COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

APPALTATORE:

Mandataria

A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI

Mandanti

ReseArch CONSORZIO STABILE

ATLANTE

PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

HUB ENGINEERING
CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.

MANDANTI

HYpro srl

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

IV08 – PONTE SUL CANALE AL KM 20+539,56
Relazione di calcolo spalle

L'Appaltatore		I progettisti (il Direttore della progettazione)	
Ing. Gianguido Babini	A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	Ing. Massimo Facchini	
Data **18/12/2022**	*firma*	*Data* **18/12/2022**	*firma*

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702685
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 B	0 2	E	Z Z	C L	I V 0 8 0 4	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	Ing. S. Canale	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento a seguito RDV 0274	Ing. A.Zaza	Luglio 2023	Ing. M. Calderoni	Luglio 2023	Ing. S. Canale	Luglio 2023	Ing. M. Facchini Luglio 2023

File: LI0B02EZZCLIV0804001B — n. Elab.

INDICE

1.. PREMESSA 2
1.1 IV08 - ponte sul canale al km 20+539,56 nv17 2

2.. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 4
2.1 Documenti Referenziati 4
2.2 Unità di misura 4

3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 5
3.1 Calcestruzzo Fondazione e pali (C25/30) 5
3.2 Calcestruzzo elevazione (C32/40) 5
3.3 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c 6
3.4 Classi di esposizione e copriferri 6

4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO 8
4.1 Inquadramento geotecnico 8
4.2 Terreno di ricoprimento/rinterro 8

5.. ANALISI STRUTTURALE: CRITERI GENERALI 9
5.1 Criteri generali di verifica 9
5.2 Stati limite per verifiche sismiche 9
5.3 Software di calcolo 10
5.4 Modello FEM spalla 12

6.. AZIONI DI CALCOLO DELLE SPALLE 14
6.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI 14
6.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI 16
6.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA 18
6.4 AZIONI VARIABILI 19
6.5 AZIONE SISMICA 28

7.. COMBINAZIONI DI CARICO 38
7.1 STATI LIMITE ULTIMI 38

8.. CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A 42
8.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI 42
8.2 VERIFICHE DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO 43

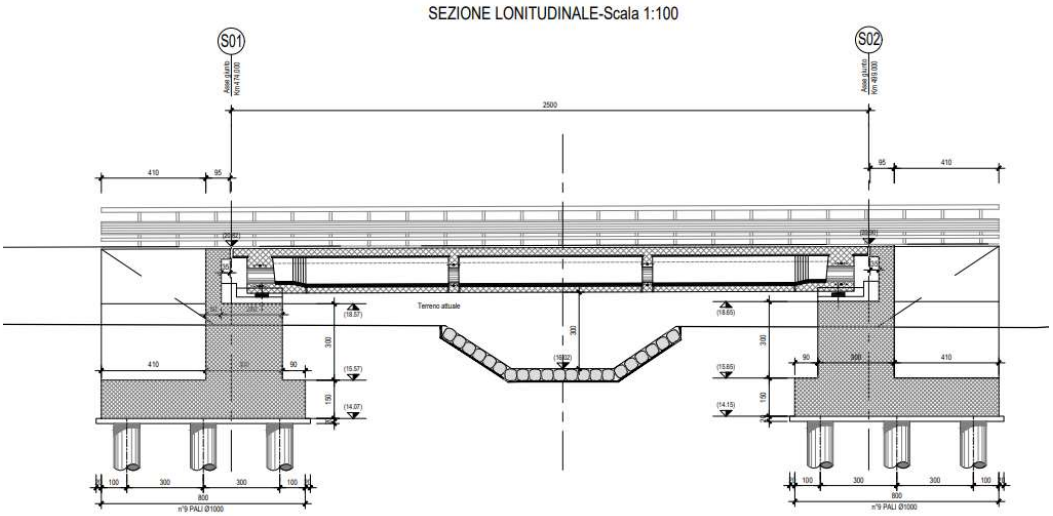
9.. ANALISI STRUTTURALE: CRITERI GENERALI 45
9.1 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO 45
9.2 VERIFICHE STRUTTURALI SPALLE 54

10. SCARICO IN FONDAZIONE 103
10.1 SPALLA FISSA 104
10.2 SPALLA MOBILE 105

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene alla progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.
In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica delle spalle del cavalcavia denominato “IV08 - Ponte sul canale al km 20+539,60” necessario per risolvere una interferenza idraulica dovuta alla viabilità di progetto NV17.



1.1 IV08 - PONTE SUL CANALE AL KM 20+539,56 NV17

L’impalcato è realizzato con un sistema di 3 cassoncini prefabbricati in C.A.P., aventi un interasse di 2,10 m e lunghezza pari a 25.00 m. Le travi principali sono solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse-appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi.
Ogni trave ha un'altezza costante pari a 1.40 m, una larghezza superiore di 2.10 m ed inferiore di 1.00 m. Lo spessore minimo della parte inferiore della trave è di 0.23 m mentre quello delle anime è di 0.14 m. La soletta di completamento in cemento armato ha uno spessore variabile tra 0.25÷0.30 m.
La precompressione è data da trefoli con sezione da 0,6” (1,39cmq), alcuni opportunamente inguainati.
I trasversi saranno armati in opera con barre tipo Dywidag.
Gli appoggi terminali dell’impalcato sono su spalle con muri in C.A. che poggiano su pali 9 pali di diametro Ø1000.
L’impalcato è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Politetrafluoroetilene).
La spalla SP1 ha una platea rettangolare 8.0m x 8.0m e spessore 1.5m, su pali Ø1000 disposti con interassi pari a 3.00 m sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale, di lunghezza pari a 26m. L’elevazione è composta dal muro frontale avente uno spessore di 3.0m e muri di risvolto con doppio spessore lungo l’altezza, pari a 1.0m allo spiccato che si riduce a 50cm sopra l’altezza del muro frontale.
La spalla SP2 ha le stesse caratteristiche geometriche della spalla SP1 precedentemente descritta.
Il sistema di vincolo dell’impalcato prevede il posizionamento degli apparecchi d’appoggio fissi longitudinali sulla spalla SP1, mobili sulla spalla SP2.

Firmato digitalmente da: Pachera Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Serial#: Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

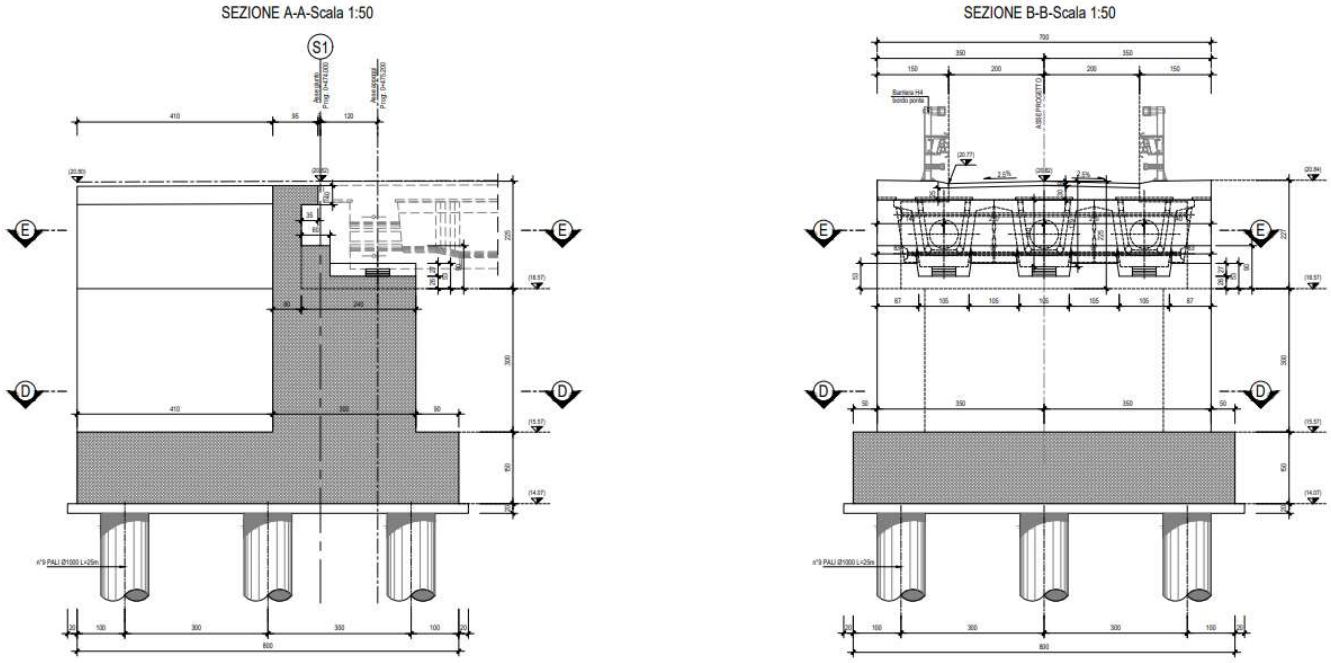
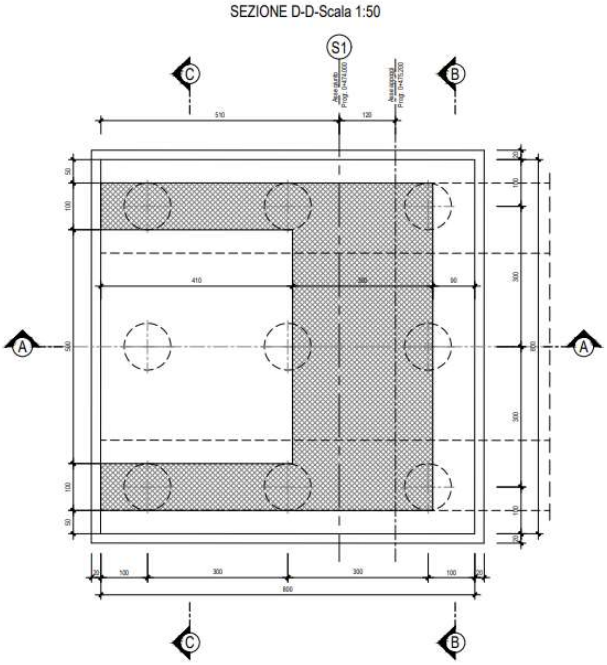


