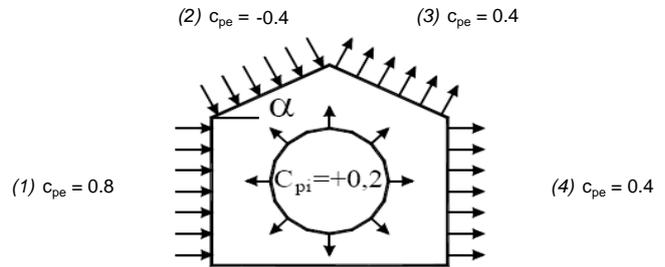
z [m]	c_e
$z \leq 2$	1.883
$z = 7.3$	2.590
$z = 0$	1.883



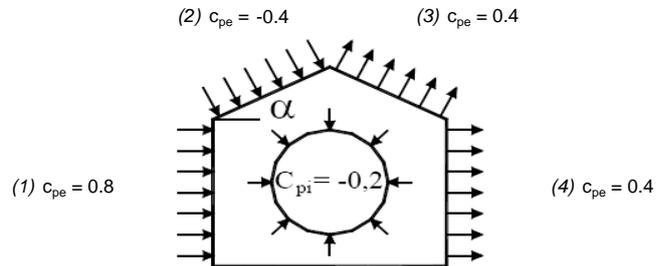
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture stagne

(1)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.80	0.945
(2)	c_p	ρ [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.40	0.473

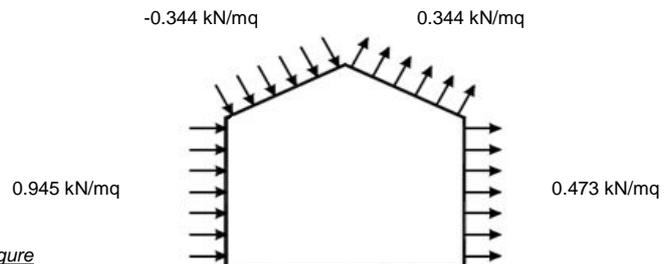


(1)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.80	0.945
(2)	c_p	ρ [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	ρ [kN/mq]
	0.40	0.473



Combinazione più sfavorevole:

	ρ [kN/mq]
(1)	0.945
(2)	-0.344
(3)	0.344
(4)	0.473



N.B. - Se p (o c_{pe}) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure

SEZIONE 8.1

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			26
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			27.000
$\alpha_R (T_R)$			1.00073
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27.020

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ ($\rho = 1,25 \text{ kg/mc}$)

q_b [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	26

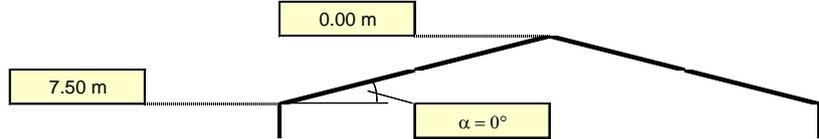
RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

$$c_e(z) = k_r \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]	c_t
I	0.17	0.01	2	1

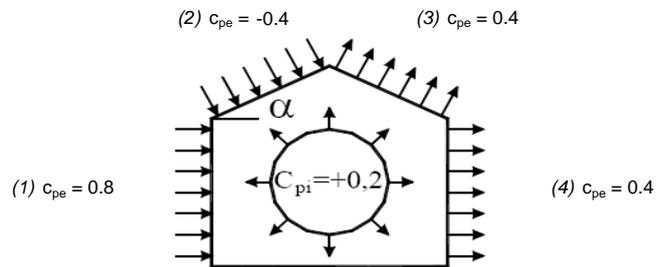
z [m]	c_e
$z \leq 2$	1.883
$z = 7.5$	2.606
$z = 0$	1.883



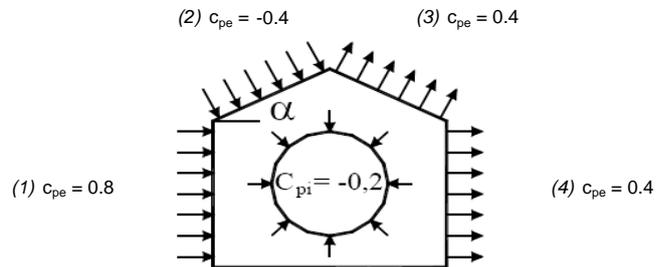
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture stagne

(1)	c_p	p [kN/mq]
	0.80	0.951
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.476

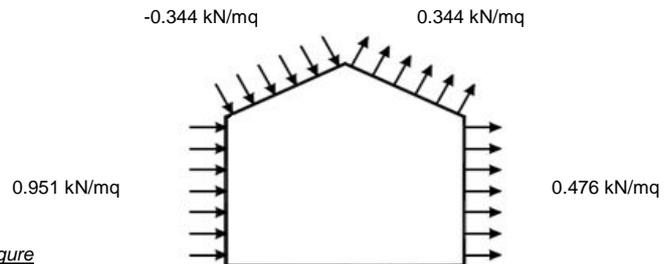


(1)	c_p	p [kN/mq]
	0.80	0.951
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0.40	-0.344
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.344
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.40	0.476



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0.951
(2)	-0.344
(3)	0.344
(4)	0.476



N.B. - Se p (o c_{pe}) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

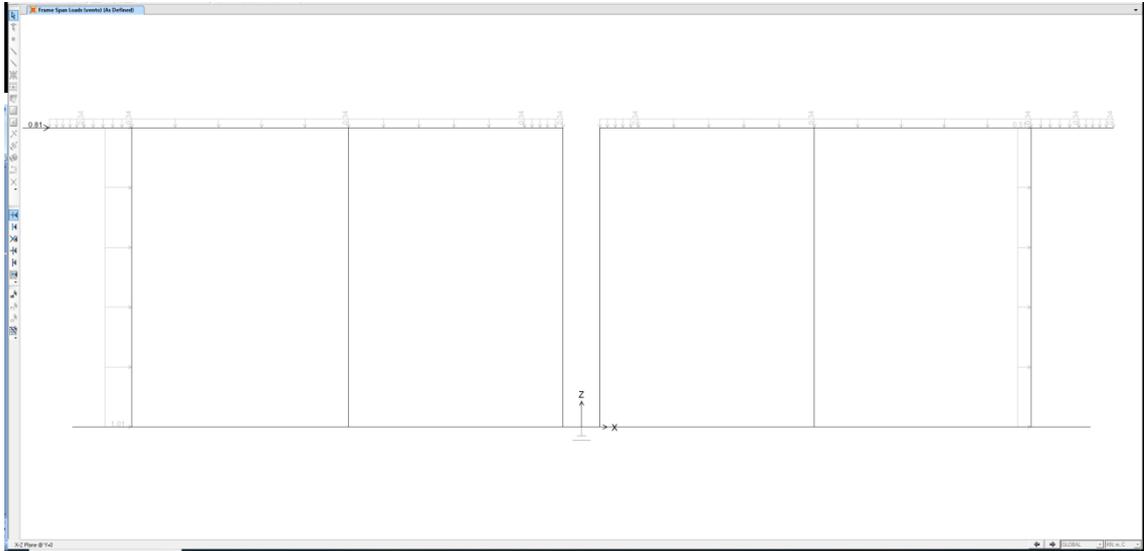


Figura 15 – Carico vento

7.5 AZIONE DELLA NEVE

L'azione della neve è applicata in forma di carichi statici sulla soletta di copertura dello scatolare. Si riporta di seguito il foglio di calcolo dell'azione della neve.

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

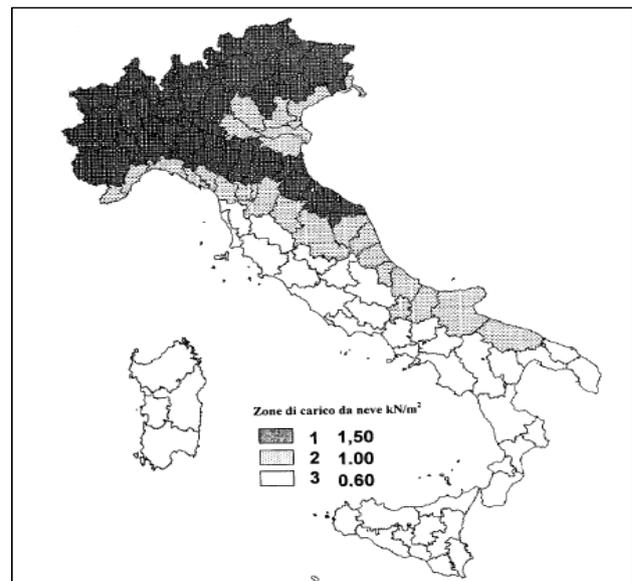
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$ μ_i (coefficiente di forma) q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_E (coefficiente di esposizione) C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	26
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	0.60

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato Ct = 1 .



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C _E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

Valore del carico della neve al suolo

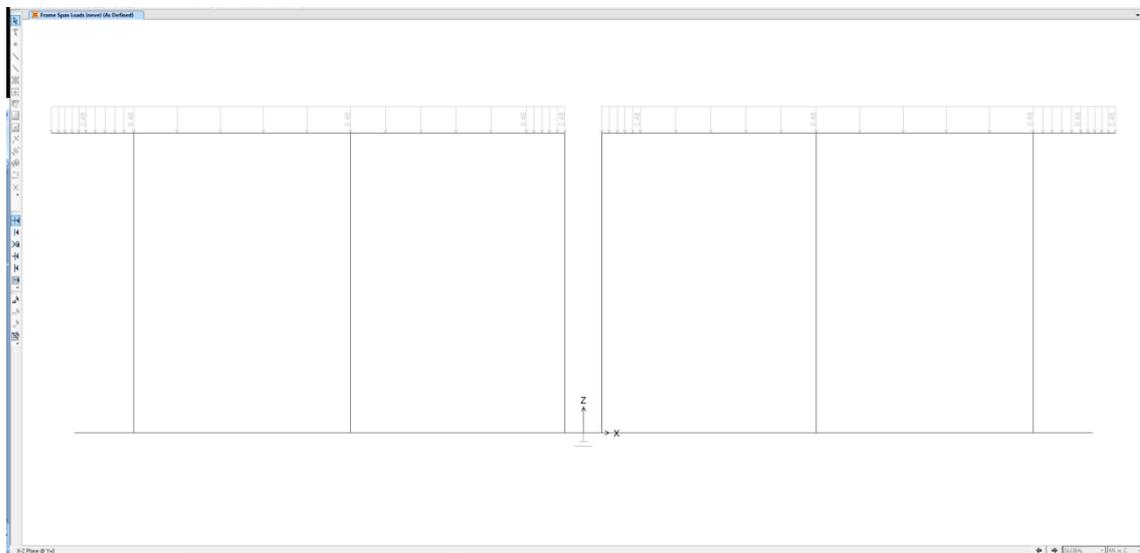
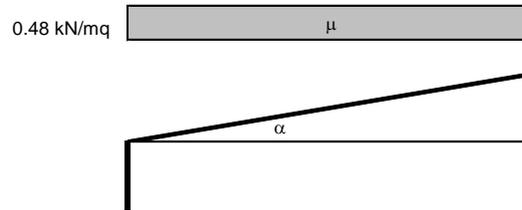
q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.60
--	------

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

μ	0.8
-------	-----



7.6 AZIONE TERMICA

Gli effetti delle variazioni giornaliera e stagionale della temperatura dell'aria sono valutati assumendo una variazione termica uniforme $\pm 15^{\circ}\text{C}$ applicata sulle membrature dello scatolare.

7.7 RITIRO

Gli effetti del ritiro sono valutati secondo l'Eurocodice 2 e UNI EN 1992-1-1 assumendo una variazione termica uniforme lineare sullo spessore della soletta di copertura. Si applica solo alla soletta di copertura.

Calcolo ritiro secondo Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1 e DM 14-01-2018			
Calcolo dell'azione prodotta da ritiro			
	Rck	40	
	f _{ck}	33.20 N/mm ²	
resistenza a compressione media	f _{cm}	41.20 N/mm ²	
modulo elastico secante	E _{cm}	33642.78 N/mm ²	
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t _s	2 gg	
età del cls al momento del carico	t ₀	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
	B	100 cm	
	H	0.60 cm	
sezione dell'elemento	A _c	6000 mm	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm	
dimensione elemento di cls	h ₀ =2A _c /u	12 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
Calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t ₀ corretto in funz del tipo di cem	t ₀	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	β _c (f _{cm})	2.62	
coeff. della viscosità nel tempo	β _c (t ₀)	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α ₁	0.892	
coeff. della resistenza del cls	α ₂	0.968	
coeff. della resistenza del cls	α ₃	0.922	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β _H	251	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	β _c (t, t ₀)	0.997	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ _{RH}	1.943	
coeff. nominale della viscosità	φ ₀	3.302	
coeff. di viscosità	φ(t, t ₀)	3.29	
Modulo elastico al tempo t	E _{cm} (t, t ₀)	7837.1 N/mm ²	
Calcolo della deformazione di ritiro			
parametro fusione di h ₀	k _{rh}	0.6	
coeff. variabilità deformazione nel tempo	β _{cs} (t, t ₀)	1.000	
def. di ritiro per essiccamento	ε _{cs} (t)	0.000256	
deformazione di base	ε _{cs,0}	0.000426	
coeff. per il tipo di cemento	α _{ds1}	6	
coeff. per il tipo di cemento	α _{ds2}	0.11	
	β _{RH}	0.896094	
	β _{as} (t)	1	
	ε _{ca,oo}	0.000058	
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε _{ca}	5.8E-05	
deformazione di ritiro	ε _s (t, t ₀)	0.000314	
Variazione termica uniforme	ΔT _{ritiro}	-7.3 °C	

NOTA : I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura

7.8 AZIONE SISMICA (E)

L'azione sismica è stata definita adottando i seguenti parametri.

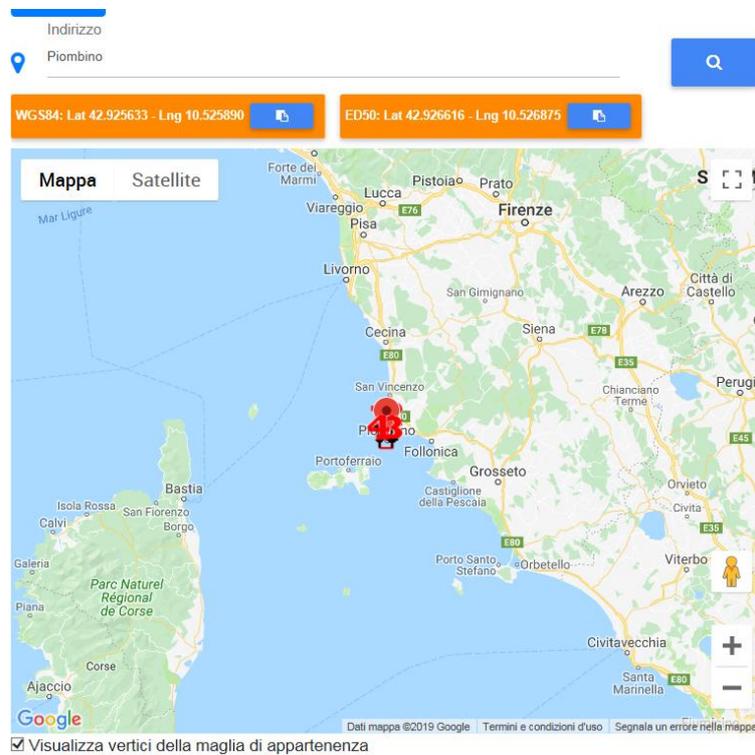
La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni la classe d'uso assunta è la IV.

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica data la vita nominale e la classe d'uso vale quindi:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \text{ anni.}$$

Il terreno di fondazione rientra nella Categoria D e la zona è ascrivibile alla categoria T1 pertanto il coefficiente di amplificazione topografica è $ST = 1,0$.

Si riportano i parametri sismici del sito interessato dalla struttura in esame:



RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Stati limite

 Classe Edificio
 IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti... ▼

 Vita Nominale 50 ▼

 Interpolazione Media ponderata ▼

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	Tc' [s]
Operatività (SLO)	60	0.025	2.694	0.195
Danno (SLD)	101	0.030	2.760	0.211
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.051	2.847	0.291
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.058	2.911	0.302

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100

 Cat. Sottosuolo D ▼

 Cat. Topografica T1 ▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,83	2,72	2,32	2,28
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coordinate geografiche di Piombino, Italia

Latitudine: 42°55' 31" N

Longitudine: 10°31' 33" E

Altitudine sul livello del mare: 26 m

Coordinate di Piombino in gradi decimali

Latitudine: 42.9255400°
Longitudine : 10.5258500°

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 42,926616
longitudine: 10,526875
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 23599	Lat: 42,9459	Lon: 10,4842	Distanza: 4083,070
Sito 2	ID: 23600	Lat: 42,9476	Lon: 10,5524	Distanza: 3125,788
Sito 3	ID: 23822	Lat: 42,8976	Lon: 10,5548	Distanza: 3943,712
Sito 4	ID: 23821	Lat: 42,8959	Lon: 10,4866	Distanza: 4736,419

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 100 anni
Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 60 [anni]
ag: 0,025 g
Fo: 2,694
Tc*: 0,195 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 101 [anni]
ag: 0,030 g
Fo: 2,760
Tc*: 0,211 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 949 [anni]

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

ag: 0,051 g
Fo: 2,847
Tc*: 0,291 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,058 g
Fo: 2,911
Tc*: 0,302 [s]

Kh = 0.092

Kv = 0.046

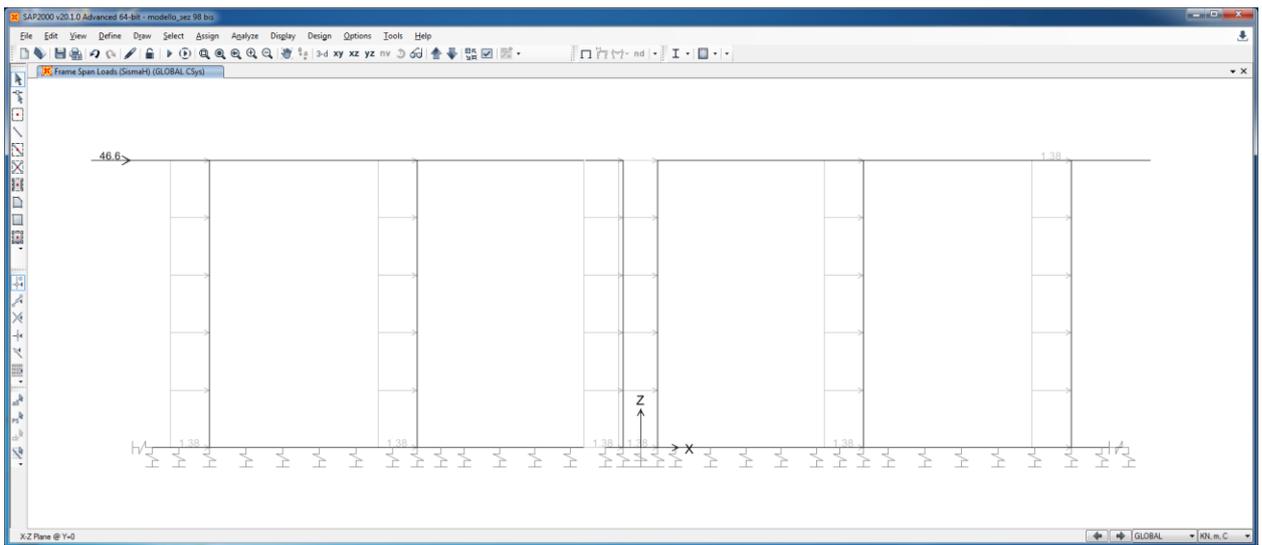


Figura 16 - Sisma orizzontale

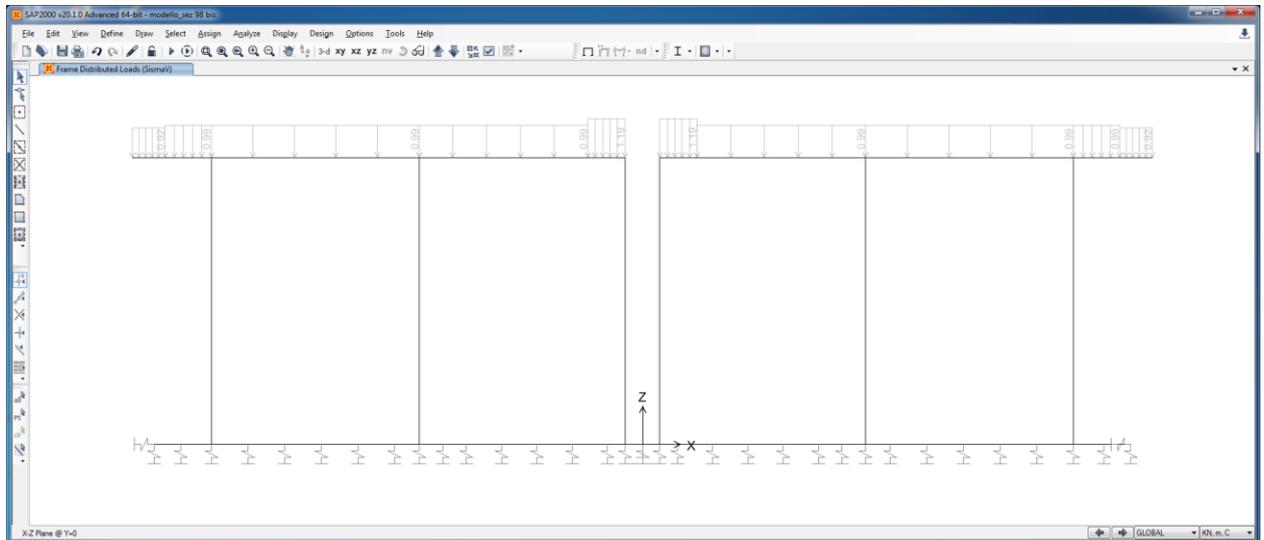


Figura 17 - Sisma verticale

7.9 URTO DI VEICOLO IN SVIO

Le barriere di sicurezza stradali e gli elementi strutturali ai quali sono collegate devono essere dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta, per l'impiego specifico, dalle norme nazionali applicabili.