Figura 1-1: Carpenteria spalla



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 1-2: Pianta plinto

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

[N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974"Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

[N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

[N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);

[N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;

[N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

[N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.

[N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.

[N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-17 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

[N.9]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

[N.10]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

2.2 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [Mpa]

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riporta nel seguito la tabella dei materiali utilizzati:

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

3.1 CALCESTRUZZO FONDAZIONE E PALI (C25/30)

- Classe di resistenza	C25/30		
- Resistenza caratteristica cubica:	R_{ck} =	30	N/mm^2
- Resistenza caratteristica cilindrica:	f_{ck} =	24.9	N/mm^2
- Resistenza cilindrica media:	f_{cm} =	32.9	N/mm^2
- Modulo elastico:	E_{cm} =	31447	N/mm^2
- Coefficiente di sicurezza (SLU):	γ_c =	1.5	
- Resistenza di progetto a compressione:	**f_{cd} =**	**14.11**	**N/mm^2**
- Resistenza a trazione media:	f_{ctm} =	2.56	N/mm^2
- Resistenza di progetto a trazione:	**f_{ctm} =**	**1.19**	**N/mm^2**
- Classe di esposizione:	XC2		
- Classe minima di consistenza:	S4		

3.2 CALCESTRUZZO ELEVAZIONE (C32/40)

Classe di resistenza	C32/40		
Resistenza caratteristica cubica:	R_{ck} =	40	N/mm^2
Resistenza caratteristica cilindrica:	f_{ck} =	33.2	N/mm^2
Resistenza cilindrica media:	f_{cm} =	41.2	N/mm^2
Modulo elastico:	E_{cm} =	33643	N/mm^2
Coefficiente di sicurezza (SLU):	γ_c =	1.5	
Resistenza di progetto a compressione:	**f_{cd} =**	**18.81**	**N/mm^2**
Resistenza a trazione media:	f_{ctm} =	3.10	N/mm^2
Resistenza di progetto a trazione:	**f_{ctm} =**	**1.45**	**N/mm^2**
Classe di esposizione:	XC4+XS1		
Classe minima di consistenza:	S4		

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

3.3 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \; N/mm^2$
- Tensione caratteristica a rottura: $f_{tk} = 540 \; N/mm^2$
- Coefficiente di sicurezza: $\gamma_c = 1.15$
- Tensione di progetto: $f_{yd} = 391.3 \; N/mm^2$
- Modulo elastico: $E_s = 210000 \; N/mm^2$

3.4 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-1-2006, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Pile e spalle: XC4;
- Plinti e pali di fondazione: XC2;

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 –1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici:in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante.In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata.Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse i acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi,fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenenti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 –1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare .	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua,in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:
- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2006

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 206-2006, di cui alla successiva tabella:

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione o attacco	Corrosione da carbonatazione				Corrosione da cloruri						Attacco gelo/disgelo				Ambienti chimici aggressivi		
						Acqua marina			Altri cloruri (diversi dall'acqua di mare)									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Rapporto massimo a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe di resistenza minima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0[a]	4,0[a]	4,0[a]	-	-	-
Altri requisiti												Aggregati in accordo alla EN 12620 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo					Cemento resistente ai solfati[b]	

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni dovrebbero essere verificate conformemente ad un metodo di prova appropriato rispetto ad un calcestruzzo per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo per la relativa classe di esposizione.
b) Qualora la presenza di SO_4^2 comporti le classi di esposizione XA2 e XA3, è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati. Se il cemento è classificato a moderata o ad alta resistenza ai solfati, il cemento dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA2 (e in classe di esposizione XA1 se applicabile) e il cemento ad alta resistenza, ai solfati dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA3.

Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – EN 206-2006

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n617 del 02-02-09 e delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Pile e spalle: 50 mm
- Plinti di fondazione: 40 mm
- Pali di fondazione: 60 mm

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 29/12/2016*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).
L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2\ mm$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3\ mm$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

In definitiva, nel caso in esame, si adotta il limite w_1 sia per pile e spalle che per pali e plinti in quanto i primi ricadono in condizioni ambientali aggressive (classe XC4), mentre i secondi sono elementi a permenente contatto con il terreno.

Firmato Digitalmente da: Facchini Massimo Data: 14/03/2024 10:25 Seriale Certificato: 2702585 Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026 InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia di riferimento è desunta dal profilo stratigrafico longitudinale del progetto definitivo.

Unità geotecnica	Profondità [m]	γ [kN/m³]	Nspt [-]	φ' [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	Eo [MPa]
ba2	Da 0.0 a 10.5	20.0	12÷18	33÷35	0	-	150÷200
CGC1g	Da 10.5 a 21.0	19.5	39÷100	38	0	-	300÷800
SSR	Da 21.0 a 25.5	19.5	-	35	0	-	800÷1000
SSR3	Da 25.5 a 45.0	20.0	-	24	10	150÷300	

Dove:
γ = peso di volume naturale
Nspt = n. di colpi ogni 30cm da prova SPT
φ' = angolo di resistenza al taglio
c' = coesione drenata
cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate
Eo = modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Tabella 4-1 stratigrafia di progetto per le fondazioni delle spalle

Per il livello di falda di progetto da considerare per il dimensionamento delle opere definitive (lungo termine), in linea generale si è assunto il massimo rilevato da letture piezometriche:
- falda a circa 10 m p.c. (+3 m s.l.m.)

4.2 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 20$ kN/m^3 peso di volume naturale

$\varphi' = 35°$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0$ kPa coesione drenata

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

5. ANALISI STRUTTURALE: CRITERI GENERALI

5.1 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

In accordo con quanto definito nel par. 6.2.3. del DM, devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)
- Verifiche agli stati limite d'esercizio (SLE)

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

- E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
- R_d valore di progetto della resistenza

Per quanto concerne le azioni di progetto E_d, tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche, quest'ultima relativamente a verifiche strutturali.
La verifica della condizione ($E_d \leq R_d$) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A_1 e A_2), per i parametri geotecnici (M_1 e M_2) e per le resistenze (R_1, R_2 e R_3).
Per le strutture di spalla le verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 2:

- Combinazione 1: (A_1+M_1+R_3)

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

- E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
- C_d valore limite dell'effetto delle azioni

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Firmato digitalmente da: Fabrizio Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

5.2 STATI LIMITE PER VERIFICHE SISMICHE

Gli Stati Limite (**SL**) di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nell'NTC, sono suddivisi come riportato al par. 3.2.1:

Stati limite di Esercizio **(SLE)**

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico. Tale stato limite non si applica per l'opera in oggetto.
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Stati Limite Ultimi (**SLU**)

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidezza nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

La **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta, in funzione della classe d'uso della struttura, lo stato limite da considerare in funzione della verifica di sicurezza appropriata per l'opera:

Tabella C7.3.I – *Stati Limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti: descrizione delle prestazioni e corrispondenti verifiche*

STATI LIMITE		Descrizione della prestazione		ST			NS	IM		Classe d'uso		
				RIG	RES	DUT (SPO)	STA	FUN	STA	I	II	III IV
SLE	SLO	NS ST	Limitazione del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§ 7.3.6.1								x
		IM	Funzionamento degli impianti					§ 7.3.6.3				x
	SLD	ST	Controllo del danno degli elementi strutturali		§ 7.3.1							x
		NS ST	Controllo del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§ 7.3.6.1						x	x	
SLU	SLV	ST	Livello di danno degli elementi strutturali coerente con il fattore di comportamento adottato, assenza di rotture fragili e meccanismi locali/globali instabili		§ 7.3.6.1					x	x	x
		NS	Assenza di crolli degli elementi non strutturali pericolosi per l'incolumità, pur in presenza di danni diffusi				§ 7.3.6.3				x	x
		IM	Capacità ultima degli impianti e dei collegamenti						§ 7.3.6.3		x	x

Figura 5-1 - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso

Con riferimento all'opera in oggetto, le verifiche geotecniche in presenza di evento sismico richiedono la verifica ai seguenti stati limite:

- Stato Limite Ultimo: SLV – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento P_{vr} =10%)

Le suddette probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R per l'azione sismica, consentono di determinare, per ciascuno stato limite, il tempo di ritorno del terremoto di progetto corrispondente.

5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito.
La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.
Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
Qualified Electronic Signature

5.3.1 Calcolo strutture generiche

Titolo:

Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: Computers and Structures, Inc. CALIFORNIA
1646 N. California Blvd., Suite 600Walnut Creek, CA 94596 USA

Distributore: CSI ITALIA Galleria San Marco 4 - 33170 Pordenone – Italia

Versione: 21

Licenza

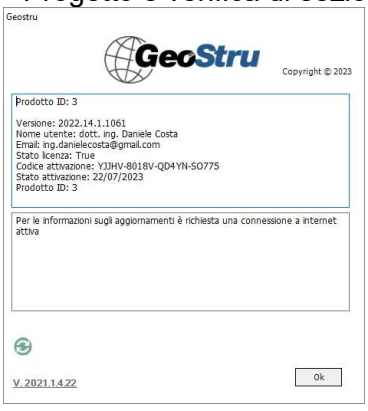
5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo: Calcolo si sezioni in cemento armato – RC-SEC

Autore: GEOSTRU

Caratteristiche: Progetto e verifica di sezioni in c.a.

Licenza



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

5.4 MODELLO FEM SPALLA

Si implementa un modello globale ad elementi finiti di tutta la struttura mediante il software di calcolo automatico SAP 2000 V21 lineare e non lineare.
Gli elementi strutturali in c.a. sono stati modellati con la geometria di progetto, utilizzando elementi a piastra 2D ed elementi a trave 1D, tali elementi sono stati inseriti per simulare la posizione precisa dei punti di appoggio dell'impalcato.
La modellazione degli elementi strutturali bidimensionali è condotta discretizzandoli in elementi finiti più piccoli in corrispondenza delle zone di nodo dove si compenetrano gli elementi strutturali in spessore, escludendole dalle verifiche sezionali.
I sovraccarichi accidentali e le spinte del terreno sono stati assegnati agli elementi piastra come carichi distribuiti uniformemente o linearmente.
Nel caso specifico la modellazione prevede una costruzione con elementi shell per quanto riguarda i muri andatori, frontale, paraghiaia. Gli elementi frame sono stati connessi con gli elementi shell attraverso elementi fittizi, per simulare il comportamento globale.
Il vincolo di fondazione su pali è stato considerato applicando nel modello di calcolo dei vincoli rigidi in corrispondenza della posizione dei pali.
Si riporta la modellazione adottata.