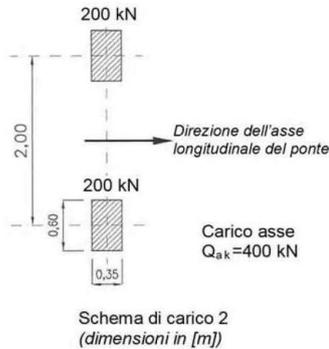
Nel progetto dell'impalcato deve essere considerata una combinazione di carico nella quale al sistema di forze orizzontali, equivalenti all'effetto dell'azione d'urto sulla barriera di sicurezza stradale, si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dallo Schema di Carico 2, posizionato in adiacenza alla barriera stessa e disposto nella posizione più gravosa.

Il sistema di forze orizzontali può essere determinato con riferimento alla resistenza caratteristica degli elementi strutturali principali coinvolti nel meccanismo d'insieme della barriera e deve essere applicato ad una quota h , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h_1 e h_2 , dove h_1 = (altezza della barriera - 0,10m) e h_2 = 1,00 m.

Per il dimensionamento dell'impalcato, le forze orizzontali così determinate devono essere amplificate di un fattore pari a 1,50.

Il coefficiente parziale di sicurezza per la combinazione di carico agli SLU per l'urto di veicolo in svio deve essere assunto unitario.

Di seguito si riporta lo Schema di carico 2.



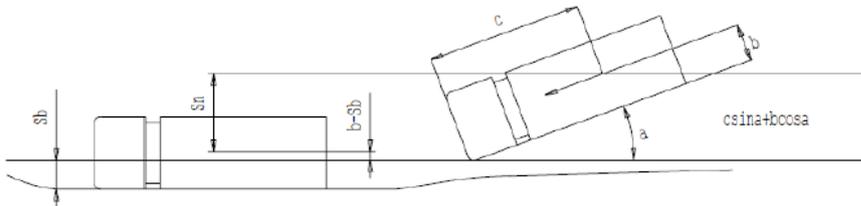
Per il calcolo della forza veicolare di impatto si è tenuto conto delle indicazioni fornite dalla UNI 1317-1. La forza media di impatto su un dispositivo di sicurezza può avvenire in tre diversi modi :

- Cinematico
- Energetico
- Funzione dello spostamento della barriera

Con riferimento alla terza modalità ed in particolare alla simbologia riportata nella figura seguente, nella prima parte di una collisione, con esito positivo, la componente ortogonale della velocità del centro di gravità del veicolo decresce dal suo valore iniziale:

$$V_{in} = V \cdot \sin \alpha$$

fino ad annullarsi.



Se S_n e a_n sono, rispettivamente, lo spostamento e l'accelerazione media del baricentro del veicolo, nella direzione ortogonale alla barriera, è facile riconoscere che:

$$a_n = \frac{V_{in}^2}{S_n}$$

pertanto la forza media agente sulla massa M del veicolo durante la stessa fase vale:

$$F_m = M \cdot a_n = \frac{M \cdot V_{in}^2}{S_n}$$

e lo spazio S_n percorso dal centro di massa risulta:

$$S_n = c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + S_b$$

dove S_b è la massima deflessione dinamica del nastro della barriera.

(Più propriamente S_b dovrebbe essere la somma della deformazione della barriera più la deformazione di parte del veicolo collidente).

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Sostituendo nell'espressione precedente, la forza media puo essere scritta come:

$$F = \frac{M \cdot (V \cdot \sin \alpha)^2}{2 \cdot [c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + S_b]}$$

La forza F fornisce l'ordine di grandezza dell'interazione tra il veicolo e la barriera durante l'impatto. Il prospetto della stessa norma UNI EN 1317 – 1, di seguito riportato, propone in funzione dell'energia cinetica (e del Livello di contenimento Lc) associata a ciascuna classe di barriera i valori delle forza media calcolata per alcuni valori esemplificativi di spostamento della barriera.

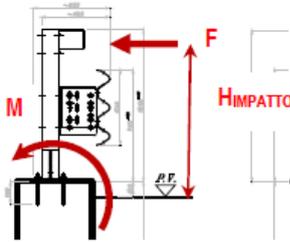
Livello di contenimento Lc	Energia cinetica (kJ)	Deflessione del lato verso il traffico (m)					
		0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
		Forza Media \bar{F} (kN)					
T1	6,2	16,8	9,3	5,8	4,2	3,3	2,7
T2	21,5	36,5	24,2	16,7	12,7	10,3	8,6
T3	36,6	46,7	33,8	24,7	19,4	16,0	13,6
N1	43,3	59,2	42,0	30,3	23,7	19,4	16,5
N2	81,9	112,0	79,4	57,2	44,7	36,7	31,1
H1	126,6	93,6	76,6	61,7	51,6	44,4	38,9
H2	287,5	133,0	116,8	100,4	88,1	78,5	70,8
H3	462,1	266,4	227,1	189,8	162,0	142,9	127,1
H4 _a	572,0	311,3	267,6	225,4	194,7	171,4	153,1
H4 _b	724,6	269,1	242,1	213,6	191,1	172,8	157,8

Considerato che il livello di contenimento della barriera certificato dall'azienda risulta essere:

Livello di contenimento della barriera Bordo Ponte H3 462.1 kJ
 Abbattimento Barriera: 0.7

La forza di impatto piu gravosa risulta essere contenuta nell'intervallo tra 227.1 KN e 189.9 KN per cui, dall'interpolazione lineare, si e assunta una forza F= 200 KN.

Tale forza risulta essere applicata all'altezza minima imposta dalla normativa pari a:
 H_{impatto} =1.0 metro rispetto al piano viario.



Nel caso in esame con riferimento alla figura sottostante si ha:

$$M_1 = 286.0 \text{ KN m}$$

$$M_2 = 334.0 \text{ KN m}$$

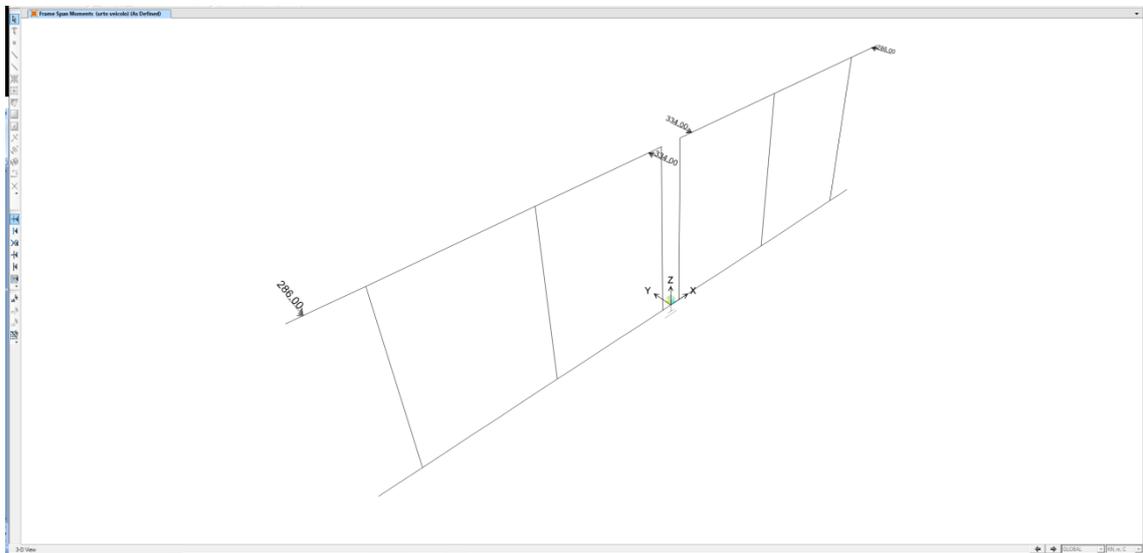
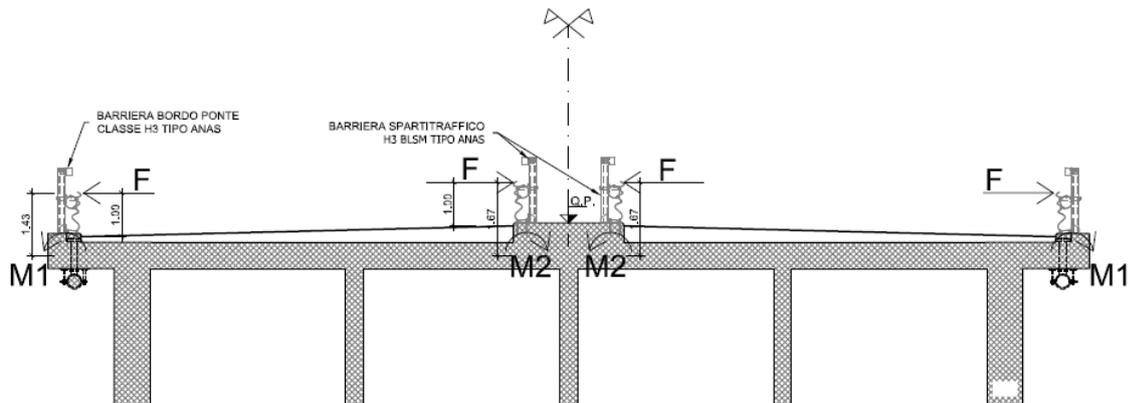


Figura 18 - Urto veicolo

Si riporta di seguito il foglio di calcolo con il riassunto dei carichi applicati ai modelli analizzati ad eccezione del carico del vento e della neve che sono indicati al paragrafo 7.4 e 7.5.

SEZIONE g8BIS

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO SCATOLARE			
Angolo inclinazione (°)	90.00	Spessore soletta superiore (m)	0.60
Altezza interna scatolare (m)	5.80	Spessore soletta inferiore (m)	1.00
Larghezza interna scatolare (m)	18.90	Larghezza piedritti (m)	0.60
Lunghezza dello scatolare (m)	30.00	Larghezza cordolo sbalzo (m)	0.75
Larghezza sbalzi da soletta superiore (m)	1.50	Larghezza percorso centrale (m)	2.50
Altezza percorso centrale oltre soletta (m)	0.44	Larghezza setti (m)	0.60
Altezza sbalzo oltre soletta (m)	0.20		
Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	45	Dati per analisi sismica NTC 2008:	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	24.00	$K_h =$	0.092
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	21.00	$S_s =$	1.800
		$S_T =$	1.00
		$\beta_m =$	1.00
		$a_g/g =$	0.051
		$K_v =$	0.046
Dimensioni in asse scatolare:			
Angolo inclinazione sottovia (°)	90.00		
Altezza (m)	6.60		
Larghezza sezione retta (m)	19.50		
Larghezza direzione strada (m)	19.50		
Larghezza soletta superiore (m)	23.10		
Lunghezza (m)	30.00		
ANALISI DEI CARICHI			
Spessore soletta superiore (m)	0.60		
Spessore soletta inferiore (m)	1.00		
Larghezza piedritti (m)	0.60		
Larghezza setti (m)	0.60		
Spessore pavimentazione (m)	0.10		
Spessore ricoprimento (m)	0.15		
CARICHI PERMANENTI VERTICALI			
Pesi propri:			
Soletta sup. (kN/mq)	15.00	Sbalzo (kN/mq)	5.00
Soletta inf. (kN/mq)	25.00	Zona centrale (kN/mq)	11.00
Piedritti (kN/mq)	15.00		
Setti (kN/mq)	15.00		
Sovraccarichi permanenti soletta superiore:			
Pavimentazione (kN/mq)	3.00		
Ricoprimento (kN/mq)	3.60		
Totale (kN/mq)	6.60		
Barriera stradale (kN/m)	1.00		
Tubo scarico acqua (kN/m)	1.50		

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 1	
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	600
Larghezza di ripartizione lungo Y (m) =	2.70
Lunghezza di ripartizione lungo X (m)	3.50
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	72.49 * applicato sulla larghezza di ripartizione lungo X
Carico stradale q1k (kN/mq)	9.00 * da applicare all'infuori il Q1k

RITIRO	
Si considera una variazione uniforme di temperatura della soletta di copertura	-7.3 °C

VARIAZIONE TERMICA	
Variazione termica uniforme	±15°C

AZIONE SISMICA SU STRUTTURA	
Forza orizzontale su soletta sup. (kN/m)	46.59
Forza orizzontale su piedritti (kN/mq)	1.38
Forza orizzontale su setti (kN/mq)	1.38
Forza verticale soletta percorso (kN/mq)	1.19
Forza verticale su sbalzi (kN/mq)	0.92
Forza verticale su soletta sup. (kN/mq)	0.99
Inerzia barriera (kN/m)	0.05
Inerzia tubo (kN/m)	0.07

REAZIONE DEL TERRENO			
Coeff. di Winkler (kN/mc)	40000		
	Area influenza (mq)	Fv	Fh
Nodo estremo sx-dx	0.350	14000	132000
Nodo	0.700	28000	
Nodo piedritto	0.76875	30750	
Nodo interni laterali	0.8375	33500	
Nodo interni centrali	0.8042	32168	
Nodo setti	0.821	32834	
Nodo setto centrale 32	0.8000	32000	

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 2	
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	400
Larghezza di ripartizione lungo y (m) =	1.45
Lunghezza di ripartizione lungo x (m)	3.70
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	77.06 * applicato sulla larghezza di ripartizione lungo x
Carico stradale q1k (kN/mq)	2.50 * da applicare all'infuori il Q1k

URTO VEICOLO IN SVIO	
Si considera una forza orizzontale trasversale applicata ad una quota h misurata dal piano viario che risulta la minore tra:	
1) altezza della barriera - 0.10 m	
2) 1.00 m	
Barriera laterale	
Forza =	200.0 KN
quota di applicazione h =	1.43 m
Momento alla base =	286.0 KNm
Barriera centrale	
Forza =	200.0 KN
quota di applicazione h =	1.67 m
Momento alla base =	334.0 KNm

SEZIONE 76BIS

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO SCATOLARE			
Angolo inclinazione (°)	90.00	Spessore soletta superiore (m)	0.60
Altezza interna scatolare (m)	2.90	Spessore soletta inferiore (m)	1.00
Larghezza interna scatolare (m)	23.00	Larghezza piedritti (m)	0.60
Lunghezza dello scatolare (m)	24.00	Larghezza cordolo sbalzo (m)	0.75
Larghezza sbalzi da soletta superiore (m)	1.50	Larghezza percorso centrale (m)	2.50
Altezza percorso centrale oltre soletta (m)	0.44	Larghezza setti (m)	0.60
Altezza sbalzo oltre soletta (m)	0.20		
Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	45	Dati per analisi sismica NTC 2008:	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	24.00	$K_h =$	0.092
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	21.00	$S_s =$	1.800
		$S_T =$	1.00
		$\beta_m =$	1.00
		$a_g/g =$	0.051
		$K_v =$	0.046
Dimensioni in asse scatolare:			
Angolo inclinazione sottovia (°)	90.00		
Altezza (m)	3.70		
Larghezza sezione retta (m)	23.60		
Larghezza direzione strada (m)	23.60		
Larghezza soletta superiore (m)	27.20		
Lunghezza (m)	24.00		
ANALISI DEI CARICHI			
Spessore soletta superiore (m)	0.60		
Spessore soletta inferiore (m)	1.00		
Larghezza piedritti (m)	0.60		
Larghezza setti (m)	0.60		
Spessore pavimentazione (m)	0.10		
Spessore ricoprimento (m)	0.15		
CARICHI PERMANENTI VERTICALI			
Pesi propri:			
Soletta sup. (kN/mq)	15.00	Sbalzo (kN/mq)	5.00
Soletta inf. (kN/mq)	25.00	Zona centrale (kN/mq)	11.00
Piedritti (kN/mq)	15.00		
Setti (kN/mq)	15.00		
Sovraccarichi permanenti soletta superiore:			
Pavimentazione (kN/mq)	3.00		
Ricoprimento (kN/mq)	3.60		
Totale (kN/mq)	6.60		
Barriera stradale (kN/m)	1.00		
Tubo scarico acqua (kN/m)	1.50		

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 1			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	600		
Larghezza di ripartizione lungo Y (m) =	2.70		
Lunghezza di ripartizione lungo X (m)	3.50		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	72.49	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo X	
Carico stradale q1k (kN/mq)	9.00	* da applicare all'infuori il Q1k	
RITIRO			
Si considera una variazione uniforme di temperatura della soletta di copertura			-7.3 °C
VARIAZIONE TERMICA			
Variazione termica uniforme		±15°C	
AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su soletta sup. (kN/m)	54.72		
Forza orizzontale su piedritti (kN/mq)	1.38		
Forza orizzontale su setti (kN/mq)	1.38		
Forza verticale soletta percorso (kN/mq)	1.19		
Forza verticale su sbalzi (kN/mq)	0.92		
Forza verticale su soletta sup. (kN/mq)	0.99		
Inerzia barriera (kN/m)	0.05		
Inerzia tubo (kN/m)	0.07		
REAZIONE DEL TERRENO			
Coeff. di Winkler (kN/mc)		40000	
	Area influenza (mq)	Fv	Fh
Nodo estremo sx-dx	0.350	14000	74000
Nodo	0.700	28000	
Nodo piedritto 29	0.76875	30750	
Nodo interni laterali	0.8375	33500	
Nodo interni centrali	0.8042	32168	
Nodo setto 31	0.821	32834	
Nodo setto centrale 32	0.8042	32168	
Nodo setto centrale 33	0.8403	33612	
Nodo interni laterali	0.8765	35060	
Nodo setto 31	0.8765	35060	
Nodo setto 30	0.7882	31528	
CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 2			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	400		
Larghezza di ripartizione lungo y (m) =	1.45		
Lunghezza di ripartizione lungo x (m)	3.70		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	77.06	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo x	
Carico stradale q1k (kN/mq)	2.50	* da applicare all'infuori il Q1k	
URTO VEICOLO IN SVIO			
Si considera una forza orizzontale trasversale applicata ad una quota h misurata dal piano viario che risulta la minore tra:			
1) altezza della barriera - 0.10 m			
2) 1.00 m			
Barriera laterale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.43	m	
Momento alla base =	286.0	KNm	
Barriera centrale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.67	m	
Momento alla base =	334.0	KNm	