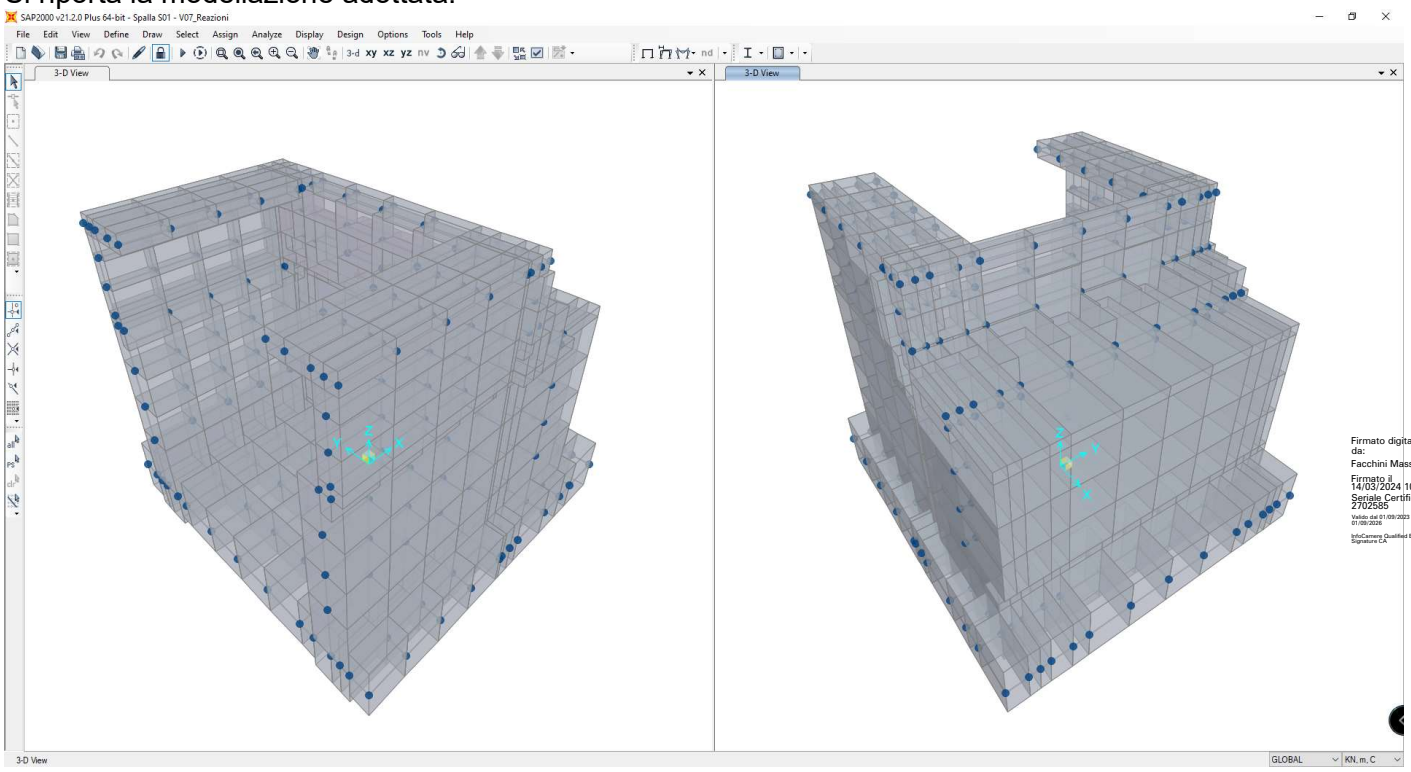


Figura 5-2 - Modello FEM – Vista assonometrica ed orientamento

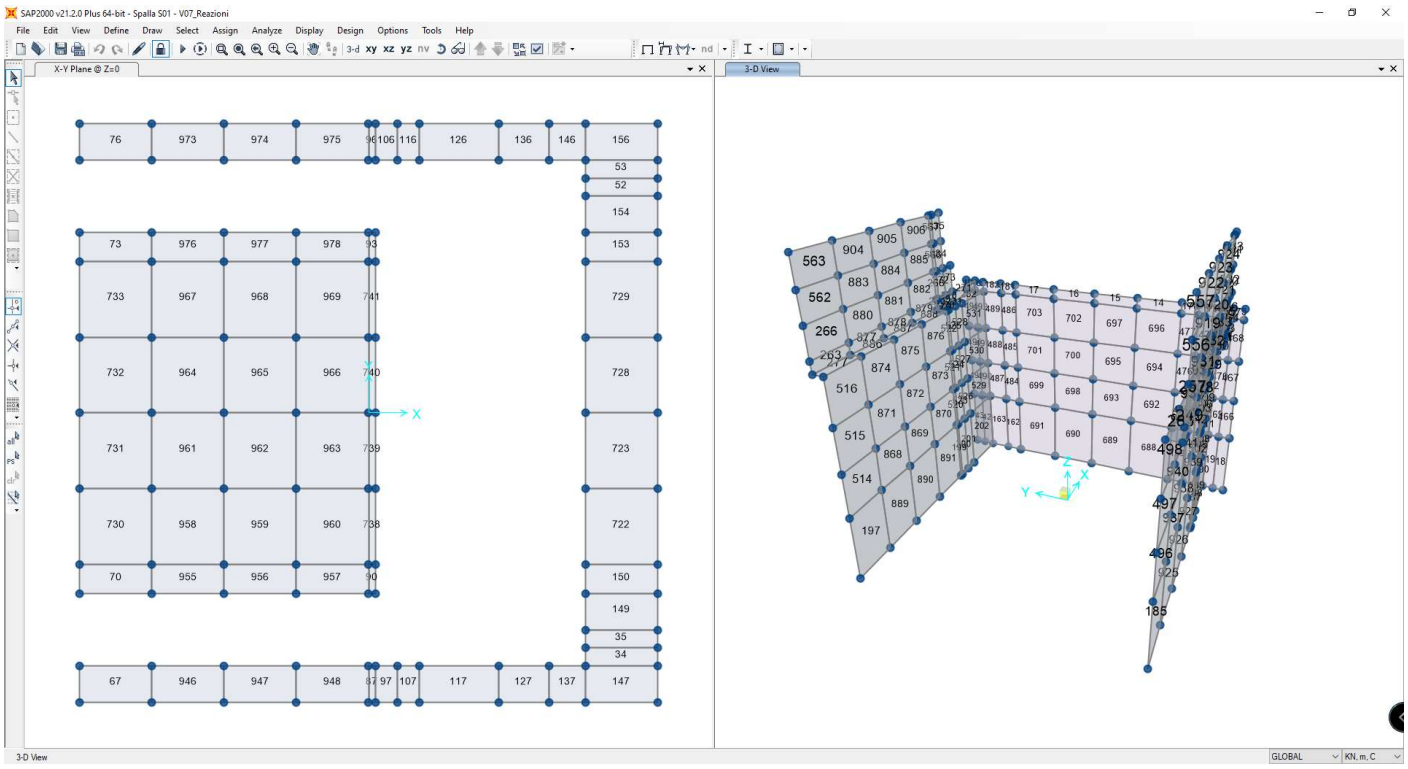


Figura 5-3 - Modello FEM – Elementi fondazione ed elevazione muro frontale e andatore

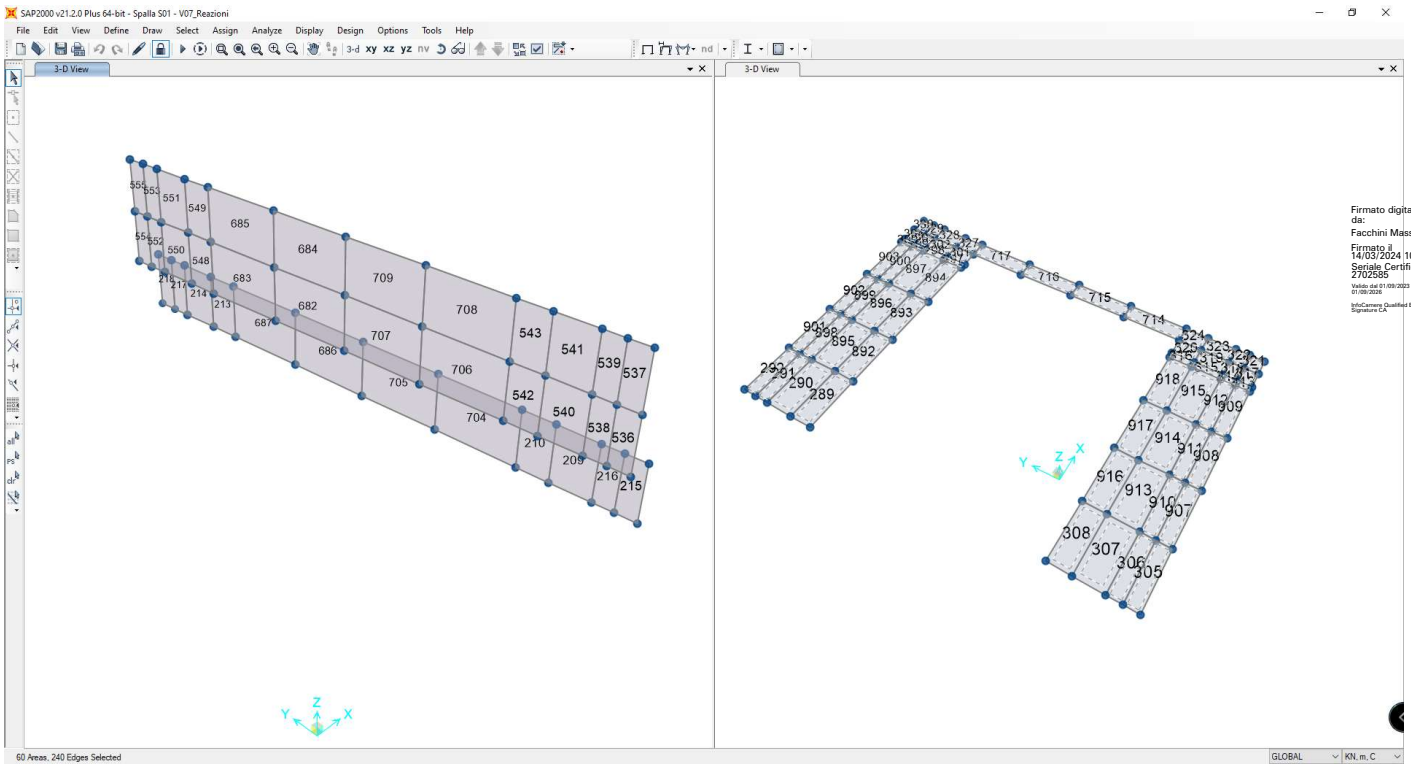


Figura 5-4 - Modello FEM – Elementi paraghiaia e cordoli

6. AZIONI DI CALCOLO DELLE SPALLE

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi agenti sulla struttura oggetto della presente relazione.

6.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI

6.1.1 Peso Propri

Per il calcolo del peso proprio delle strutture si assumono i pesi unitari di seguito indicati:

- Struttura in c.a. $\gamma_1 = 25.0$ kN/m^3
- Terreno di riempimento da rilevato: $\gamma_2 = 20.0$ kN/m^3

6.1.2 Impalcato principale

L'impalcato trasmette alla spalla, in fase di montaggio, carichi permanenti agenti in direzione verticale e azioni d'attrito agenti nel piano orizzontale; tali carichi, forniti dal calcolatore dell'impalcato e riportati nella tabella seguente, sono applicati come carichi concentrati sulla parete frontale della spalla in corrispondenza dei punti d'appoggio dell'impalcato. Si riporta lo schema dei nodi di appoggio:

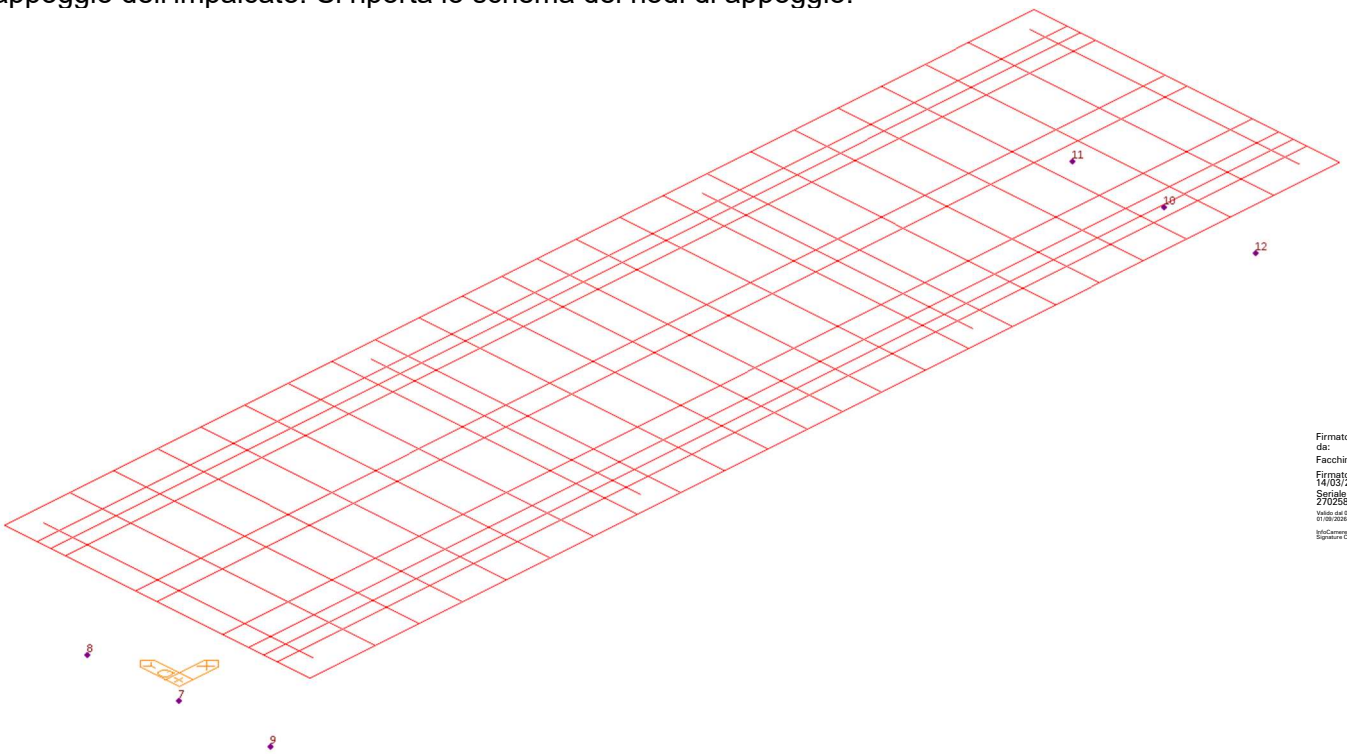


Figura 6-1 - Modello FEM IMPALCATO – Nodi di appoggio

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Reaction(Global)