SEZIONE 8₁

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO SCATOLARE			
Angolo inclinazione (°)	90.00	Spessore soletta superiore (m)	0.60
Altezza interna scatolare (m)	3.07	Spessore soletta inferiore (m)	1.00
Larghezza interna scatolare (m)	20.82	Larghezza piedritti (m)	0.60
Lunghezza dello scatolare (m)	24.00	Larghezza cordolo sbalzo (m)	0.75
Larghezza sbalzi da soletta superiore (m)	1.50	Larghezza percorso centrale (m)	2.50
Altezza percorso centrale oltre soletta (m)	0.44	Larghezza setti (m)	0.60
Altezza sbalzo oltre soletta (m)	0.20		
Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	45	Dati per analisi sismica NTC 2008:	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	24.00	$K_h =$	0.092
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	21.00	$S_s =$	1.800
		$S_T =$	1.00
		$\beta_m =$	1.00
		$a_g/g =$	0.051
		$K_v =$	0.046
Dimensioni in asse scatolare:			
Angolo inclinazione sottovia (°)	90.00		
Altezza (m)	3.87		
Larghezza sezione retta (m)	21.42		
Larghezza direzione strada (m)	21.42		
Larghezza soletta superiore (m)	25.02		
Lunghezza (m)	24.00		
ANALISI DEI CARICHI			
Spessore soletta superiore (m)	0.60		
Spessore soletta inferiore (m)	1.00		
Larghezza piedritti (m)	0.60		
Larghezza setti (m)	0.60		
Spessore pavimentazione (m)	0.10		
Spessore ricoprimento (m)	0.15		
CARICHI PERMANENTI VERTICALI			
Pesi propri:			
Soletta sup. (kN/mq)	15.00	Sbalzo (kN/mq)	5.00
Soletta inf. (kN/mq)	25.00	Zona centrale (kN/mq)	11.00
Piedritti (kN/mq)	15.00		
Setti (kN/mq)	15.00		
Sovraccarichi permanenti soletta superiore:			
Pavimentazione (kN/mq)	3.00		
Ricoprimento (kN/mq)	3.60		
Totale (kN/mq)	6.60		
Barriera stradale (kN/m)	1.00		
Tubo scarico acqua (kN/m)	1.50		

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 1			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	600		
Larghezza di ripartizione lungo Y (m) =	2.70		
Lunghezza di ripartizione lungo X (m)	3.50		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	72.49	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo X	
Carico stradale q1k (kN/mq)	9.00	* da applicare all'infuori il Q1k	
RITIRO			
Si considera una variazione uniforme di temperatura della soletta di copertura			-7.3 °C
VARIAZIONE TERMICA			
Variazione termica uniforme		±15°C	
AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su soletta sup. (kN/m)	50.40		
Forza orizzontale su piedritti (kN/mq)	1.38		
Forza orizzontale su setti (kN/mq)	1.38		
Forza verticale soletta percorso (kN/mq)	1.19		
Forza verticale su sbalzi (kN/mq)	0.92		
Forza verticale su soletta sup. (kN/mq)	0.99		
Inerzia barriera (kN/m)	0.05		
Inerzia tubo (kN/m)	0.07		
REAZIONE DEL TERRENO			
Coeff. di Winkler (kN/mc)		40000	
	Area influenza (mq)	Fv	Fh
Nodo estremo sx-dx	0.350	14000	77400
Nodo	0.700	28000	
Nodo piedritto	0.76875	30750	
Nodo interni laterali	0.8375	33500	
Nodo interni centrali	0.8042	32168	
Nodo setti 31-33	0.821	32834	
Nodo setto centrale 32	0.8042	32168	
CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 2			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	400		
Larghezza di ripartizione lungo y (m) =	1.45		
Lunghezza di ripartizione lungo x (m)	3.70		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	77.06	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo x	
Carico stradale q1k (kN/mq)	2.50	* da applicare all'infuori il Q1k	
URTO VEICOLO IN SVIO			
Si considera una forza orizzontale trasversale applicata ad una quota h misurata dal piano viario che risulta la minore tra:			
1) altezza della barriera - 0.10 m			
2) 1.00 m			
Barriera laterale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.43	m	
Momento alla base =	286.0	KNm	
Barriera centrale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.67	m	
Momento alla base =	334.0	KNm	

SEZIONE 99

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO SCATOLARE			
Angolo inclinazione (°)	90.00	Spessore soletta superiore (m)	0.60
Altezza interna scatolare (m)	6.40	Spessore soletta inferiore (m)	1.00
Larghezza interna scatolare (m)	8.95	Larghezza piedritti (m)	0.60
Lunghezza dello scatolare (m)	24.00	Larghezza cordolo sbalzo (m)	0.75
Larghezza sbalzi da soletta superiore (m)	1.50	Larghezza percorso centrale (m)	0.00
Altezza percorso centrale oltre soletta (m)	0.00	Larghezza setti (m)	0.60
Altezza sbalzo oltre soletta (m)	0.20		
Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	45	Dati per analisi sismica NTC 2008:	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	24.00	$K_h =$	0.092
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	21.00	$S_s =$	1.800
		$S_T =$	1.00
		$\beta_m =$	1.00
		$a_g/g =$	0.051
		$K_v =$	0.046
Dimensioni in asse scatolare:			
Angolo inclinazione sottovia (°)	90.00		
Altezza (m)	7.20		
Larghezza sezione retta (m)	9.55		
Larghezza direzione strada (m)	9.55		
Larghezza soletta superiore (m)	11.65		
Lunghezza (m)	24.00		
ANALISI DEI CARICHI			
Spessore soletta superiore (m)	0.60		
Spessore soletta inferiore (m)	1.00		
Larghezza piedritti (m)	0.60		
Larghezza setti (m)	0.60		
Spessore pavimentazione (m)	0.10		
Spessore ricoprimento (m)	0.15		
CARICHI PERMANENTI VERTICALI			
Pesi propri:			
Soletta sup. (kN/mq)	15.00	Sbalzo (kN/mq)	5.00
Soletta inf. (kN/mq)	25.00	Zona centrale (kN/mq)	0.00
Piedritti (kN/mq)	15.00		
Setti (kN/mq)	15.00		
Sovraccarichi permanenti soletta superiore:			
Pavimentazione (kN/mq)	3.00		
Ricoprimento (kN/mq)	3.60		
Totale (kN/mq)	6.60		
Barriera stradale (kN/m)	1.00		
Tubo scarico acqua (kN/m)	1.50		

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 1			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	600		
Larghezza di ripartizione lungo Y (m) =	2.70		
Lunghezza di ripartizione lungo X (m)	3.50		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	72.49	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo X	
Carico stradale q1k (kN/mq)	9.00	* da applicare all'infuori il Q1k	
RITIRO			
Si considera una variazione uniforme di temperatura della soletta di copertura			-7.3 °C
VARIAZIONE TERMICA			
Variazione termica uniforme		±15°C	
AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su soletta sup. (kN/m)	22.88		
Forza orizzontale su piedritti (kN/mq)	1.38		
Forza orizzontale su setti (kN/mq)	1.38		
Forza verticale soletta percorso (kN/mq)	0.69		
Forza verticale su sbalzi (kN/mq)	0.92		
Forza verticale su soletta sup. (kN/mq)	0.99		
Inerzia barriera (kN/m)	0.05		
Inerzia tubo (kN/m)	0.07		
REAZIONE DEL TERRENO			
Coeff. di Winkler (kN/mc)		40000	
	Area influenza (mq)	Fv	Fh
Nodo estremo sx-dx	0.350	14000	144000
Nodo	0.700	28000	
Nodo piedritto	0.72500	29000	
Nodo interni laterali	0.7500	30000	
Nodo interni centrali	0.7500	30000	
CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE - SCHEMA DI CARICO 2			
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	400		
Larghezza di ripartizione lungo y (m) =	1.45		
Lunghezza di ripartizione lungo x (m)	3.70		
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	77.06	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo x	
Carico stradale q1k (kN/mq)	2.50	* da applicare all'infuori il Q1k	
URTO VEICOLO IN SVIO			
Si considera una forza orizzontale trasversale applicata ad una quota h misurata dal piano viario che risulta la minore tra:			
1) altezza della barriera - 0.10 m			
2) 1.00 m			
Barriera laterale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.43	m	
Momento alla base =	286.0	KNm	
Barriera centrale			
Forza =	200.0	KN	
quota di applicazione h =	1.67	m	
Momento alla base =	334.0	KNm	

8 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Le combinazioni delle azioni elementari sono sviluppate in accordo al paragrafo 2.5.3 di [N1] per i diversi stati limite.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si riportano per comodità le combinazioni delle azioni riportate nella normativa ponti alla quale è possibile fare riferimento per la simbologia adottata:

– Combinazione fondamentale. generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

– Combinazione caratteristica (rara). generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

– Combinazione frequente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili; utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

– Combinazione quasi permanente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

– Combinazione sismica. impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_x \pm 0.30 \times E_z \text{ oppure } E = \pm 0.30 \times E_x \pm 1.00 \times E_z$$

avendo indicato con E_x e E_z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

I valori dei coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} , ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qk}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{c2}, \gamma_{c3}, \gamma_{c4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
Neve	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
	in esecuzione	0,0	0,0	0,0
Temperatura	SLU e SLE	0,8	0,6	0,5

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
SLU1	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.35
	q5	1.35
	vento	0.9
	term+	0.72
	ritiro	0.72
SLU2	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.35
	q5	1.35
	vento	0.9
	term-	0.72
	ritiro	0.72
SLU3	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	1.5
	term+	0.72
	ritiro	0.72
SLU4	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	1.5
	term-	0.72
	ritiro	0.72

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
SLU5	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	0.9
	term+	1.2
	ritiro	0.72
SLU6	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	0.9
	term-	1.2
	ritiro	0.72
SLU7	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	0.9
	term+	0.72
	ritiro	1.2
SLU8	dead	1.35
	perm	1.5
	q1	1.0125
	q5	1.0125
	vento	0.9
	term-	0.72
	ritiro	1.2

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
SLU9	dead	1.35
	perm	1.5
	neve	1.5
	vento	0.9
	term+	0.72
	ritiro	0.72
SLU10	dead	1.35
	perm	1.5
	neve	1.5
	vento	0.9
	term-	0.72
	ritiro	0.72
SLU11	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	1.5
	term+	0.72
	ritiro	0.72
SLU12	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	1.5
	term-	0.72
	ritiro	0.72

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
SLU13	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	0.9
	term+	1.2
	ritiro	0.72
SLU14	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	0.9
	term-	1.2
	ritiro	0.72
SLU15	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	0.9
	term+	0.72
SLU16	ritiro	1.2
	dead	1.35
	perm	1.5
	vento	0.9
SLU-ECC	term-	0.72
	ritiro	1.2
	q2	1
	dead	1
	perm	1
	urto veicolo	1.5

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

SEIS1	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	0.3
	SismaH	1
	term+	0.5
	ritiro	0
SEIS2	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	-0.3
	SismaH	1
	term+	0.5
	ritiro	0
SEIS3	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	0.3
	SismaH	1
	term-	0.5
	ritiro	0
SEIS4	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	-0.3
	SismaH	1
	term-	0.5
	ritiro	0

SEIS5	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	1
	SismaH	0.3
	term+	0.5
	ritiro	0
SEIS6	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	-1
	SismaH	0.3
	term+	0.5
	ritiro	0
SEIS7	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	1
	SismaH	0.3
	term-	0.5
	ritiro	0
SEIS8	dead	1
	perm	1
	q1	0.2
	SismaV	-1
	SismaH	0.3
	term-	0.5
	ritiro	0

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
CARATTERISTICA1	dead	1
	perm	1
	q1	1
	q5	1
	term+	0.6
	ritiro	0.6
CARATTERISTICA2	dead	1
	perm	1
	q1	1
	q5	1
	term-	0.6
	ritiro	0.6
CARATTERISTICA3	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term+	1
	ritiro	0.6
CARATTERISTICA4	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term-	1
	ritiro	0.6
CARATTERISTICA5	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term+	0.6
	ritiro	1
CARATTERISTICA6	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term-	0.6
	ritiro	1

ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
QUASIPERM-1	dead	1
	perm	1
	term+	0.5
	ritiro	0.5
QUASIPERM-2	dead	1
	perm	1
	term-	0.5
FREQUENTE1	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term+	0.5
	ritiro	0.5
FREQUENTE2	dead	1
	perm	1
	q1	0.75
	q5	0.75
	term-	0.5
	ritiro	0.5

9 ANALISI DEI RISULTATI

Si riportano i risultati grafici ottenuti nelle combinazioni di carico che producono le sollecitazioni massime per i tre modelli analizzati. I valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione ottenuti sono stati utilizzati nelle successive verifiche.

Sollecitazioni Modello 1

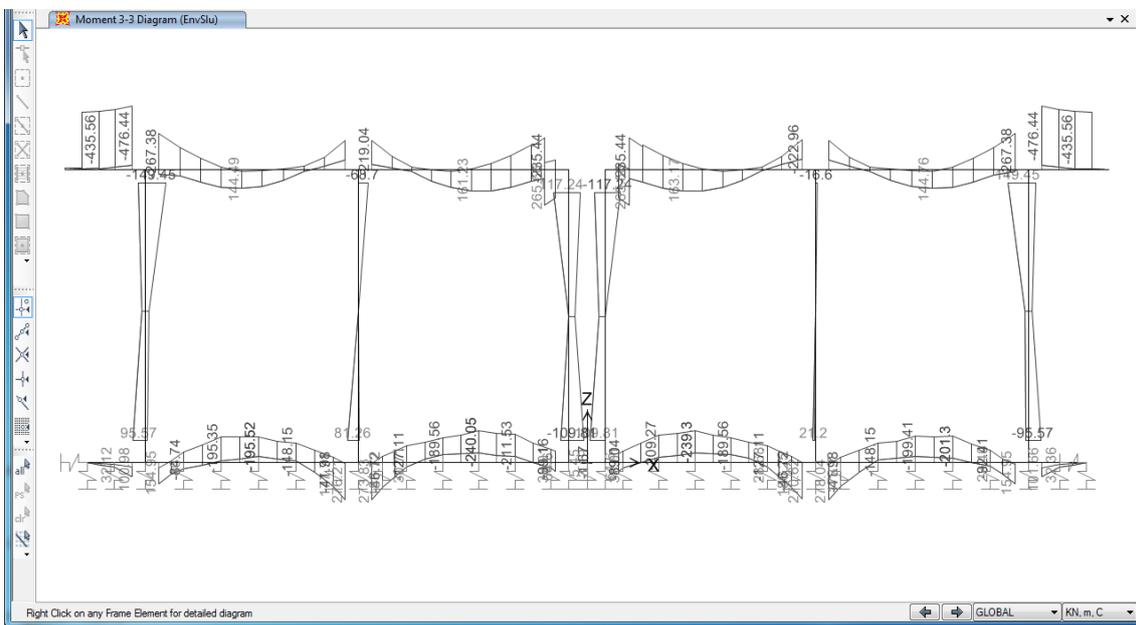


Figura 19 – Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE-SLU

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

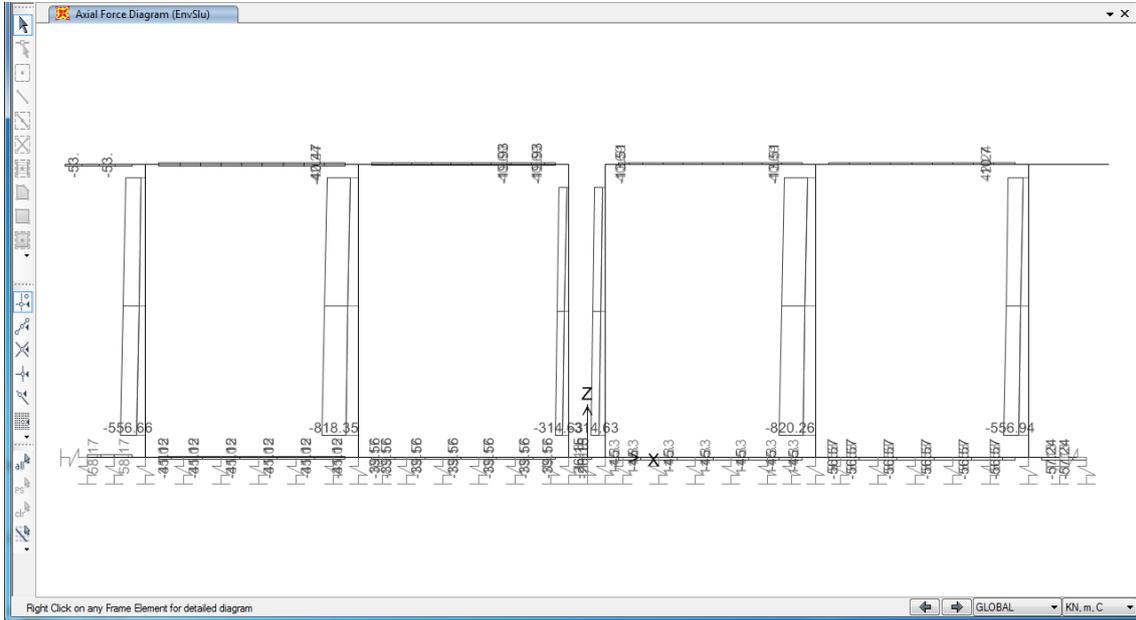


Figura 20 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU

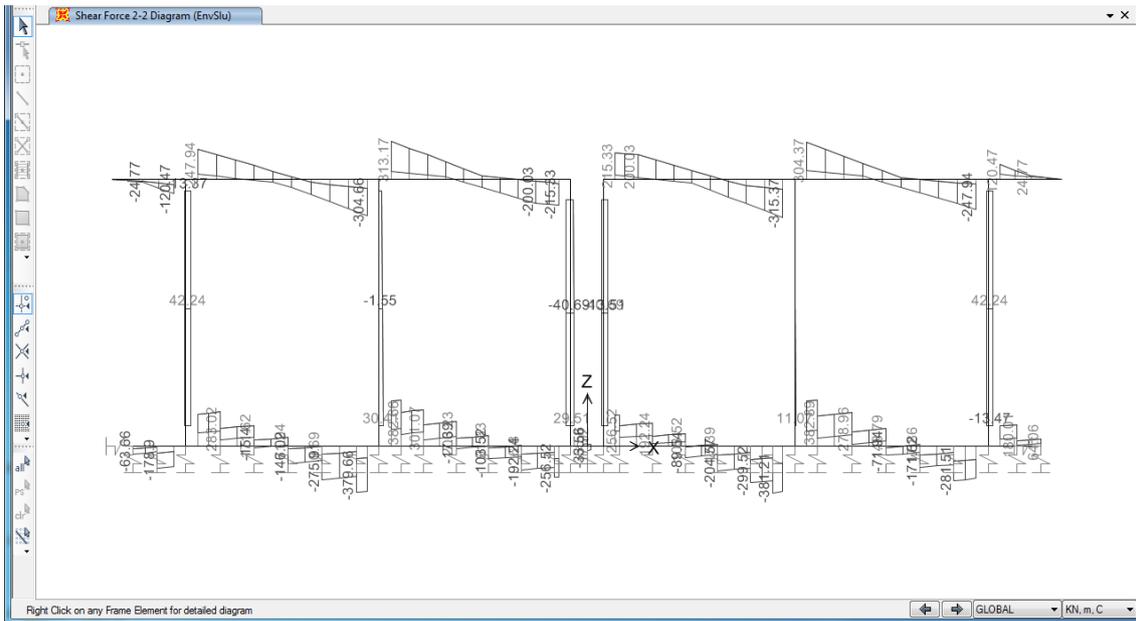


Figura 21 – Diagramma del taglio V22 (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU