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
7	G1	0,000	0,000	415,440	0,000	0,000	0,000
7	G2	0,000	0,000	122,312	0,000	0,000	0,000
7	GT-	0,000	0,000	1,512	0,000	0,000	0,000
7	GT+	0,000	0,000	-1,512	0,000	0,000	0,000
7	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	495,577	0,000	0,000	0,000
7	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-2,654	0,000	0,000	0,000
7	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	316,595	0,000	0,000	0,000
7	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-1,062	0,000	0,000	0,000
7	Prestress	0,000	0,000	-0,956	0,000	0,000	0,000
7	Q3	-427,632	0,000	-62,974	0,000	0,000	0,000
7	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	Q5	0,000	-140,420	16,766	0,000	0,000	0,000
7	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	SX(RS)	1258,707	0,855	200,394	0,000	0,000	0,000
7	SY(RS)	0,608	574,135	4,226	0,000	0,000	0,000
7	SZ(RS)	121,310	0,312	42,857	0,000	0,000	0,000
7	UT-	0,000	0,000	-0,159	0,000	0,000	0,000
7	UT+	0,000	0,000	0,159	0,000	0,000	0,000
7	UTA-	0,000	0,000	-0,238	0,000	0,000	0,000
7	UTA+	0,000	0,000	0,238	0,000	0,000	0,000
8	G1	0,000	0,000	425,935	0,000	0,000	0,000
8	G2	0,000	0,000	208,179	0,000	0,000	0,000
8	GT-	0,000	0,000	-0,756	0,000	0,000	0,000
8	GT+	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000
8	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	375,684	0,000	0,000	0,000
8	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-11,072	0,000	0,000	0,000
8	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	219,069	0,000	0,000	0,000
8	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-4,530	0,000	0,000	0,000
8	Prestress	0,000	0,000	0,478	0,000	0,000	0,000
8	Q3	0,000	0,000	22,299	0,000	0,000	0,000
8	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	Q5	0,000	0,000	72,693	0,000	0,000	0,000
8	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	SX(RS)	0,000	0,000	96,623	0,000	0,000	0,000
8	SY(RS)	0,000	0,000	280,686	0,000	0,000	0,000
8	SZ(RS)	0,000	0,000	63,132	0,000	0,000	0,000
8	UT-	0,000	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000
8	UT+	0,000	0,000	-0,079	0,000	0,000	0,000
8	UTA-	0,000	0,000	0,119	0,000	0,000	0,000
8	UTA+	0,000	0,000	-0,119	0,000	0,000	0,000
9	G1	0,000	0,000	425,935	0,000	0,000	0,000
9	G2	0,000	0,000	208,179	0,000	0,000	0,000
9	GT-	0,000	0,000	-0,756	0,000	0,000	0,000
9	GT+	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000
9	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	205,775	0,000	0,000	0,000
9	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-10,238	0,000	0,000	0,000
9	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	111,017	0,000	0,000	0,000
9	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-4,095	0,000	0,000	0,000
9	Prestress	0,000	0,000	0,478	0,000	0,000	0,000
9	Q3	0,000	0,000	22,299	0,000	0,000	0,000
9	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	Q5	0,000	0,000	-89,459	0,000	0,000	0,000
9	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	SX(RS)	0,000	0,000	97,031	0,000	0,000	0,000
9	SY(RS)	0,000	0,000	280,879	0,000	0,000	0,000
9	SZ(RS)	0,000	0,000	63,055	0,000	0,000	0,000
9	UT-	0,000	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000
9	UT+	0,000	0,000	-0,079	0,000	0,000	0,000
9	UTA-	0,000	0,000	0,119	0,000	0,000	0,000
9	UTA+	0,000	0,000	-0,119	0,000	0,000	0,000

Reazioni Spalla Fissa

Reaction(Global)

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
10	G1	0,000	0,000	415,440	0,000	0,000	0,000
10	G2	0,000	0,000	122,312	0,000	0,000	0,000
10	GT-	0,000	0,000	1,512	0,000	0,000	0,000
10	GT+	0,000	0,000	-1,512	0,000	0,000	0,000
10	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	495,577	0,000	0,000	0,000
10	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-2,654	0,000	0,000	0,000
10	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	316,595	0,000	0,000	0,000
10	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-1,062	0,000	0,000	0,000
10	Prestress	0,000	0,000	-0,956	0,000	0,000	0,000
10	Q3	0,000	0,000	7,000	0,000	0,000	0,000
10	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	Q5	0,000	-140,420	16,766	0,000	0,000	0,000
10	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	SX(RS)	0,000	0,857	74,007	0,000	0,000	0,000
10	SY(RS)	0,000	574,135	4,337	0,000	0,000	0,000
10	SZ(RS)	0,000	0,291	55,612	0,000	0,000	0,000
10	UT-	0,000	0,000	-0,159	0,000	0,000	0,000
10	UT+	0,000	0,000	0,159	0,000	0,000	0,000
10	UTA-	0,000	0,000	-0,238	0,000	0,000	0,000
10	UTA+	0,000	0,000	0,238	0,000	0,000	0,000
11	G1	0,000	0,000	425,935	0,000	0,000	0,000
11	G2	0,000	0,000	208,179	0,000	0,000	0,000
11	GT-	0,000	0,000	-0,756	0,000	0,000	0,000
11	GT+	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000
11	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	375,684	0,000	0,000	0,000
11	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-11,072	0,000	0,000	0,000
11	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	219,069	0,000	0,000	0,000
11	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-4,530	0,000	0,000	0,000
11	Prestress	0,000	0,000	0,478	0,000	0,000	0,000
11	Q3	0,000	0,000	5,688	0,000	0,000	0,000
11	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	Q5	0,000	0,000	72,693	0,000	0,000	0,000
11	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	SX(RS)	0,000	0,000	92,091	0,000	0,000	0,000
11	SY(RS)	0,000	0,000	280,689	0,000	0,000	0,000
11	SZ(RS)	0,000	0,000	60,953	0,000	0,000	0,000
11	UT-	0,000	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000
11	UT+	0,000	0,000	-0,079	0,000	0,000	0,000
11	UTA-	0,000	0,000	0,119	0,000	0,000	0,000
11	UTA+	0,000	0,000	-0,119	0,000	0,000	0,000
12	G1	0,000	0,000	425,935	0,000	0,000	0,000
12	G2	0,000	0,000	208,179	0,000	0,000	0,000
12	GT-	0,000	0,000	-0,756	0,000	0,000	0,000
12	GT+	0,000	0,000	0,756	0,000	0,000	0,000
12	LM1+F_Char.(max)	0,000	0,000	205,775	0,000	0,000	0,000
12	LM1+F_Char.(min)	0,000	0,000	-10,238	0,000	0,000	0,000
12	LM1+F_Freq.(max)	0,000	0,000	111,016	0,000	0,000	0,000
12	LM1+F_Freq.(min)	0,000	0,000	-4,095	0,000	0,000	0,000
12	Prestress	0,000	0,000	0,478	0,000	0,000	0,000
12	Q3	0,000	0,000	5,688	0,000	0,000	0,000
12	Q4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	Q5	0,000	0,000	-89,459	0,000	0,000	0,000
12	Q6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	SX(RS)	0,000	0,000	92,530	0,000	0,000	0,000
12	SY(RS)	0,000	0,000	280,876	0,000	0,000	0,000
12	SZ(RS)	0,000	0,000	60,902	0,000	0,000	0,000
12	UT-	0,000	0,000	0,079	0,000	0,000	0,000
12	UT+	0,000	0,000	-0,079	0,000	0,000	0,000
12	UTA-	0,000	0,000	0,119	0,000	0,000	0,000
12	UTA+	0,000	0,000	-0,119	0,000	0,000	0,000

Reazioni spalla Mobile

Firmato digitalmente da: Iacchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 3702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

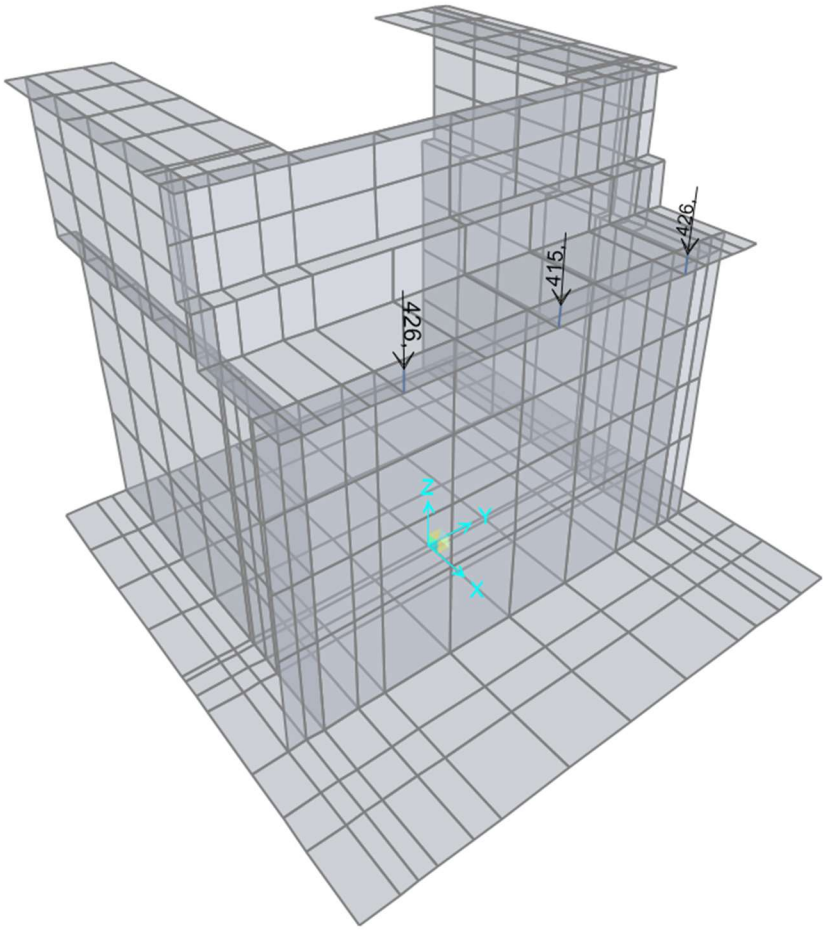


Figura 6-2 - Modello FEM – Vista assonometrica carichi permanenti strutturali impalcato dall'impalcato in kN (imp_perm)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

6.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI

6.2.1 Terreno di riempimento e pavimentazione

Si applica un carico uniformemente distribuito sulla platea di fondazione, si considera un'altezza di terreno compreso tra i muri pari all'altezza del muro frontale più paraghiaia per un peso specifico e si aggiunge il carico della pavimentazione stradale di 9 cm:

- Peso specifico pavimentazione $\gamma_2 = 22.0$ kN/m^3
- Terreno di rilevato: $\gamma_3 = 20.0$ kN/m^3

Si considera

- permanente barriere di sicurezza 1,50 kN/m
- permanente parapetto 1,00 kN/m

  si applica un carico concentrato nei nodi delle shell

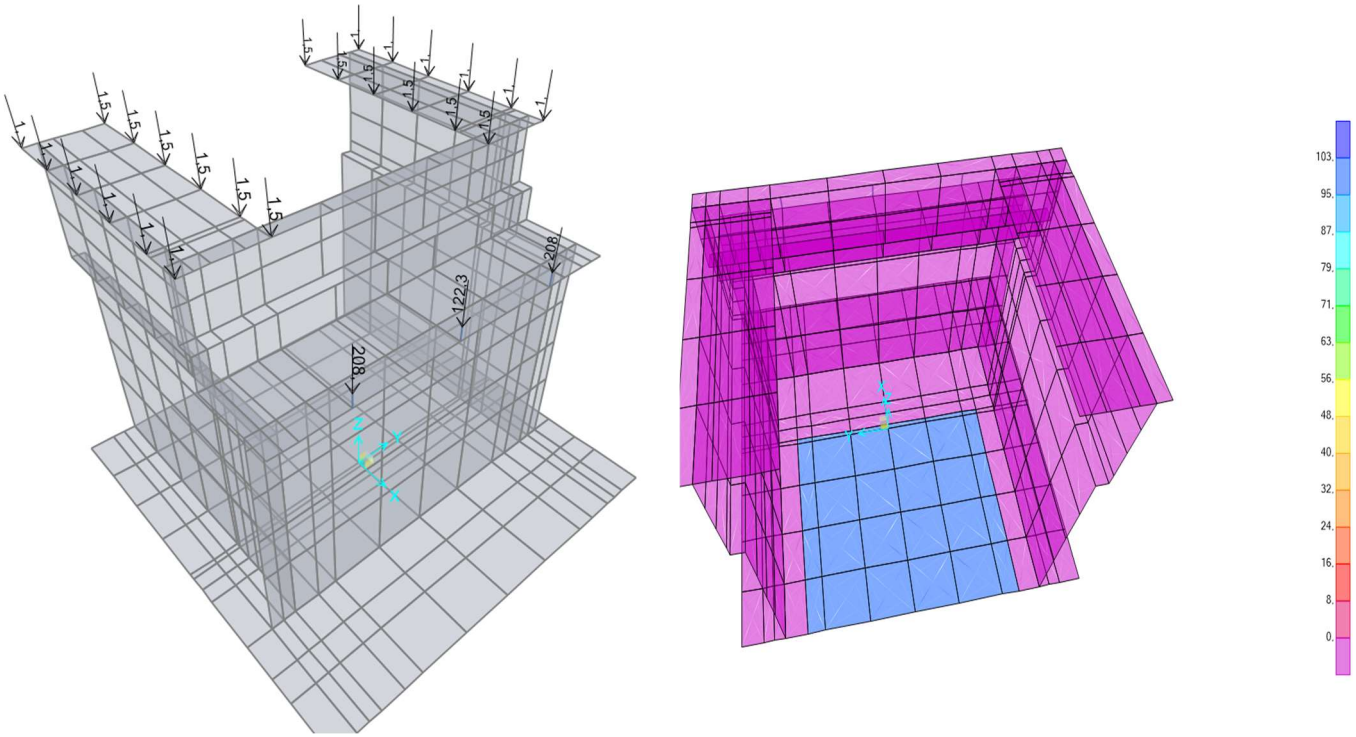
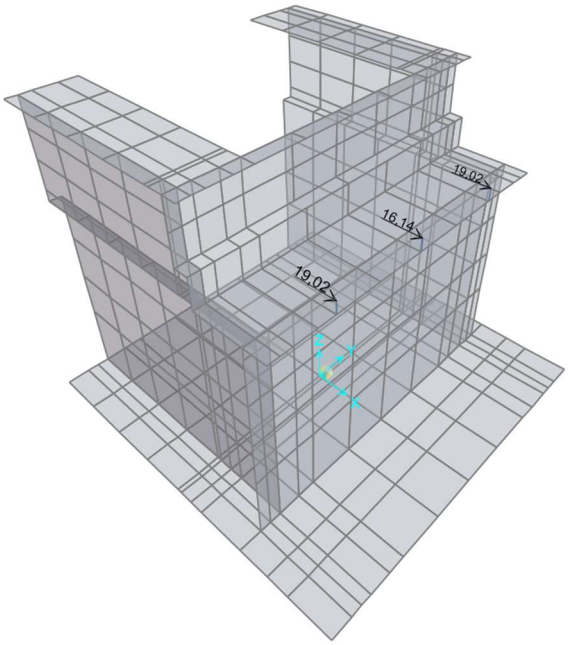


Figura 6-3 – Modello FEM – Vista assonometrica pressione del terreno di riempimento e barriere (Perm_g2)

6.2.2 Attrito

L'attrito agli appoggi è stato assunto come il 3% del carichi permanenti derivanti dell'impalcato e così applicati:



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-4 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi da attrito su impalcato kN

(attrito SLU – Attrito SLE)