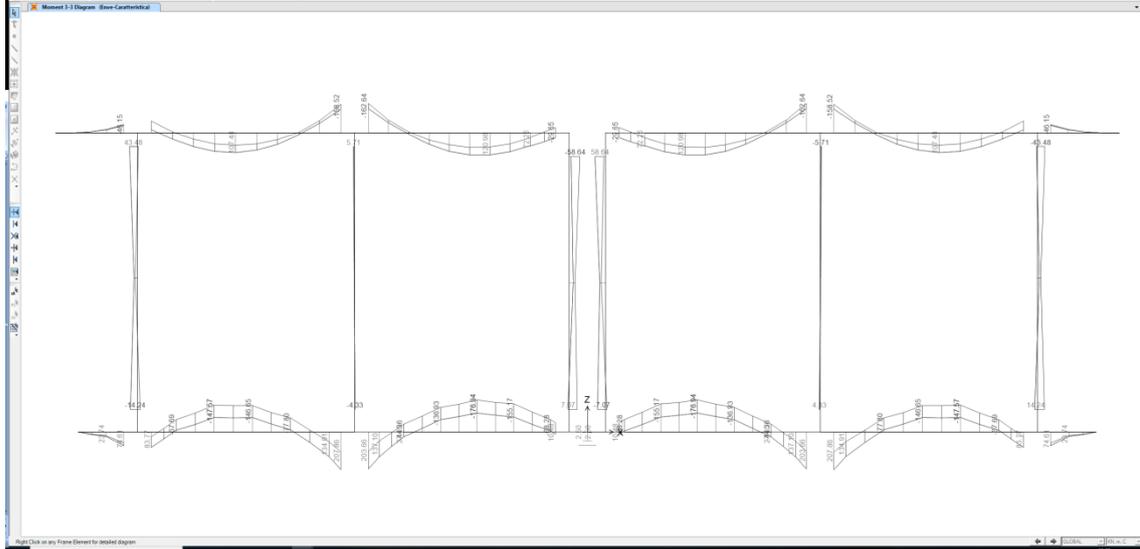


Figura 22 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

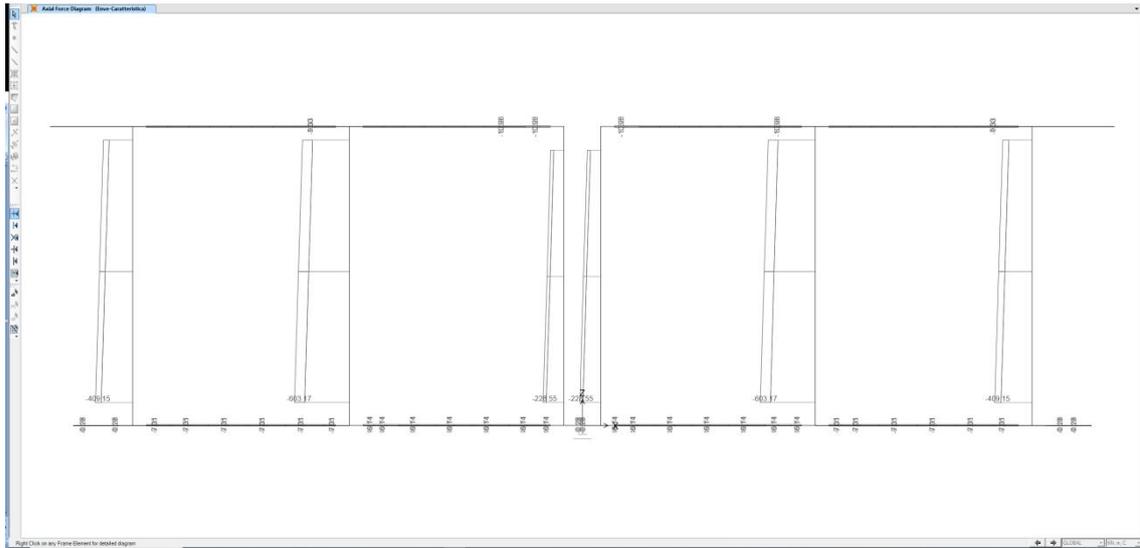


Figura 23 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

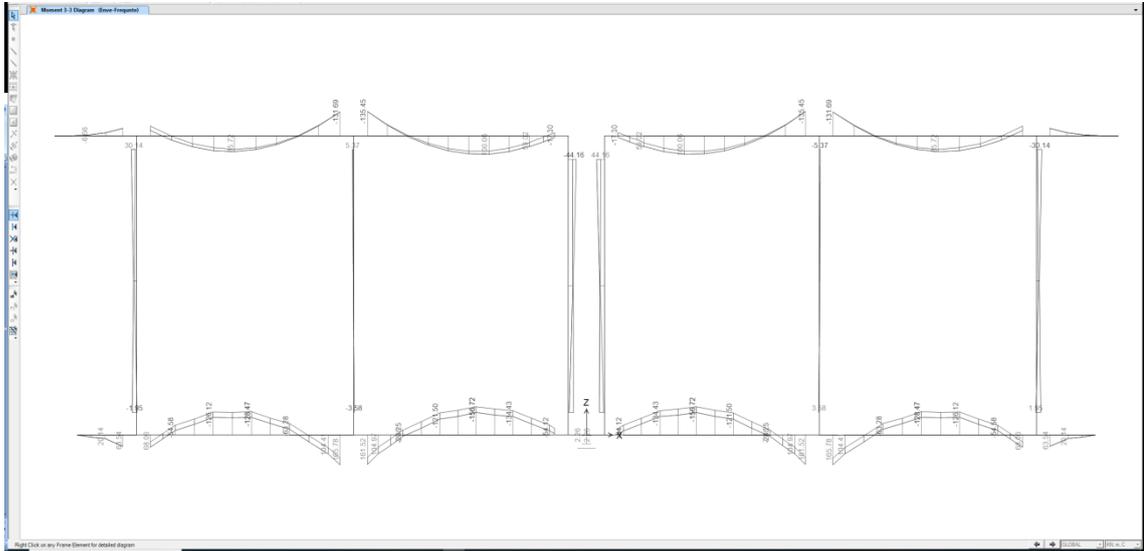


Figura 24 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

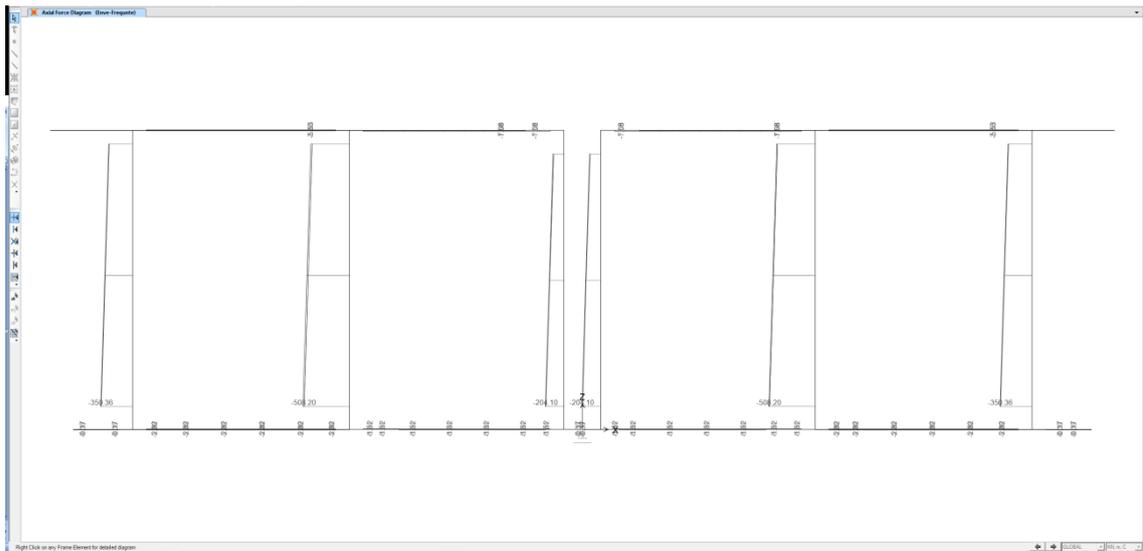


Figura 25 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

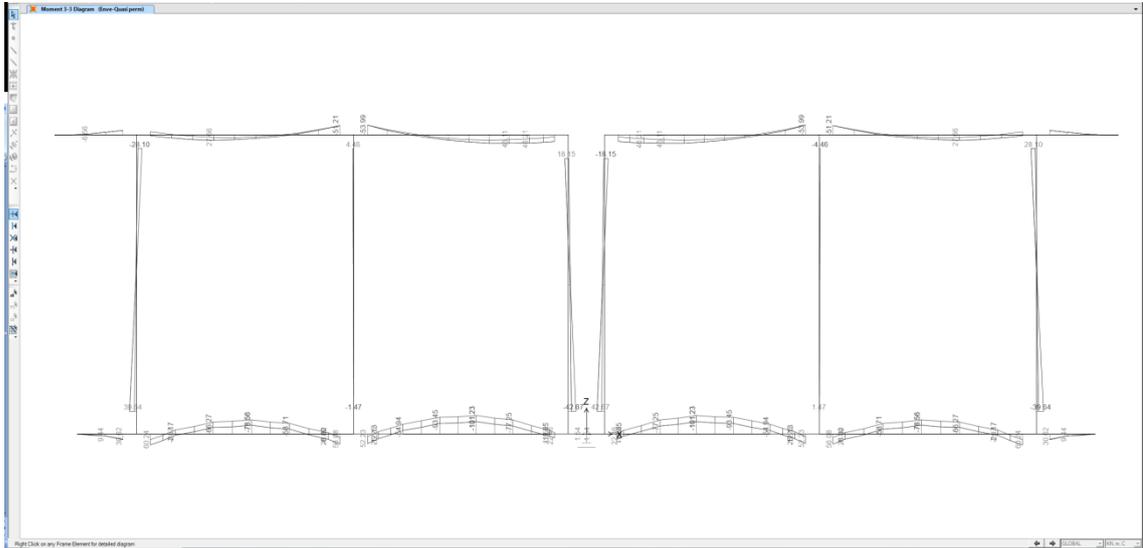


Figura 26 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

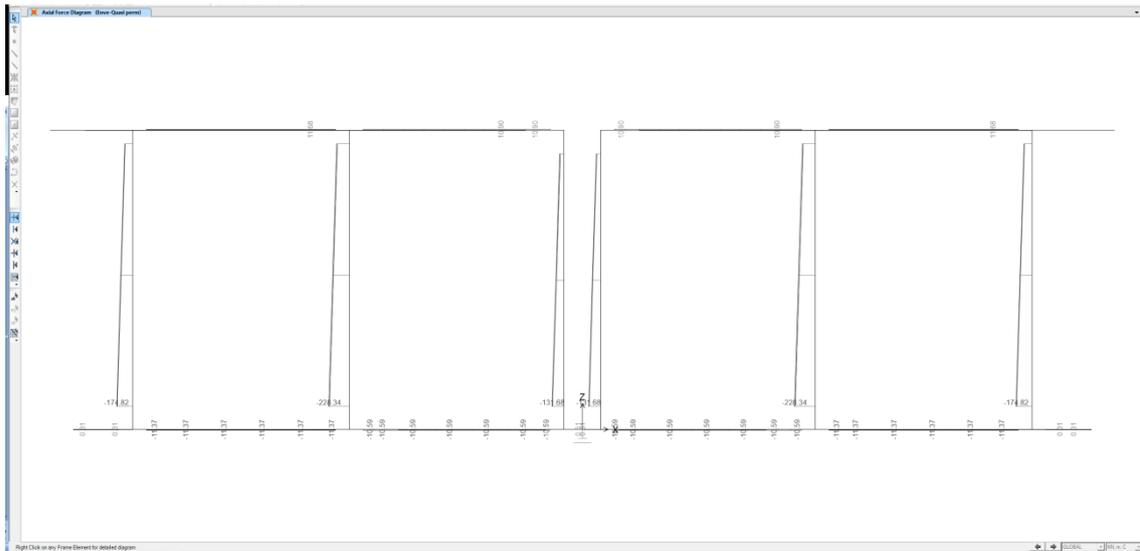


Figura 27 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

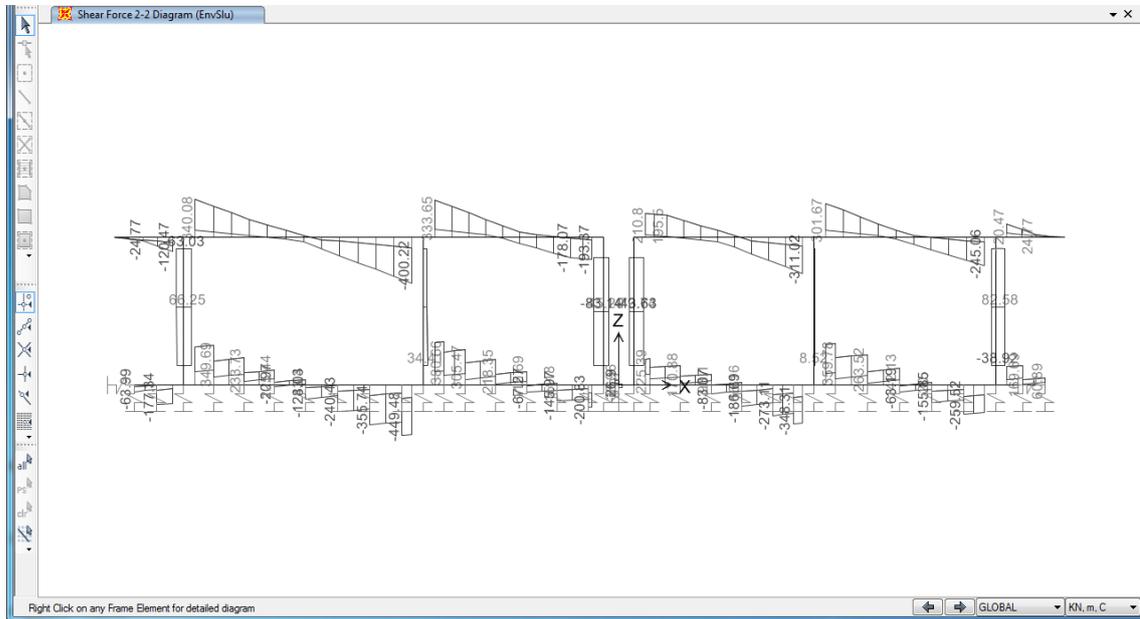


Figura 30 – *Diagramma del taglio V22 (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU*