6.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla sono legate allo spostamento relativo che lo stesso può subire; avendo previsto una platea su pali, si può assumere che le deformazioni del terreno siano impedite dalla struttura. Sulla base di tali ipotesi la pressione esercitata dal terreno sull'opera viene considerata come una spinta a riposo che viene calcolata come:
La spinta statica totale sulla parete S_{0h} si calcola secondo le seguenti relazioni:

$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z)dz$	spinta a riposo statica totale sul muro
$\sigma_h(z) = \sigma_v(z)*K_0 – 2*c*\sqrt{K_0}$	pressione orizzontale di spinta del terreno
$\sigma_v(z)$	pressione verticale del terreno
$k_o = (1–sen(\varphi')*OCR^{\alpha})*(1+sen\ \beta)$	coefficiente spinta a riposo (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966)
OCR = 1	grado di sovra consolidazione
α = 0	
H	altezza della parete di spinta
φ = 35°	angolo attrito del terreno da rilevato
δ = 0°	attrito tra terreno e paratia
ψ = 90°	angolo tra parete di spinta e piano orizzontale
β = 3,5°	angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale
c	coesione del terreno

Il coefficiente di spinta risulta Ko= **0,452**

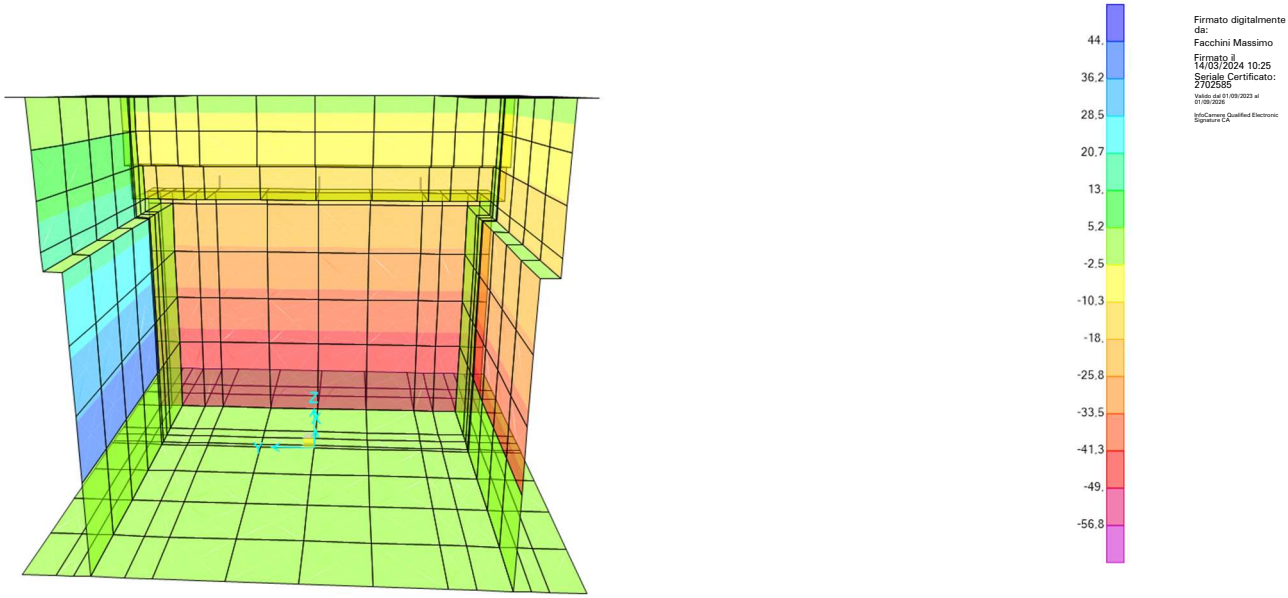


Figura 6-5 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica spinta del terreno in kN/mq (Sp_terra)

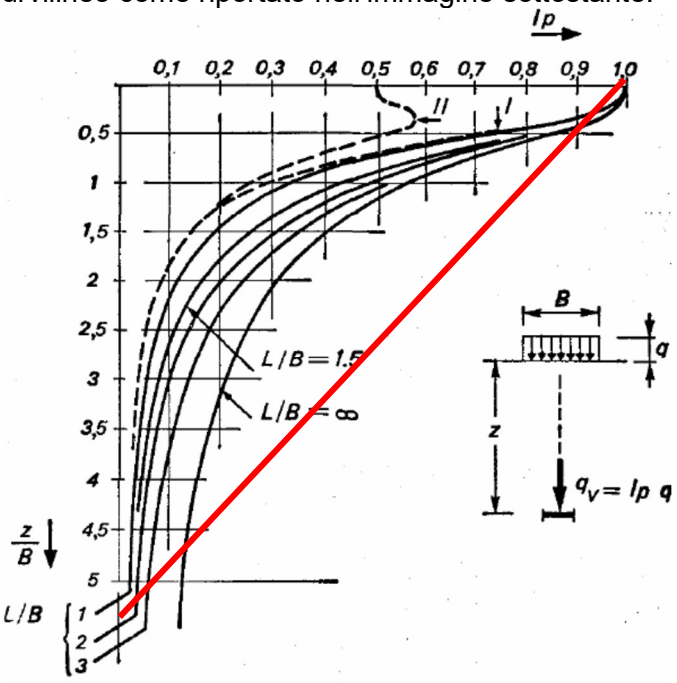
6.4 AZIONI VARIABILI

6.4.1 Traffico sulla spalla

Il carico da traffico sulla spalla viene considerato in due specifiche condizioni di esercizio:

- caso 1 traffico derivante dell'impalcato a tergo delle spalle si considera il carico distribuito di 9,00 kN/mq
- caso 2 traffico tandem non ancora sull'impalcato ma a tergo delle spalle.

Il carico rettangolare del Qik ripartito su una superficie di 3x2,2, come richiesto della circolare dei Lavori Pubblici 7, viene ripartito nel terreno in accordo con la teoria di Boussinesq. L'andamento delle pressioni generate dal sovraccarico concentrato presenta un massimo in testa al muro e tende a diminuire con la profondità con andamento curvilineo come riportato nell'immagine sottostante:



A favore di sicurezza la spinta la si considera triangolare partendo dalla testa muro (linea Rossa).

Nei carichi UDL è stato inserito il carico distribuito sui marciapiedi. I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 5 kN/m^2 con valore di combinazione pari a 2.5 kN/m^2 (§ 5.1.3.3.3 NTC08).

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

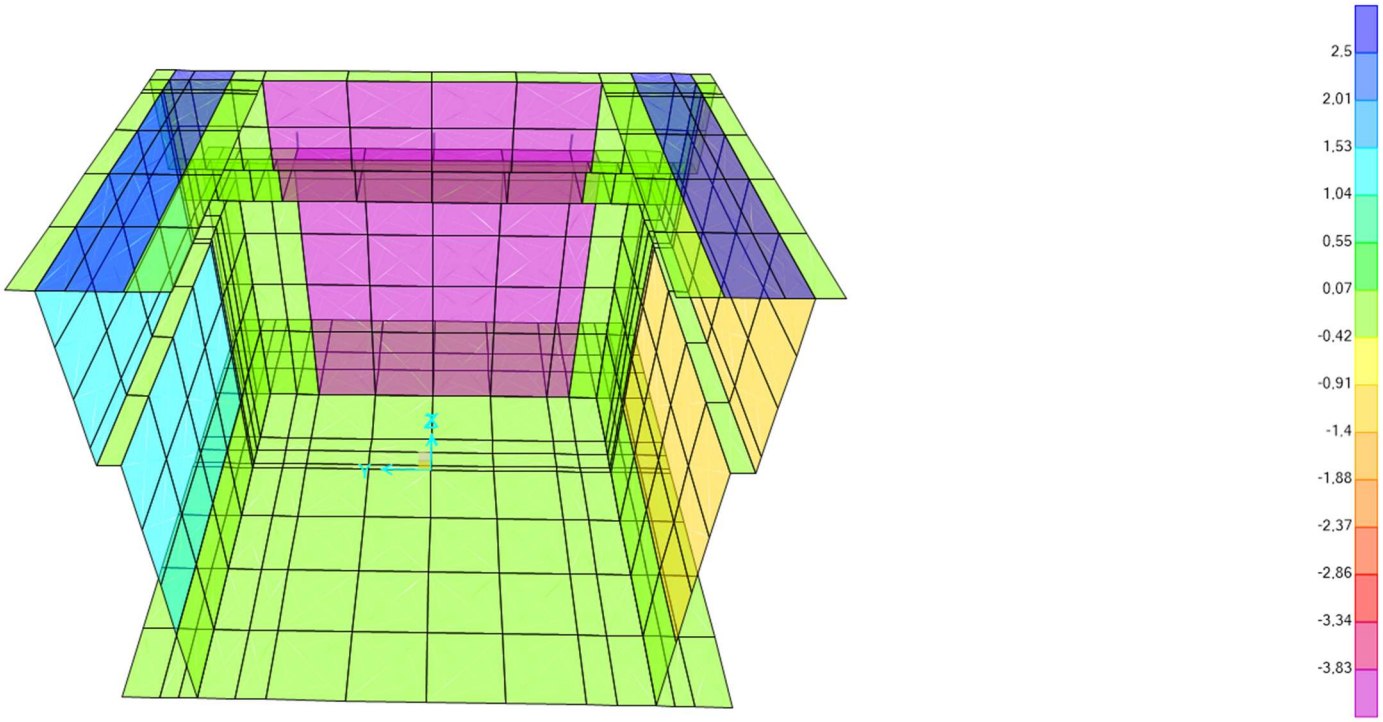


Figura 6-6 – Modello FEM– Vista assonometrica pressione da traffico UDL centrata (Sp_UDL_cent)