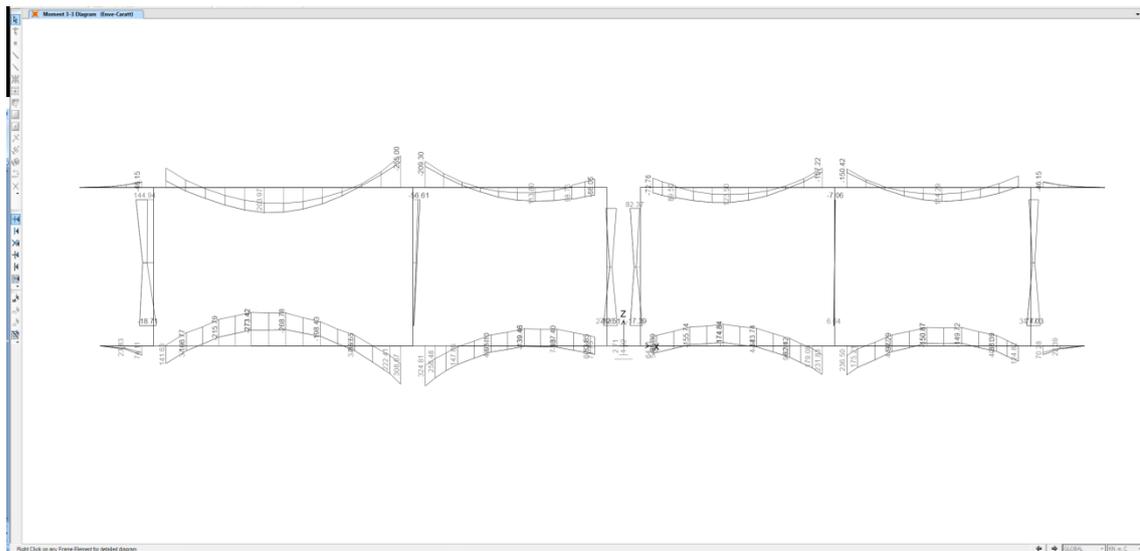


Figura 31 – *Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica*

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

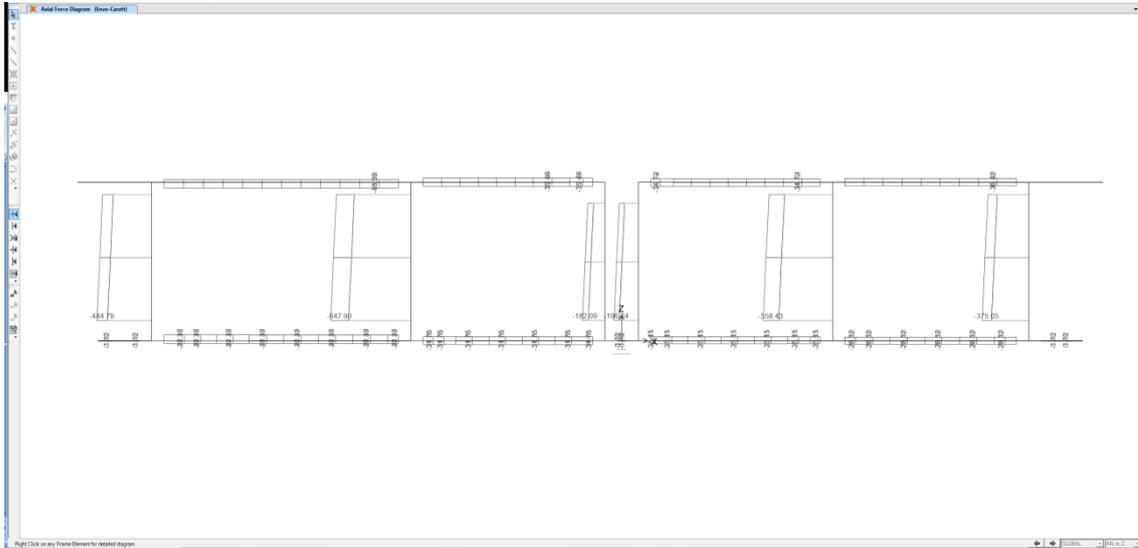


Figura 32 – *Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica*

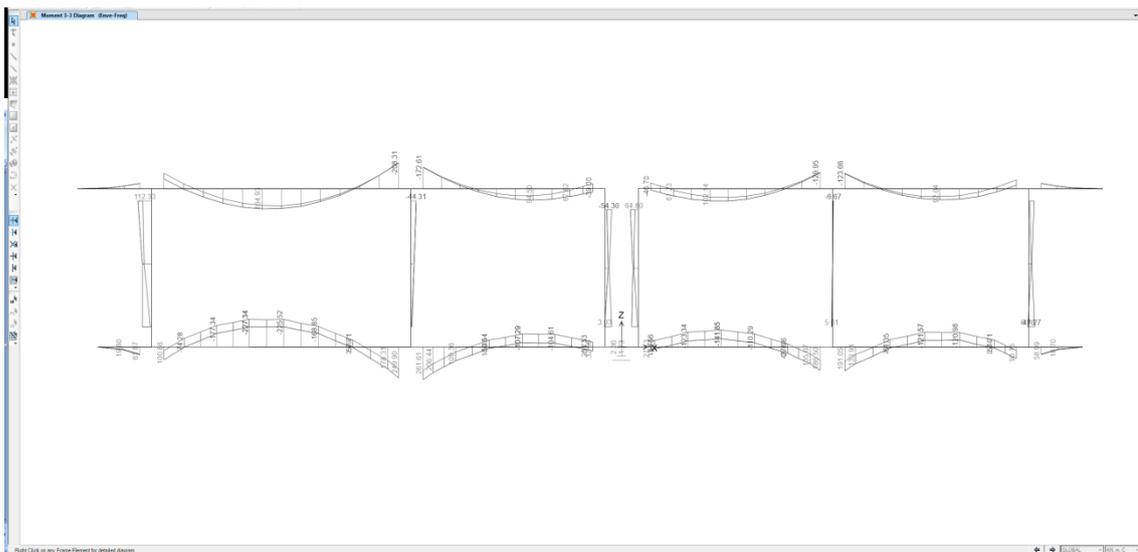


Figura 33 – *Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Frequente*

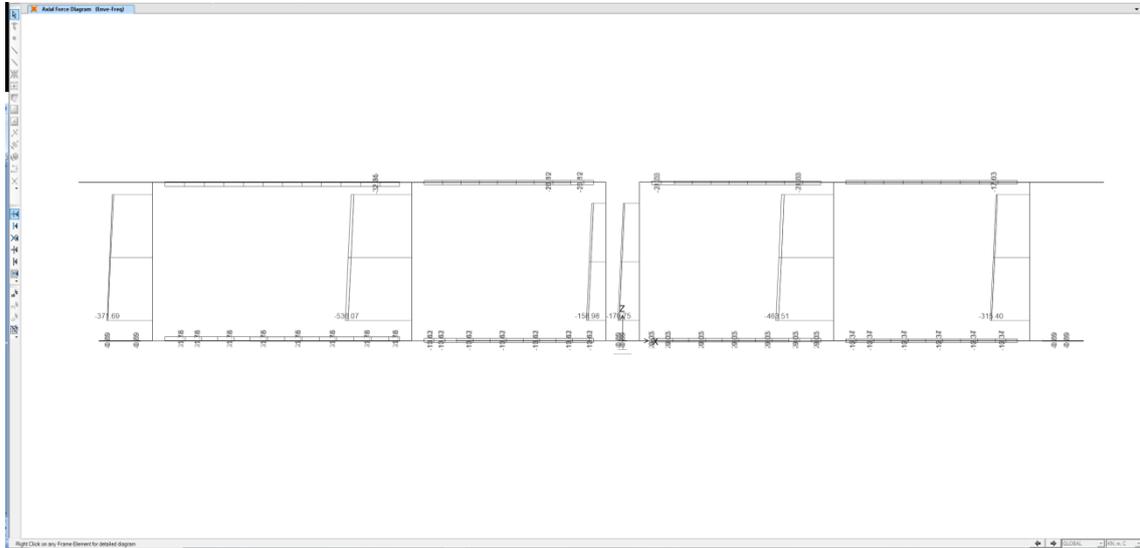


Figura 34 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

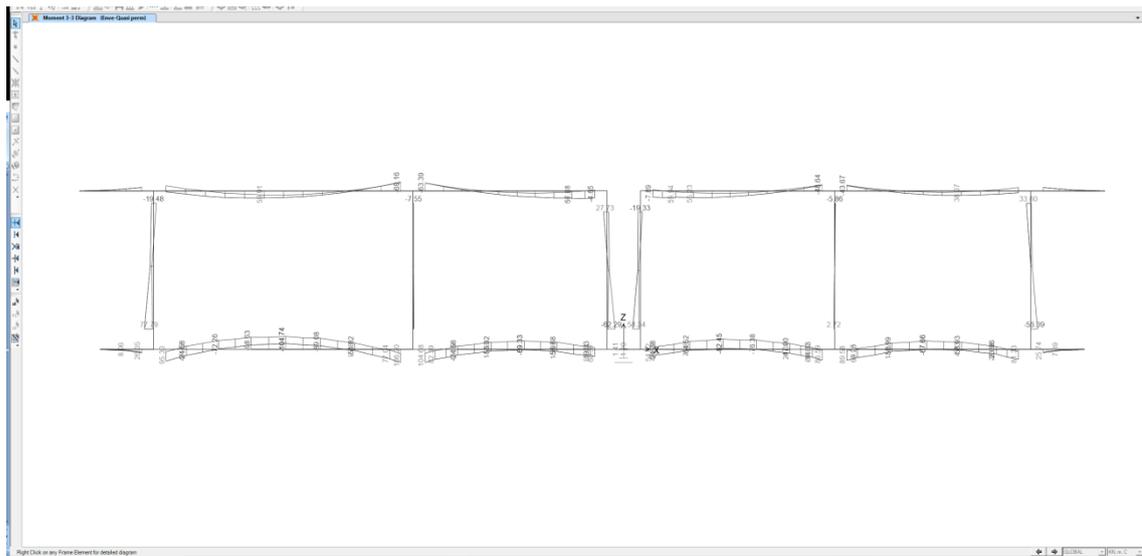


Figura 35 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

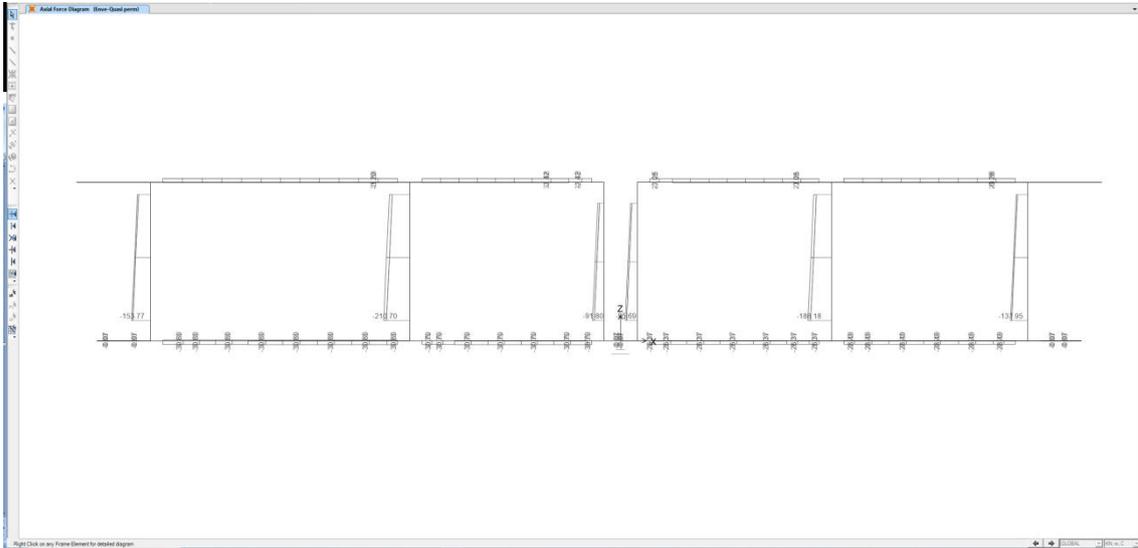


Figura 36 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

Sollecitazioni Modello 3

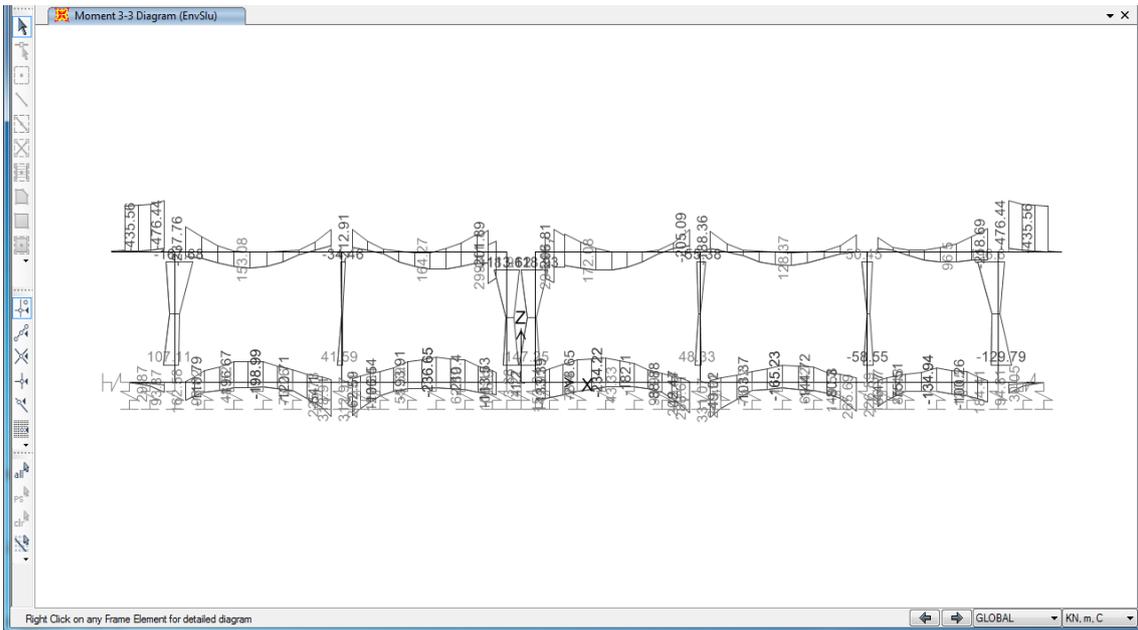


Figura 37 – Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE-SLU

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

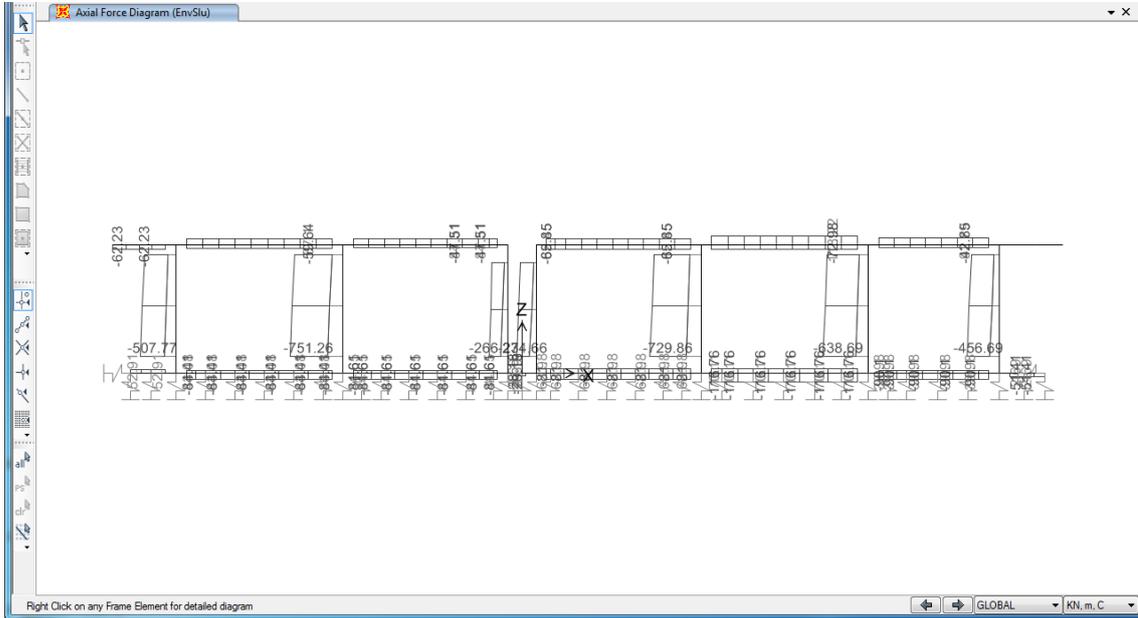


Figura 38 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU

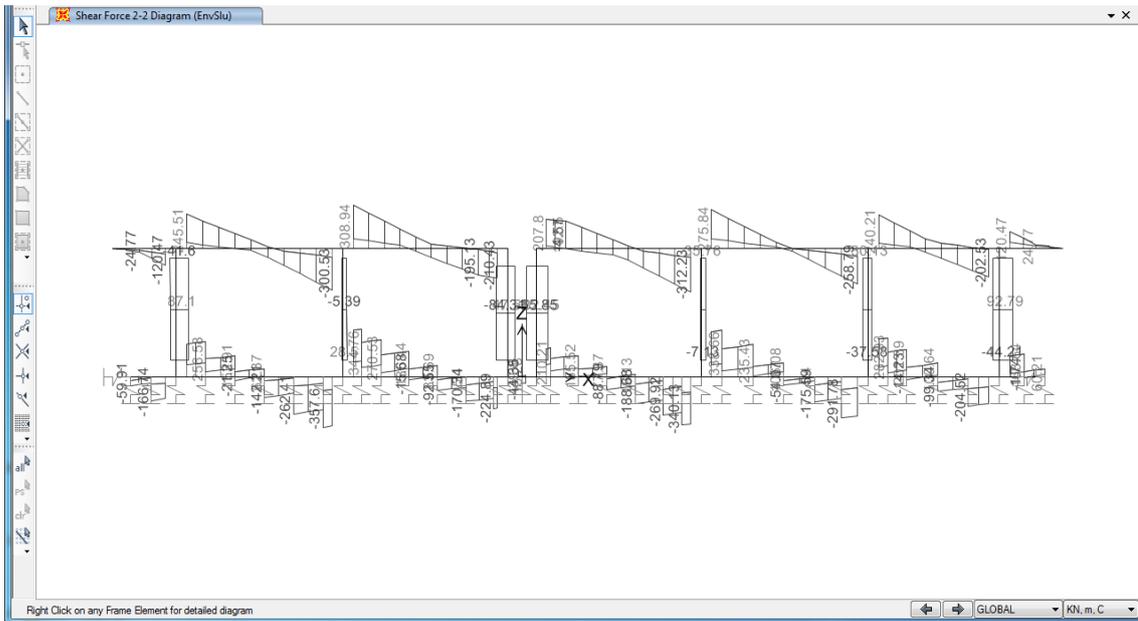


Figura 39 – Diagramma del taglio V22 (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU

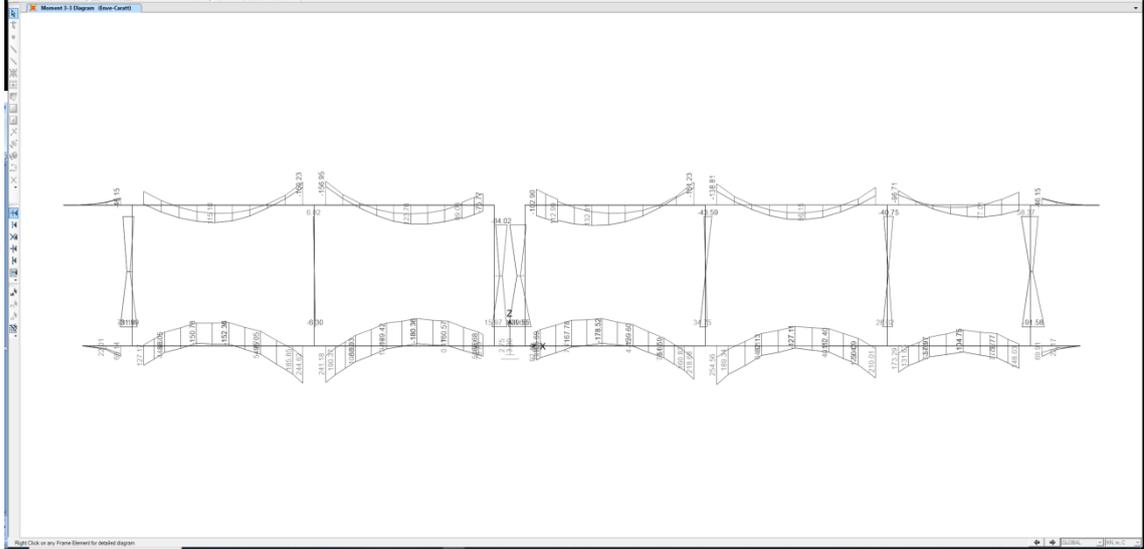


Figura 40 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

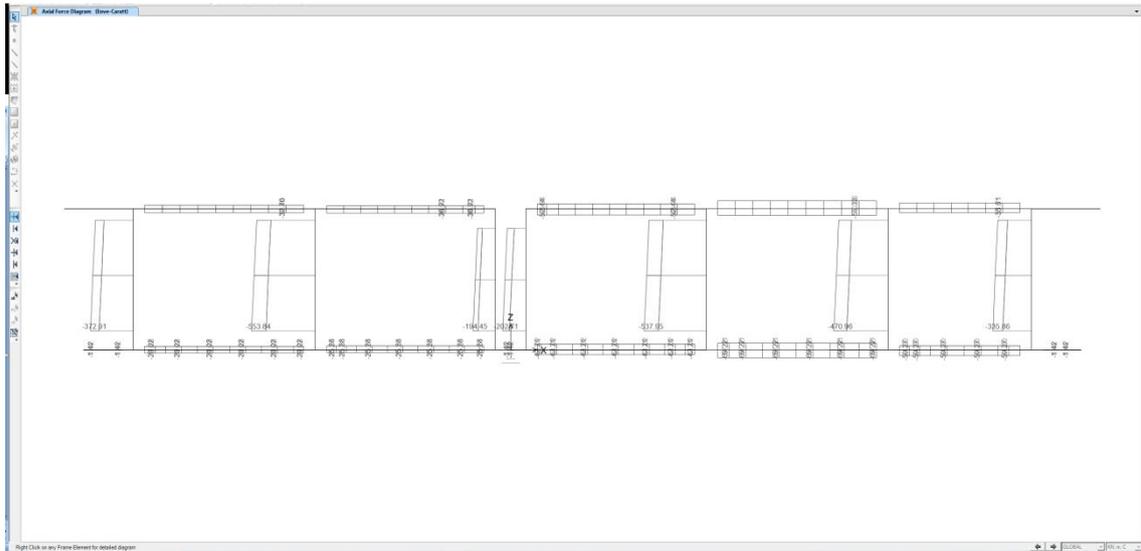


Figura 41 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

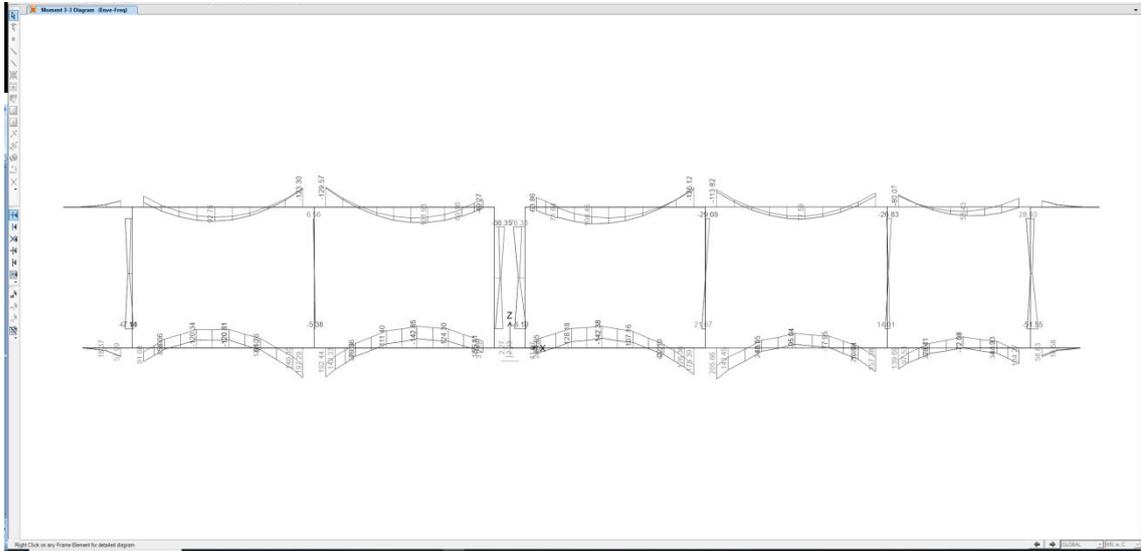


Figura 42 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

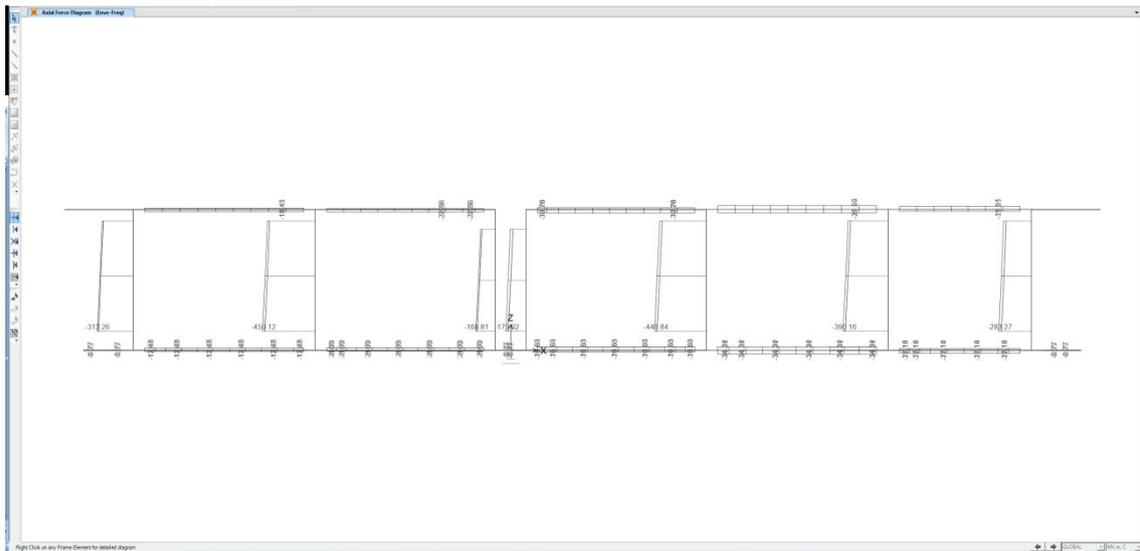


Figura 43 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

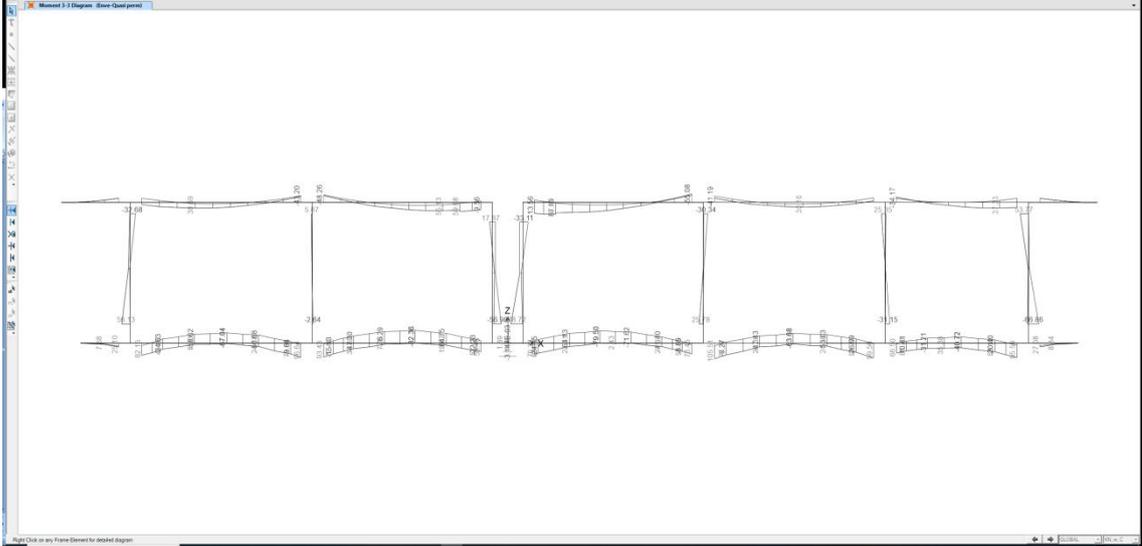


Figura 44 – Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

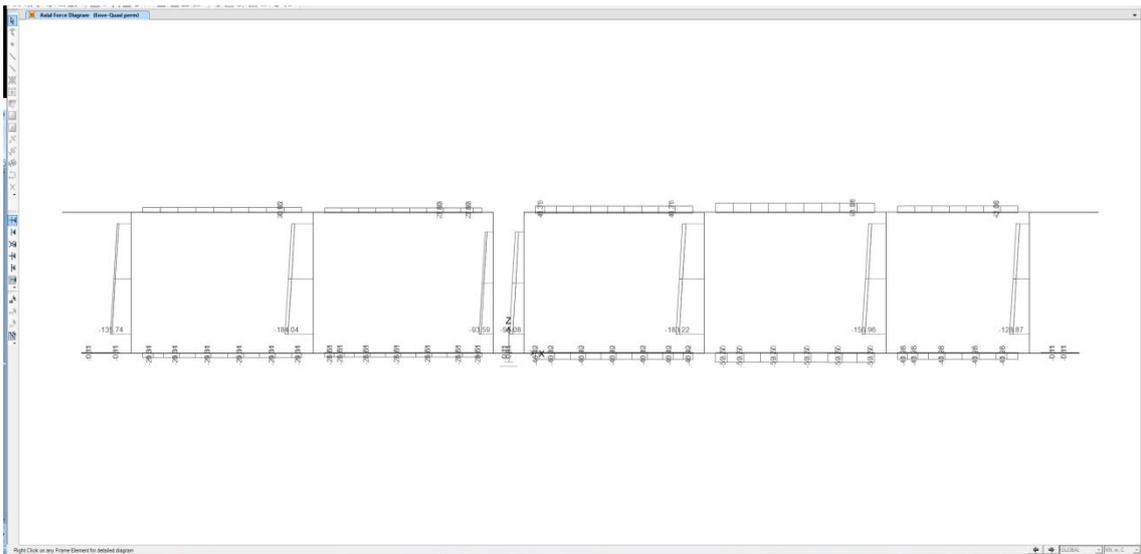


Figura 45 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

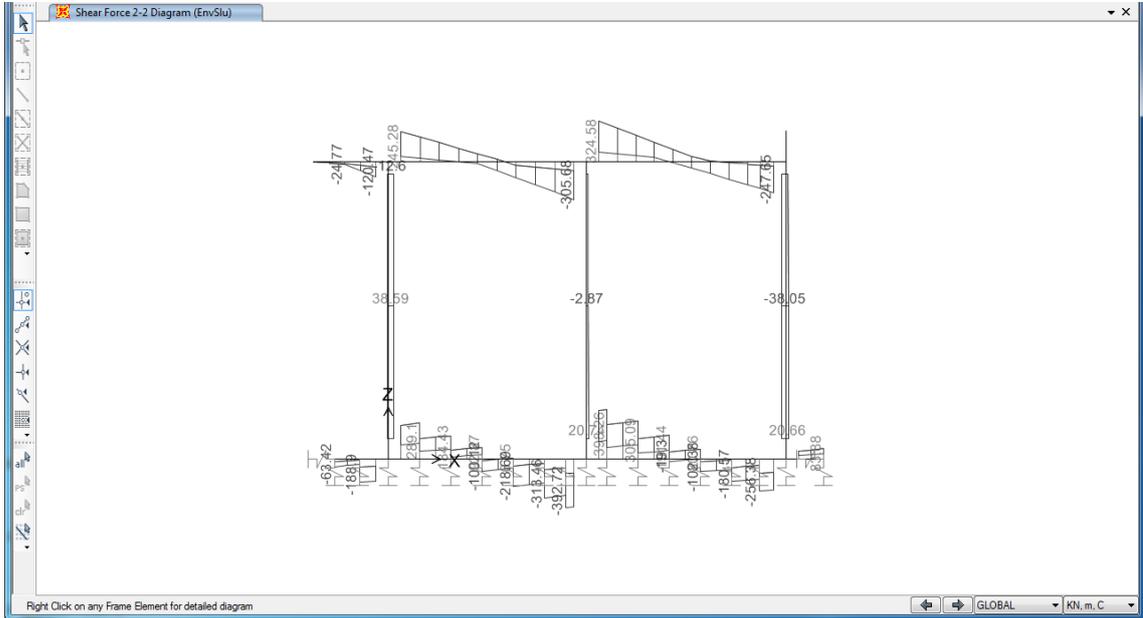


Figura 48 – Diagramma del taglio V22 (kN) per la combinazione di carico ENVE-SLU

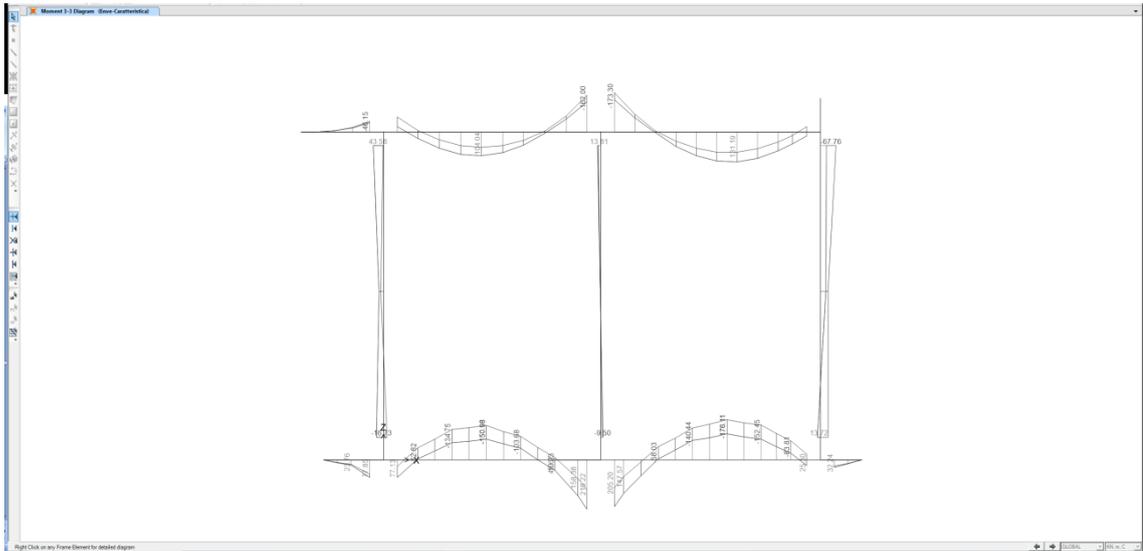


Figura 49 – Diagramma del momento flettente M33 (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

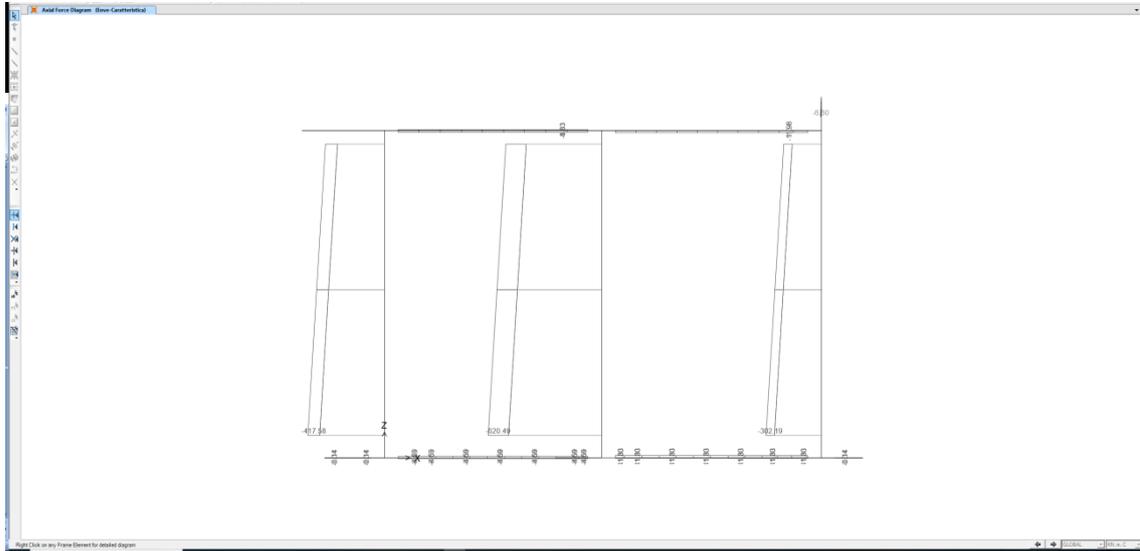


Figura 50 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Caratteristica

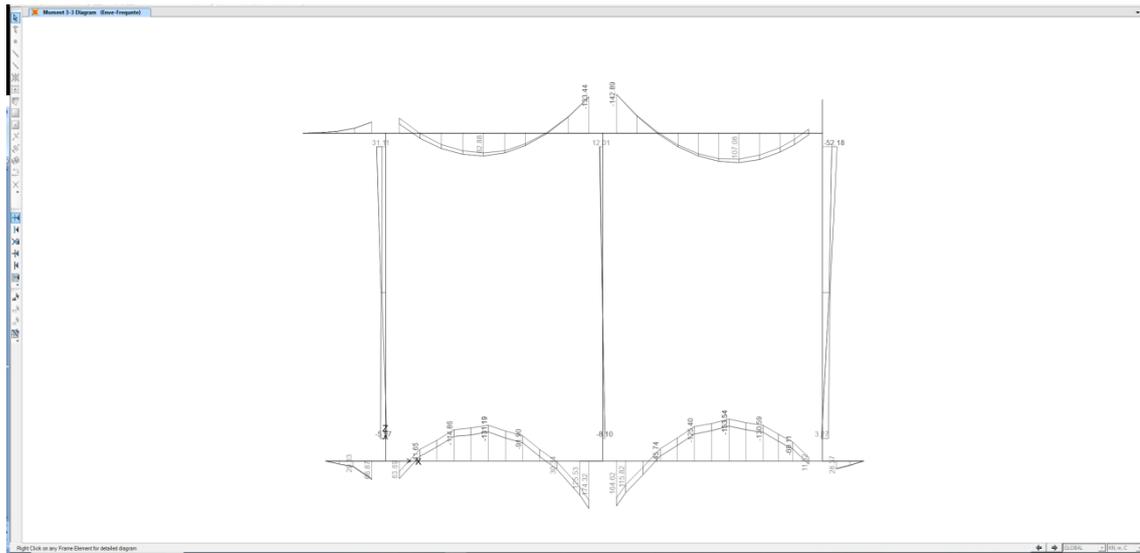


Figura 51 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

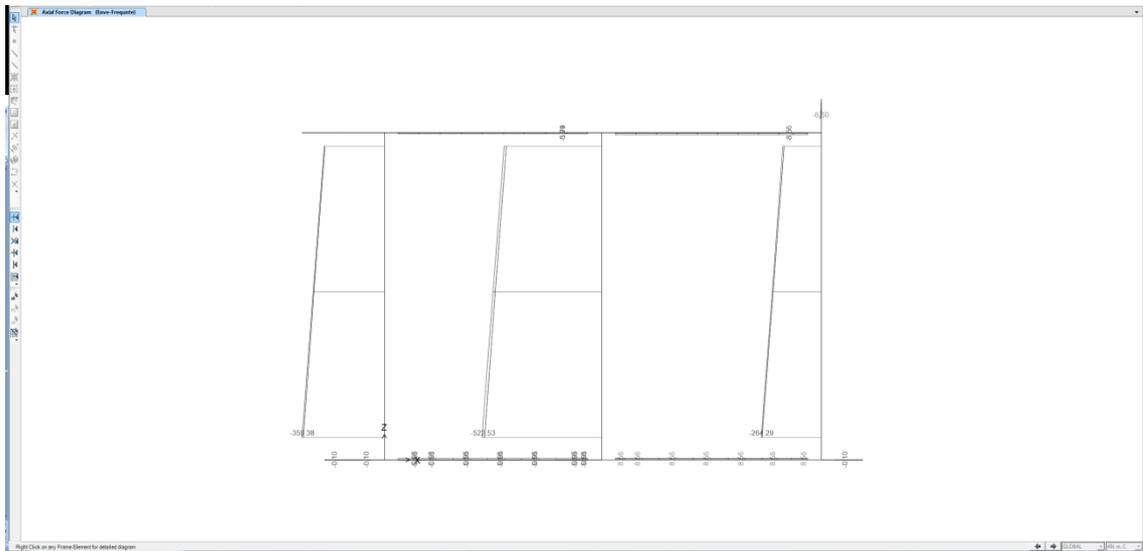


Figura 52 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Frequente

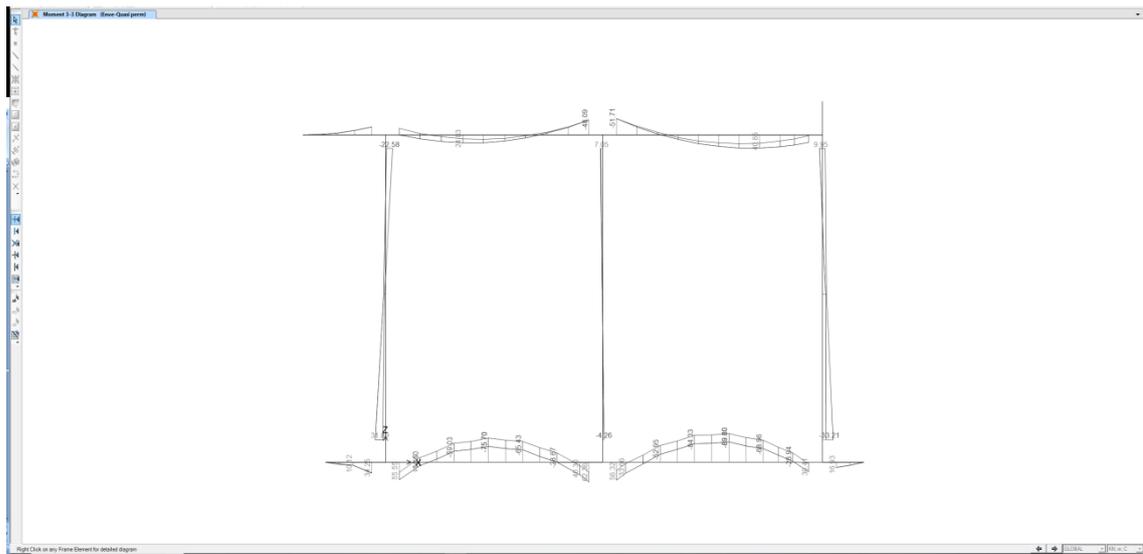


Figura 53 – Diagramma del momento flettente M_{33} (kNm) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

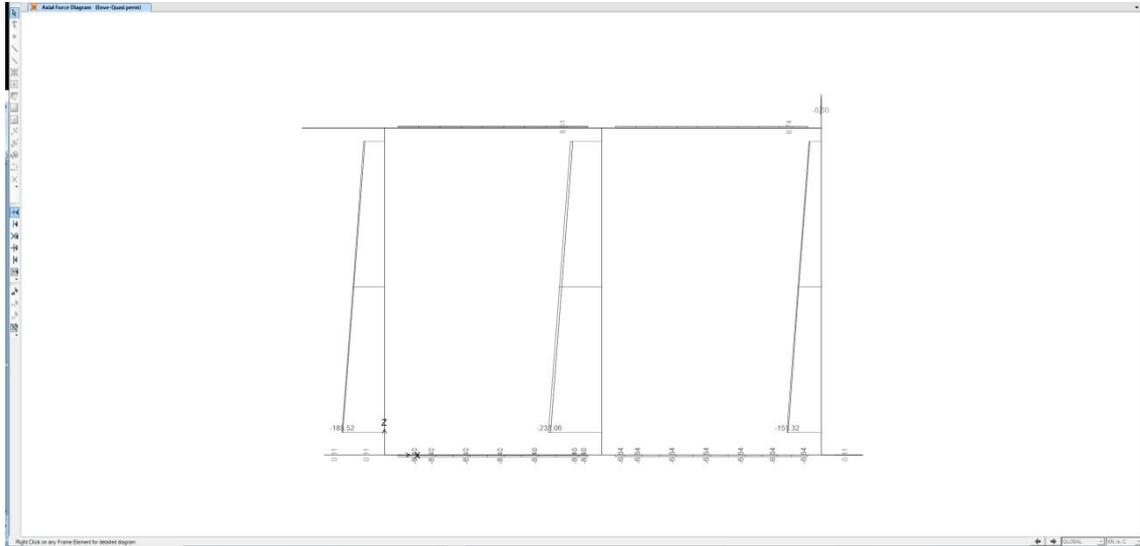


Figura 54 – Diagramma dello sforzo assiale N (kN) per la combinazione di carico ENVE- Quasi perm

9.1 VERIFICHE

Si riportano di seguito le verifiche delle varie membrature che compongono l'opera considerando i valori massimi ottenuti dall'analisi dei tre modelli.

Si riporta di seguito la legenda del modello con indicate le sezioni verificate.

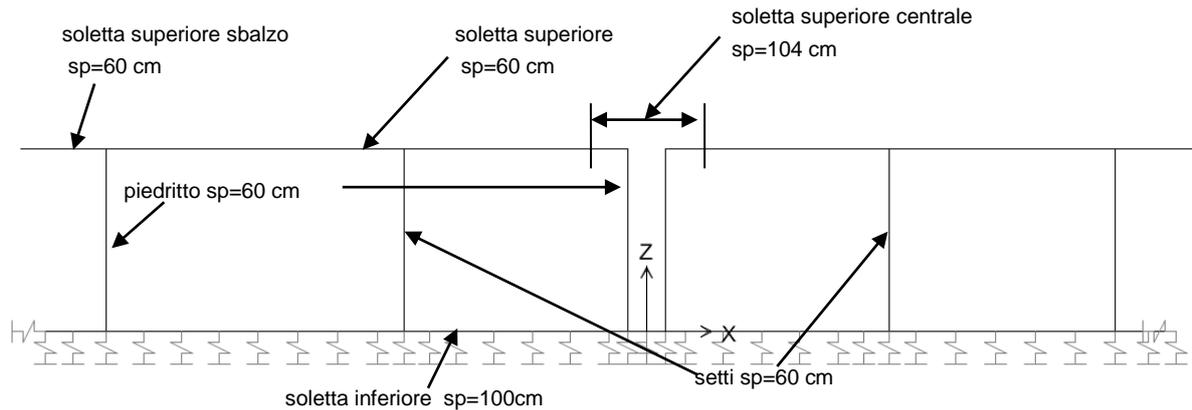


Figura 55 – Legenda sezioni di verifica

9.1.1 Soletta superiore sp=60 cm

La soletta viene armata con una armatura corrente orizzontale formata da $\Phi 22/10$ superiore e $\Phi 22/20$ inferiore.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto che risultano quelle ottenute dal modello 2.

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-10	24	274.1	40	3.6075	SLU2
M3	min	-10	-400	-347.7	40	0.3	SLU2
V2	max	-61	340.08	-210.3	40	5.97	SLU1
V2	min	-10	-400	-347.7	40	0.3	SLU2
P	max	83	-178	-159.9	39	0	SLU-ECC
P	min	-64	-310	-281.1	40	0.3	SLU5

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-2.66	16.83	203.97	40	3.6075	CARATTERISTICA2
M3	min	-2.66	-294.37	-255.00	40	0.3	CARATTERISTICA2
V2	max	-44.52	249.71	-155.95	40	5.97	CARATTERISTICA1
V2	min	-2.66	-294.37	-255.00	40	0.3	CARATTERISTICA2
P	max	32.54	-60.59	89.95	39	0	CARATTERISTICA4
P	min	-48.59	-225.67	-205.31	40	0.3	CARATTERISTICA3

Frequente		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	2.04	12.78	164.93	40	3.6075	FREQUENTE2
M3	min	2.04	-238.48	-208.31	40	0.3	FREQUENTE2
V2	max	13.89	201.46	-172.61	39	3.55	FREQUENTE2
V2	min	2.04	-238.48	-208.31	40	0.3	FREQUENTE2
P	max	13.89	-68.23	63.87	39	0	FREQUENTE2
P	min	-32.85	-229.65	-206.24	40	0.3	FREQUENTE1

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	31.7	-3.3	59.9	40	3.6075	QUASIPERM-2
M3	min	31.7	-74.7	-69.2	40	0.3	QUASIPERM-2
V2	max	31.6	72.4	-63.4	39	3.55	QUASIPERM-2
V2	min	31.7	-74.7	-69.2	40	0.3	QUASIPERM-2
P	max	31.7	-74.7	-69.2	40	0.3	QUASIPERM-2
P	min	-3.2	-65.9	-67.1	40	0.3	QUASIPERM-1

Verifica a taglio

Il valore del taglio limite per cui non risulta necessaria armatura a taglio vale:

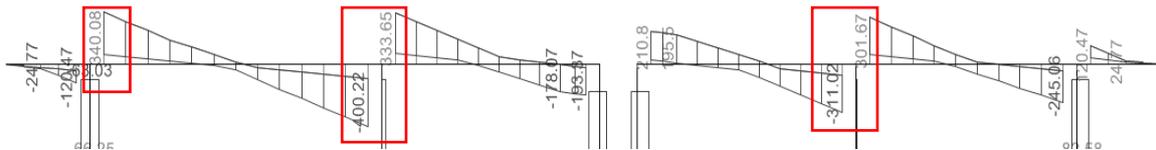
Valore limite del taglio senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

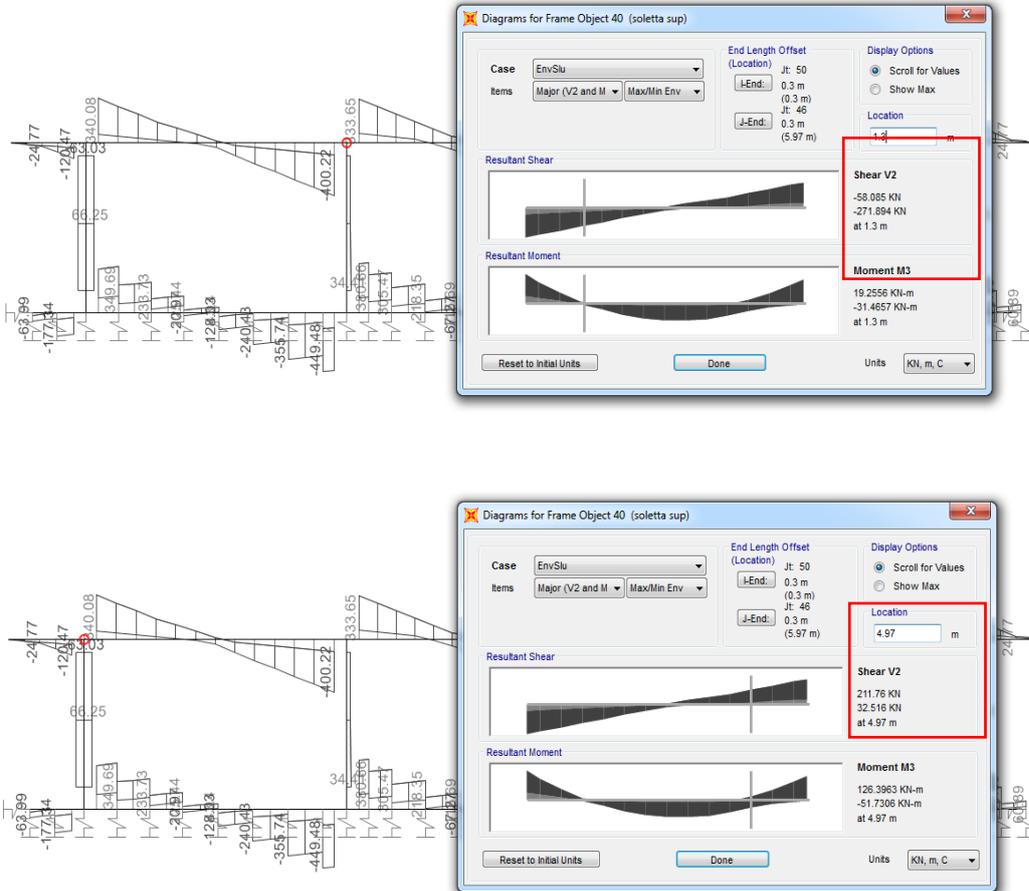
Rck	40 MPa	As	10	Φ	22.0
fck	33.2 MPa	c=	77	mm	
γc	1.5				
h	600 mm				
d	523 mm				
bw	1000 mm				
1+(200/d) ^{1.5}	1.618				
k	1.618				
Asl	3801 mmq				
Asl/(bw · d)	0.0073				
ρ1	0.007				
vmin	0.415				
vmin · bw · d	217152				
V _{Rd}	293.5 KN				

senza considerare il contributo dello sforzo assiale

Come si può vedere dal diagramma riportato sotto nelle zone evidenziate il taglio limite viene superato per cui è necessaria un 'armatura a taglio.



L'armatura a taglio sarà prevista per un tratto pari a 1.0 dal filo dei setti (1.3 da asse) e per un tratto pari a 1.0 dal filo delle pareti esterne (1.3 da asse). Come si può vedere da diagrammi sotto riportati al di fuori dei tratti indicati il taglio limite non viene mai superato per cui non risulta necessaria armatura a taglio.



Verifiche a flessione e taglio

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	192.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	144.00	daN/cm ²	
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.7	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	27410	0	0
2	0	-34770	40000	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	20397
2	0	-25500

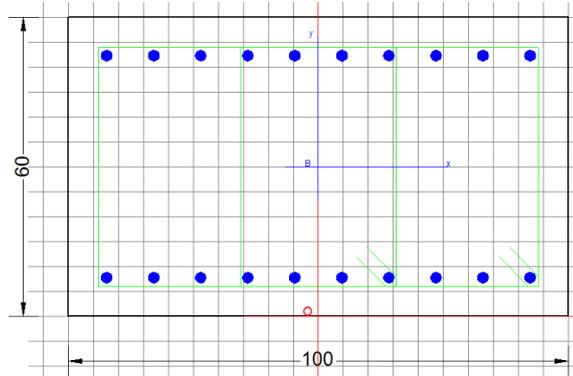
COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	5991 (23853)
2	0	-6916 (-23853)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	9621 (23853)
2	0	-9894 (-23853)

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.4	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	27410	1	71531	2.610	51.5	0.16	0.70	38.0 (9.1)
2	S	0	-34770	1	-71531	2.057	8.5	0.16	0.70	38.0 (9.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00032	52.3	-0.01810	7.7
2	0.00350	0.0	0.00032	7.7	-0.01810	52.3

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.5	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.1	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	0	28993	213346	40646	100.0 52.3	1.000	1.000	0.0
2	S	40000	28993	213346	40646	100.0 52.3	1.000	1.000	21.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	37.8	60.0	0.0	42.9	-1165	52.3	14.3	1429	38.0	9.4
2	S	47.3	0.0	0.0	17.1	-1457	7.7	14.3	1429	38.0	9.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00071	0.00028	0.50	0.60	0.000350 (0.000350)	365	0.128 (990.00)	23853
2	S	-0.00089	0.00035	0.50	0.60	0.000437 (0.000437)	365	0.159 (990.00)	-23853

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.2	60.0	0.0	42.8	-342	52.3	14.3	1429	38.0	9.4
2	S	12.9	0.0	0.0	17.2	-395	7.7	14.3	1429	38.0	9.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	------	-----	----	---------

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

1	S	-0.00021	0.00008	0.50	0.60	0.000103 (0.000103)	365	0.037 (0.20)	23853
2	S	-0.00024	0.00010	0.50	0.60	0.000119 (0.000119)	365	0.043 (0.20)	-23853

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	17.9	60.0	0.0	42.8	-550	52.3	14.3	1429	38.0	9.4
2	S	18.4	0.0	0.0	17.2	-565	7.7	14.3	1429	38.0	9.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00033	0.00013	0.50	0.40	0.000165 (0.000165)	365	0.060 (0.20)	23853
2	S	-0.00034	0.00014	0.50	0.40	0.000170 (0.000170)	365	0.062 (0.20)	-23853

9.1.2 Soletta superiore centrale sp=104 cm

La soletta nella zona centrale del partitraffico viene armata con una armatura corrente orizzontale formata da $\Phi 22/20$ superiore + $\Phi 22/10$ intermedia e $\Phi 22/10$ inferiore.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto che risultano quelle ottenute dal modello 2 per il momento flettente M₃ e dal modello 1 per il taglio V₂.

Sollecitazioni modello 2 :

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	40.69	209.16	265.56	3	0.3125	SLU-ECC
M3	min	40.69	208.16	-235.44	3	0.3125	SLU-ECC
V2	max	40.69	215.33	215.15	3	0.55	SLU-ECC
V2	min	40.69	-215.33	215.15	6	0.3	SLU-ECC
P	max	40.69	200.03	-171.66	3	0	SLU-ECC
P	min	-19.93	-76.34	-68.80	6	0.3	SEIS1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	6.33	77.20	72.25	3	0	CARATTERISTICA4
M3	min	-10.98	106.34	-29.65	3	0.55	CARATTERISTICA3
V2	max	-10.63	127.75	-27.32	3	0.55	CARATTERISTICA1
V2	min	-10.63	-127.75	-27.32	6	0.3	CARATTERISTICA1
P	max	6.33	77.20	72.25	3	0	CARATTERISTICA4
P	min	-10.98	88.97	24.02	3	0	CARATTERISTICA3

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Frequenti		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	1.58	80.43	59.02	3	0	FREQUENTE2
M3	min	-7.08	103.68	-17.30	3	0.55	FREQUENTE1
V2	max	-7.08	103.68	-17.30	3	0.55	FREQUENTE1
V2	min	-7.08	-103.68	-17.30	6	0.3	FREQUENTE1
P	max	1.58	80.43	59.02	3	0	FREQUENTE2
P	min	-7.08	86.32	34.91	3	0	FREQUENTE1

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	10.90	11.20	46.21	3	0	QUASIPERM-2
M3	min	2.24	32.38	8.53	3	0.55	QUASIPERM-1
V2	max	2.24	32.38	8.53	3	0.55	QUASIPERM-1
V2	min	2.24	-32.38	8.53	6	0.3	QUASIPERM-1
P	max	10.90	11.20	46.21	3	0	QUASIPERM-2
P	min	2.24	17.08	22.09	3	0	QUASIPERM-1

Sollecitazioni modello 1 :

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	40.69	209.16	265.56	3	0.3125	SLU-ECC
M3	min	40.69	208.16	-235.44	3	0.3125	SLU-ECC
V2	max	40.69	215.33	215.15	3	0.55	SLU-ECC
V2	min	40.69	-215.33	215.15	6	0.3	SLU-ECC
P	max	40.69	200.03	-171.66	3	0	SLU-ECC
P	min	-19.93	-76.34	-68.80	6	0.3	SEIS1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	6.33	77.20	72.25	3	0	CARATTERISTICA4
M3	min	-10.98	106.34	-29.65	3	0.55	CARATTERISTICA3
V2	max	-10.63	127.75	-27.32	3	0.55	CARATTERISTICA1
V2	min	-10.63	-127.75	-27.32	6	0.3	CARATTERISTICA1
P	max	6.33	77.20	72.25	3	0	CARATTERISTICA4
P	min	-10.98	88.97	24.02	3	0	CARATTERISTICA3

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Frequenti		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	1.58	80.43	59.02	3	0	FREQUENTE2
M3	min	-7.08	103.68	-17.30	3	0.55	FREQUENTE1
V2	max	-7.08	103.68	-17.30	3	0.55	FREQUENTE1
V2	min	-7.08	-103.68	-17.30	6	0.3	FREQUENTE1
P	max	1.58	80.43	59.02	3	0	FREQUENTE2
P	min	-7.08	86.32	34.91	3	0	FREQUENTE1

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	10.90	11.20	46.21	3	0	QUASIPERM-2
M3	min	2.24	32.38	8.53	3	0.55	QUASIPERM-1
V2	max	2.24	32.38	8.53	3	0.55	QUASIPERM-1
V2	min	2.24	-32.38	8.53	6	0.3	QUASIPERM-1
P	max	10.90	11.20	46.21	3	0	QUASIPERM-2
P	min	2.24	17.08	22.09	3	0	QUASIPERM-1

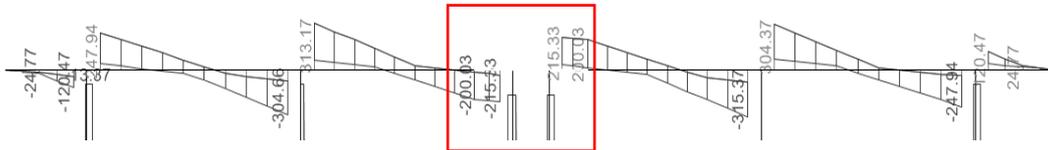
Verifica a taglio

Il valore del taglio limite per cui non risulta necessaria armatura a taglio vale:

Valore limite del taglio senza armatura a taglio							
$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$							
Rck	40	MPa					
fck	33.2	MPa					
γc	1.5						
h	1040	mm					
d	963	mm					
bw	1000	mm	As	10	Φ	22.0	
1+(200/d)^	1.456		c=	77	mm		
k	1.456						
Asl	3801	mmq					
Asl/(bw · d)	0.0039						
ρ1	0.004						
vmin	0.354						
vmin · bw · d	341100						
V _{Rd}	396.6	KN					
senza considerare il contributo dello sforzo assiale							

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Come si può vedere dalla tabella sopra riportata e dal diagramma riportato sotto, nella zona evidenziata, il taglio limite non viene mai superato per cui non è necessaria un'armatura a taglio.



Verifiche a flessione

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	181.30 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.23 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	192.00 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	144.00 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	104.0
3	50.0	104.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.3	7.7	22
2	-42.3	96.3	22
3	42.3	96.3	22

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

4	42.3	7.7	22
5	-42.3	44.6	22
6	42.3	44.6	22

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	22
2	5	6	8	22
3	2	3	3	22

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	30662	0	0	0
2	0	-23544	0	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	9873	0
2	0	-7276	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

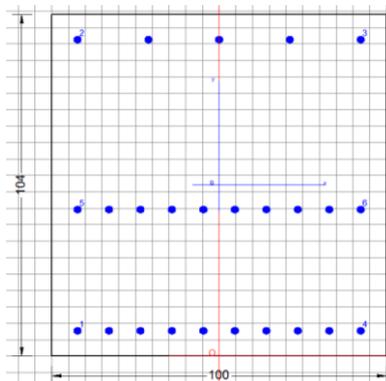
N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-6762 (-62580)	0 (0)
2	0	-4670 (-62580)	0 (0)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	5991 (66106)	0 (0)
2	0	-6916 (-62580)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	30662	0	0	211411	0	6.89	76.0(16.8)
2	S	0	-23544	0	0	-125934	0	5.35	57.0(16.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

	es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)								
	Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
	Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.163	-50.0	104.0	0.00178	-42.3	96.3	-0.01802	-42.3	7.7
2	0.00350	0.108	-50.0	0.0	0.00092	-42.3	7.7	-0.02878	-42.3	96.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.			
	x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere < 0.45			
	C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue			
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000223475	-0.019741367	0.163	0.700
2	0.000000000	-0.000335220	0.003500000	0.108	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

	Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata								
	Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]								
	Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)								
	Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]								
	Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)								
	Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre								
	As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure								
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	
1	S	4.8	50.0	104.0	-57	-32.9	7.7	---	---	
2	S	3.3	-50.0	0.0	-45	21.2	96.3	---	---	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.1	-50.0	0.0	-42	21.2	96.3	---	---
2	S	2.1	-50.0	0.0	-29	21.2	96.3	---	---

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

	La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione										
Ver.	Esito della verifica										
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata										
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata										
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]										
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]										
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]										
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
∅	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]										
Cf	Coprifermo [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]										
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]										
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi										
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]										
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]										
Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-62580	0
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-62580	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.9	-50.0	104.0	-35	-42.3	7.7	---	---
2	S	3.2	-50.0	0.0	-43	21.2	96.3	---	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	66106	0
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-62580	0

9.1.3 Soletta superiore sbalzo sp=60 cm

La soletta nella zona dello sbalzo viene armata con una armatura corrente orizzontale formata da $\Phi 22/10$ superiore e $\Phi 22/10$ inferiore.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto che risultano quelle ottenute dal modello 2.

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	0.00	0.00	27	0.75	SLU-ECC
M3	min	0.00	91.50	-476.44	34	0.75	SLU-ECC
V2	max	0.00	120.47	-63.35	34	0.75	SLU1
V2	min	-0.68	-120.47	-63.35	41	0.3	SLU1
P	max	0.00	0.00	0.00	23	0	SLU5
P	min	-57.32	-17.77	-15.26	27	0	SEIS1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	0.00	0.00	23	0	CARATTERISTICA4
M3	min	0.00	88.07	-46.15	34	0.75	CARATTERISTICA1
V2	max	0.00	88.07	-46.15	34	0.75	CARATTERISTICA1
V2	min	0.00	-88.07	-46.15	41	0.3	CARATTERISTICA1
P	max	0.00	0.00	0.00	23	0	CARATTERISTICA3
P	min	0.00	-74.48	-41.05	41	0.3	CARATTERISTICA4

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Frequente		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	0.00	0.00	23	0	FREQUENTE2
M3	min	0.00	74.48	-41.05	34	0.75	FREQUENTE1
V2	max	0.00	74.48	-41.05	34	0.75	FREQUENTE1
V2	min	0.00	-74.48	-41.05	41	0.3	FREQUENTE1
P	max	0.00	0.00	0.00	23	0	FREQUENTE1
P	min	0.00	-74.48	-41.05	41	0.3	FREQUENTE2

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	0.00	0.00	23	0	QUASIPERM-2
M3	min	0.00	33.70	-25.76	34	0.75	QUASIPERM-1
V2	max	0.00	33.70	-25.76	34	0.75	QUASIPERM-1
V2	min	0.00	-33.70	-25.76	41	0.3	QUASIPERM-1
P	max	0.00	0.00	0.00	23	0	QUASIPERM-1
P	min	0.00	-33.70	-25.76	41	0.3	QUASIPERM-2

Verifica a taglio

Il valore del taglio limite per cui non risulta necessaria armatura a taglio vale:

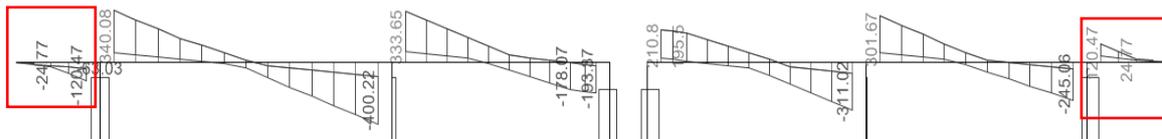
Valore limite del taglio senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Rck	40 MPa	As	10	Φ	22.0
fck	33.2 MPa	c=	77	mm	
γc	1.5				
h	600 mm				
d	523 mm				
bw	1000 mm				
1+(200/d)^λ	1.618				
k	1.618				
Asl	3801 mmq				
Asl/(bw · d)	0.0073				
ρ1	0.007				
vmin	0.415				
vmin · bw · d	217152				
V _{Rd}	293.5 KN				

senza considerare il contributo dello sforzo assiale

Come si può vedere dalla tabella sopra riportata e dal diagramma riportato sotto, nelle zone evidenziate, il taglio limite non viene mai superato per cui non è necessaria un 'armatura a taglio.



Verifiche a flessione

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30 daN/cm²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458 daN/cm²
	Resis. media a trazione fctm:	30.23 daN/cm²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	192.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	144.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento f_{yk} :	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura f_{tk} :	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto f_{yd} :	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto f_{td} :	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068	
	Modulo Elastico E_f :	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.7	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	-47644	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0	-4615

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

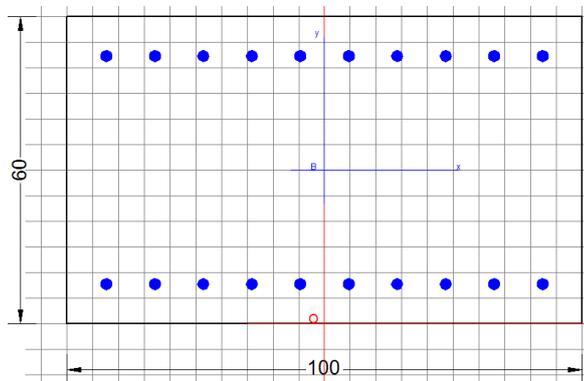
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

1 0 -4105 (-23853)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)		
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	
1	0	-2576 (-23853)	



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	-47644	1	-71531	1.501	8.5	0.16	0.70	38.0 (9.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00032	7.7	-0.01810	52.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.8	0.0	-5.8	60.0	-65	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00004	-0.00004	---	---	---	---	---	-23853

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.2	0.0	-5.2	60.0	-58	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00004	-0.00004	---	---	---	---	---	-23853

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.3	0.0	-3.3	60.0	-36	7.7	0.0	0	0.0	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00002	-0.00002	----	----	----	----	----	-23853

9.1.4 Cordolo sbalzo

Si effettua di seguito la verifica del cordolo dello sbalzo con il momento torcente indotto dalla forza prodotta dall'urto del veicolo calcolato al paragrafo 7.9. pari a $M_{tor} = 286$ KNm.

Il cordolo viene armato con una armatura corrente orizzontale superiore ed inferiore formata da 4+4 Φ 16, staffe Φ 14/10 e 3+3 Φ 26 laterali.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

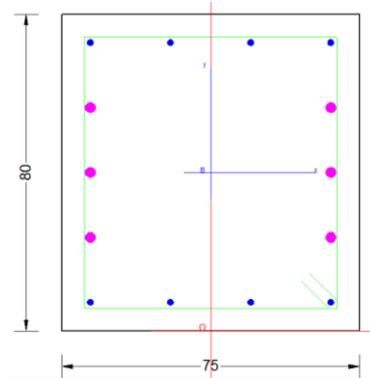
Base:	75.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	4 Φ 16	(8.0 cm ²)
Barre superiori:	4 Φ 16	(8.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.2	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	0	0	28600

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
 MT Momento torcente [daN m]

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.6 cm

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 12.7 cm [Passo massimo di normativa = 12.8 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 24.2 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 11.3 cm²/m]
 Barre long. tors.: 6Ø26 (31.9 cm²)

VERIFICHE A TAGLIO-TORSIONE E DUTTILITA'

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 Tsdu Momento torcente assegnato nella combinazione corrente [daNm]
 Trdu Momento torcente resistente ultimo [daNm] (lato conglomerato)
 Mis.Sic. Misura secur. = Vsdu/Vcd + Tsdu/Trdu. Verifica OK se Mis.Sic <=1
 bw/d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Owd Rapporto meccanico di armatura staffe+legature nelle due direzioni: eq. (7.4.30)NTC
 (il suo prodotto per il fattore Alfa di efficienza deve risultare superiore al secondo membro della (7.4.30)NTC)
 (tra parentesi è indicato il rapporto meccanico complessivo minimo di normativa)

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	Tsdu	Trdu	Mis.Sic.	bw	Ctg	Acw	Owd
1	S	0	20341	222728	34388	28600	47366	0.604	75.0 72.8	1.000	1.000	0.0

RISULTATI DEL SOLO CALCOLO A TORSIONE

Area Nucl. Area del nucleo della sezione tubolare resistente [cm²]
 Per.Nucl. Perimetro del nucleo della sezione tubolare resistente [cm]
 Sp.Nucl. Spessore del nucleo della sezione tubolare resistente [cm]
 Ast Area calcolata delle staffe al metro per sola torsione [cm²/m]
 As long. Area dei ferri longitudinali calcolati per sola torsione [cm²]
 Tsdu Momento torcente assegnato nella combinazione corrente [daNm]
 Trsd Momento torc. resist. reso dall'area staffe riservata alla torsione [daNm]
 Trld Momento torc. resist. reso da apposite barre longitudinali(compresa una aliquota delle barre longitudinali soggette a flessione)

N°Comb	Area Nucl.	Per.Nucl.	Sp.Nucl.	Ast	As long.	Tsdu	Trsd	Trld
1	3375	233	19.4	5.4	50.4	28600	28600	31925

9.1.5 Piedritti sp=60 cm

I piedritti sono armati con una armatura corrente verticale formata da $\Phi 22/20$ superiore ed inferiore.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto che risultano quelle ottenute dal modello 3.

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-357.72	92.79	196.60	30	0.3	SLU-ECC
M3	min	-396.23	87.10	-167.68	29	3.4	SLU-ECC
V2	max	-357.72	92.79	196.60	30	0.3	SLU-ECC
V2	min	-266.23	-84.31	-106.97	4	0.5	SLU-ECC
P	max	-37.56	82.45	-73.73	3	3.18	SLU14
P	min	-507.77	-31.85	-13.39	29	0.5	SLU1

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-298.74	30.46	78.14	29	0.5	CARATTERISTICA4
M3	min	-249.17	51.71	-91.58	30	3.2	CARATTERISTICA4
V2	max	-205.67	51.71	58.37	30	0.3	CARATTERISTICA4
V2	min	-249.71	-35.62	-48.95	30	0.3	CARATTERISTICA3
P	max	-205.67	51.71	58.37	30	0.3	CARATTERISTICA4
P	min	-372.92	-25.90	-12.70	29	0.5	CARATTERISTICA1

Frequente		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.82	-30.76	76.33	3	3.18	FREQUENTE1
M3	min	-128.61	22.56	-66.35	4	3.18	FREQUENTE1
V2	max	-217.75	27.75	28.93	30	0.3	FREQUENTE2
V2	min	-175.02	-30.76	-6.10	3	0.5	FREQUENTE1
P	max	-114.54	17.29	21.68	3	3.18	FREQUENTE2
P	min	-313.26	-18.45	-7.14	29	0.5	FREQUENTE1

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-74.80	41.73	78.72	3	0.5	QUASIPERM-2
M3	min	-106.85	41.60	-66.86	30	3.2	QUASIPERM-2
V2	max	-74.80	41.73	78.72	3	0.5	QUASIPERM-2
V2	min	-82.64	-27.93	-56.98	4	0.5	QUASIPERM-2
P	max	-34.60	41.73	-33.11	3	3.18	QUASIPERM-2
P	min	-135.74	-0.95	1.07	29	0.5	QUASIPERM-1

Verifica a taglio

Il valore del taglio limite per cui non risulta necessaria armatura a taglio vale:

Valore limite del taglio senza armatura a taglio			
$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$			
Rck	40 MPa		
fck	33.2 MPa		
γ_c	1.5		
h	600 mm		
d	523 mm		
bw	1000 mm	As	5 Φ 22.0
$1+(200/d)^\wedge$	1.618	c=	77 mm
k	1.618		
Asl	1901 mmq		
Asl/(bw · d)	0.0036		
ρ_1	0.004		
vmin	0.415		
vmin · bw · d	217152		
V_{Rd}	233.0 KN		
senza considerare il contributo dello sforzo assiale			

Come si può vedere dalla tabella sopra riportata il taglio limite non viene mai superato per cui non è necessaria un 'armatura a taglio.

Verifiche a presso-flessione

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	192.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	144.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø22	(19.0 cm ²)
Barre superiori:	5Ø22	(19.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.7	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	35772	19660	0	0
2	39623	-16768	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	29874	7814
2	24917	-9158

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

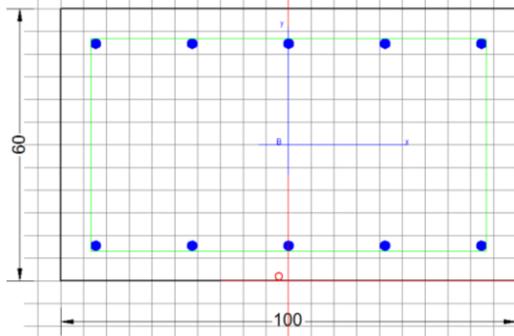
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	13482	7633 (25815)
2	12861	-6635 (-26406)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

1	7480	7872 (23340)
2	10685	-6686 (-25263)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	35772	19660	35789	46214	2.351	52.4	0.15	0.70	38.0 (9.1)
2	S	39623	-16768	39632	-47095	2.809	7.7	0.15	0.70	19.0 (9.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	-0.00004	52.3	-0.02055	7.7
2	0.00350	0.0	0.00002	7.7	-0.02016	52.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
-----	--

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm ²)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	15.8	60.0	-6.7	0.0	-57	52.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	17.0	0.0	-9.4	60.0	-90	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00012	-0.00005	---	---	---	---	---	35235
2	S	0.00013	-0.00007	---	---	---	---	---	-29472

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	13.0	60.0	-8.9	0.0	-92	52.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	11.5	0.0	-7.6	60.0	-77	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00010	-0.00007	---	---	---	---	---	25815
2	S	0.00009	-0.00006	---	---	---	---	---	-26406

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	12.5	60.0	-10.2	0.0	-109	52.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	11.3	0.0	-8.0	60.0	-83	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00009	-0.00008	---	---	---	---	---	23340
2	S	0.00008	-0.00006	---	---	---	---	---	-25263

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

9.1.6 Soletta inferiore sp=100 cm

La soletta viene armata con una armatura corrente orizzontale formata da $\Phi 22/20$ superiore e $\Phi 22/20$ inferiore. Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto che risultano quelle ottenute dal modello 2.

Sollecitazioni modello 2 :

		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-13.05	372.57	432.55	20	0.3	SLU2
M3	min	58.18	113.96	-368.26	13	0.78583	SLU1
V2	max	-13.05	380.66	342.31	20	0.53958	SLU2
V2	min	9.31	-449.48	292.24	53	0	SLU2
P	max	61.40	272.98	1.08	11	0.3	SLU5
P	min	-80.88	-200.83	72.21	7	0	SLU-ECC

rare		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-12.85	273.90	324.81	20	0.3	CARATTERISTICA2
M3	min	43.57	83.16	-273.42	13	0.78583	CARATTERISTICA1
V2	max	-12.85	279.89	258.48	20	0.53958	CARATTERISTICA2
V2	min	2.86	-331.91	222.41	53	0	CARATTERISTICA2
P	max	47.47	199.31	-6.99	11	0.3	CARATTERISTICA3
P	min	-31.76	-111.77	60.24	7	0	CARATTERISTICA4

Frequente		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-13.62	227.27	261.61	20	0.3	FREQUENTE2
M3	min	32.16	73.45	-227.34	13	0.78583	FREQUENTE1
V2	max	-13.62	233.26	206.44	20	0.53958	FREQUENTE2
V2	min	-1.78	-276.00	178.31	53	0	FREQUENTE2
P	max	32.16	201.46	26.55	11	0.3	FREQUENTE1
P	min	-13.62	-114.46	20.71	7	0	FREQUENTE2

Quasi perm		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-30.80	-107.80	106.20	53	0.2625	QUASIPERM-2
M3	min	3.13	17.76	-104.74	49	0.8375	QUASIPERM-1
V2	max	-30.80	104.61	47.43	11	0.78583	QUASIPERM-2
V2	min	-30.80	-114.36	77.04	53	0	QUASIPERM-2
P	max	3.13	87.71	20.99	11	0.3	QUASIPERM-1
P	min	-30.80	92.46	95.30	11	0.3	QUASIPERM-2

Verifica a taglio

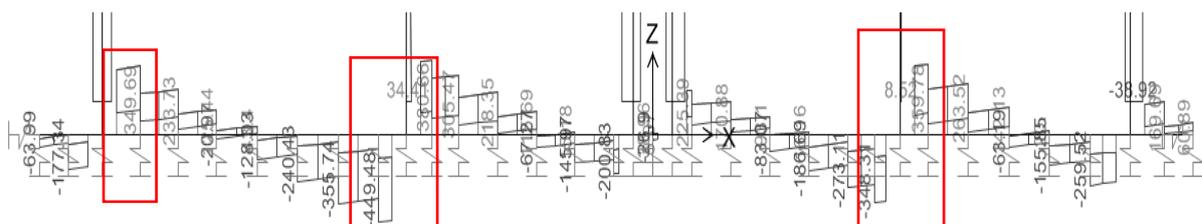
Il valore del taglio limite per cui non risulta necessaria armatura a taglio vale:

Valore limite del taglio senza armatura a taglio

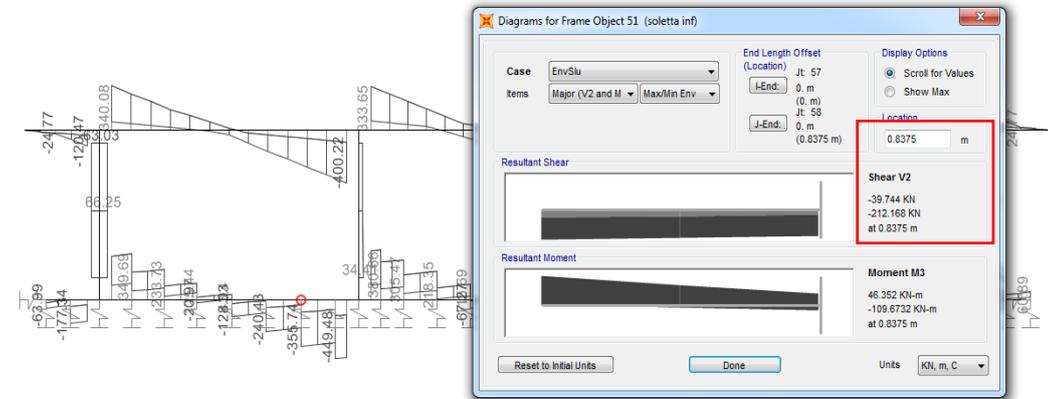
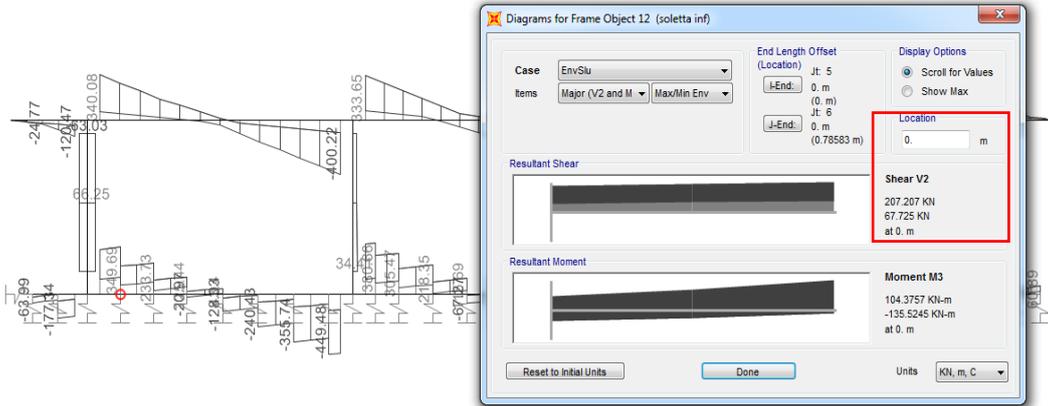
$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Rck **40** MPa
 fck 33.2 MPa
 γ_c 1.5
 h **1000** mm
 d 923 mm
 b_w **1000** mm A_s **5** Φ **22.0**
 1+(200/d)⁴ 1.465 c= **77** mm
 k 1.465
 A_{sl} 1901 mm²
 A_{sl}/(b_w · d) 0.0021
 ρ_1 0.002
 v_{min} 0.358
 v_{min} · b_w · d 330229
 V_{Rd} **330.2** KN
 senza considerare il contributo dello sforzo assiale

Come si può vedere dal diagramma riportato sotto nelle zone evidenziate il taglio limite viene superato per cui è necessaria un 'armatura a taglio.



L'armatura a taglio sarà prevista per un tratto pari a 1.2 dal filo dei setti (1.5 da asse) e per un tratto pari a 1.0 dal filo delle pareti esterne (1.3 da asse). Come si può vedere da diagrammi sotto riportati al di fuori dei tratti indicati il taglio limite non viene mai superato per cui non risulta necessaria armatura a taglio.



Verifiche a presso-flessione e taglio

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30 daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458 daN/cm ²

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	192.00	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	144.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -		
Tipo:	B450C	
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	5Ø22	(19.0 cm ²)
Barre superiori:	5Ø22	(19.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.7	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1305	43255	0	0
2	-5818	-36826	0	0
3	-931	29224	44948	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1285	32481
2	-4357	-27342

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

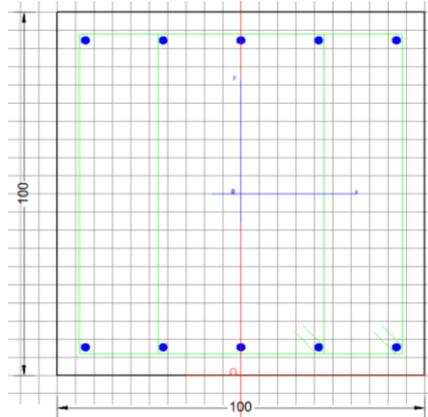
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1362	26161 (57078)
2	-3216	-22734 (-55171)

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx
1	3080	10620 (59611)
2	-313	-10474 (-56254)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	19.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.4	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.									
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45									
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]									
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)									

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1305	43255	1287	68270	1.578	93.4	0.07	0.70	38.0 (20.0)
2	S	-5818	-36826	-5833	-65197	1.770	6.4	0.07	0.70	38.0 (20.0)
3	S	-931	29224	-956	67302	2.303	93.4	0.07	0.70	38.0 (20.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	100.0	-0.00057	92.3	-0.04526	7.7
2	0.00350	0.0	-0.00069	7.7	-0.04667	92.3
3	0.00350	100.0	-0.00061	92.3	-0.04571	7.7

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	0	38522	376787	73525	100.0 92.3	1.000	1.001	0.0
2	S	0	0	376516	73525	100.0 92.3	1.000	1.000	0.0
3	S	44948	0	376516	73525	100.0 92.3	1.000	1.000	13.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	17.5	100.0	-17.2	0.0	-219	92.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	14.2	0.0	-15.0	100.0	-192	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00013	-0.00013	---	---	---	---	---	56951
2	S	0.00011	-0.00011	---	---	---	---	---	-55001

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	14.1	100.0	-13.9	0.0	-176	92.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	11.8	0.0	-12.5	100.0	-159	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00011	-0.00010	---	---	---	---	---	57078
2	S	0.00009	-0.00009	---	---	---	---	---	-55171

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.0	100.0	-5.4	0.0	-68	92.3	0.0	0	0.0	0.0
2	S	5.6	0.0	-5.6	100.0	-71	7.7	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00004	-0.00004	---	---	---	---	---	59611
2	S	0.00004	-0.00004	---	---	---	---	---	-56254