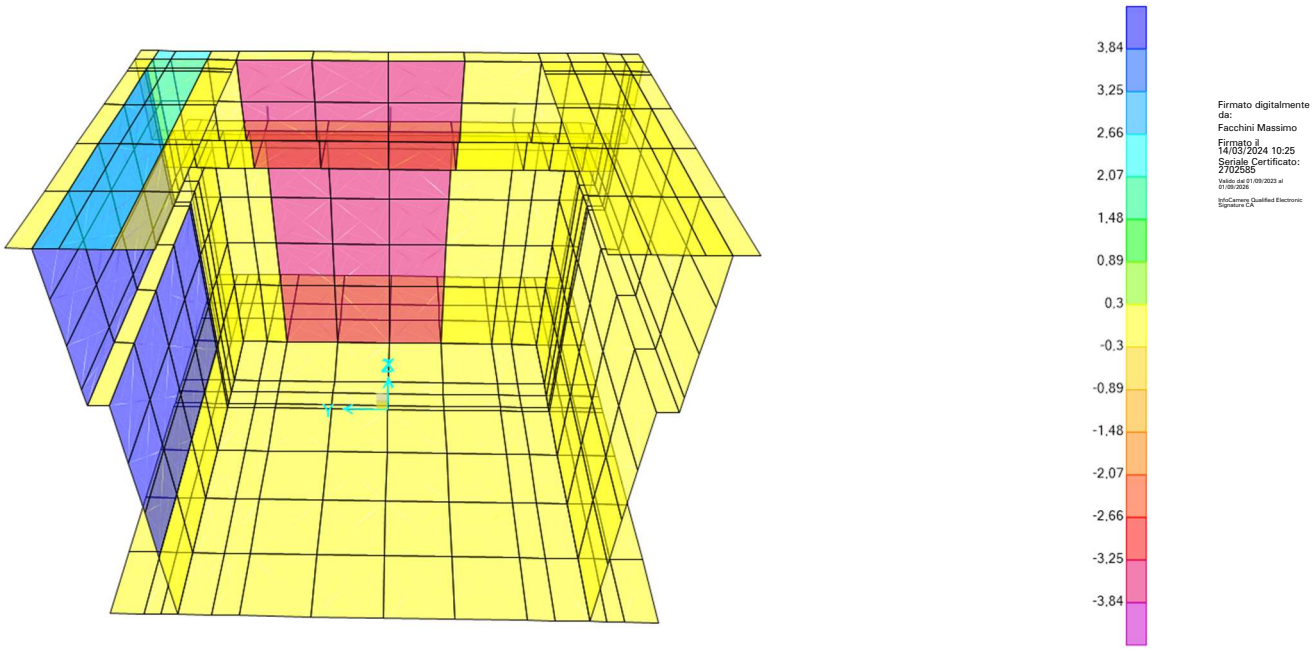


Figura 6-7 – Modello FEM– Vista assonometrica pressione da traffico UDL lato esterno (Sp_UDL_ecc)

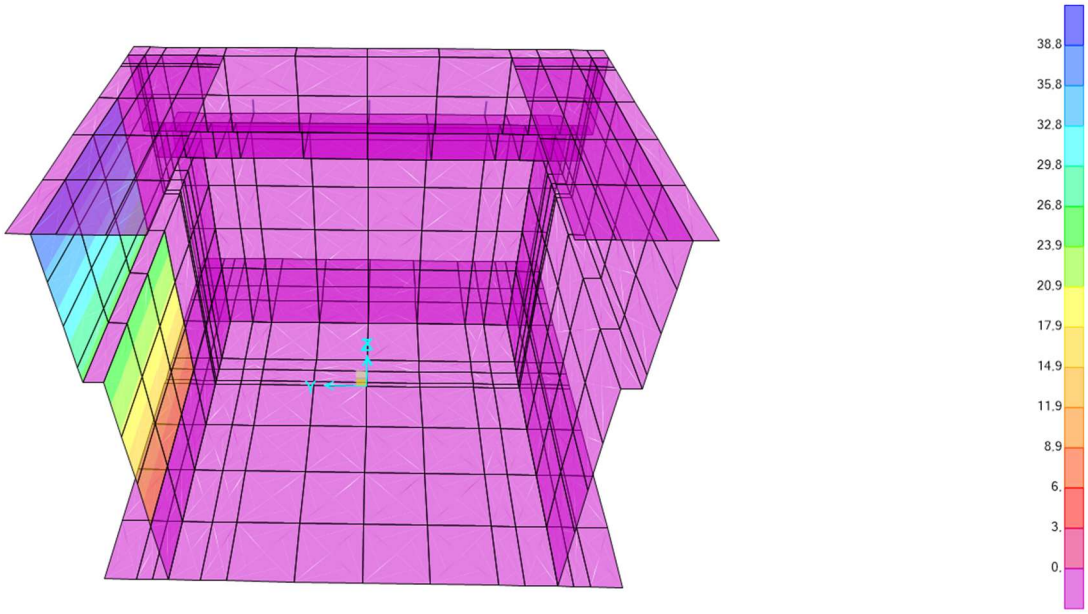
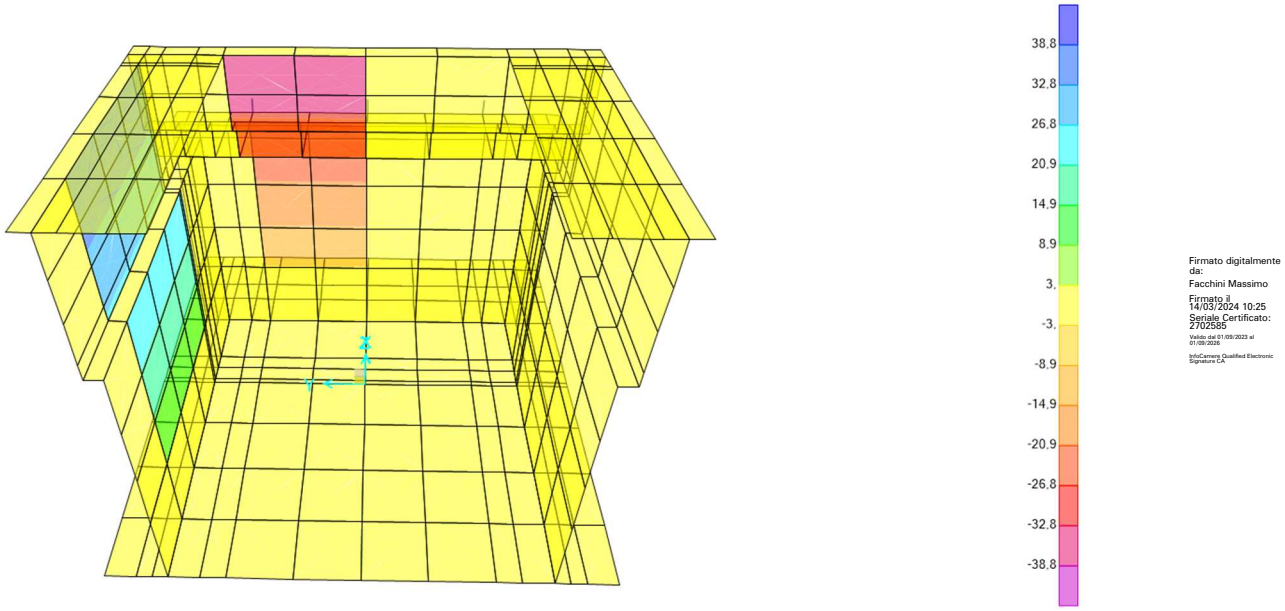


Figura 6-8 – Modello FEM– Vista assonometrica pressione da traffico TS (Sp_TS1_ecc)



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-9 – Modello FEM– Vista assonometrica pressione da traffico TS (Sp_TS2_ecc)

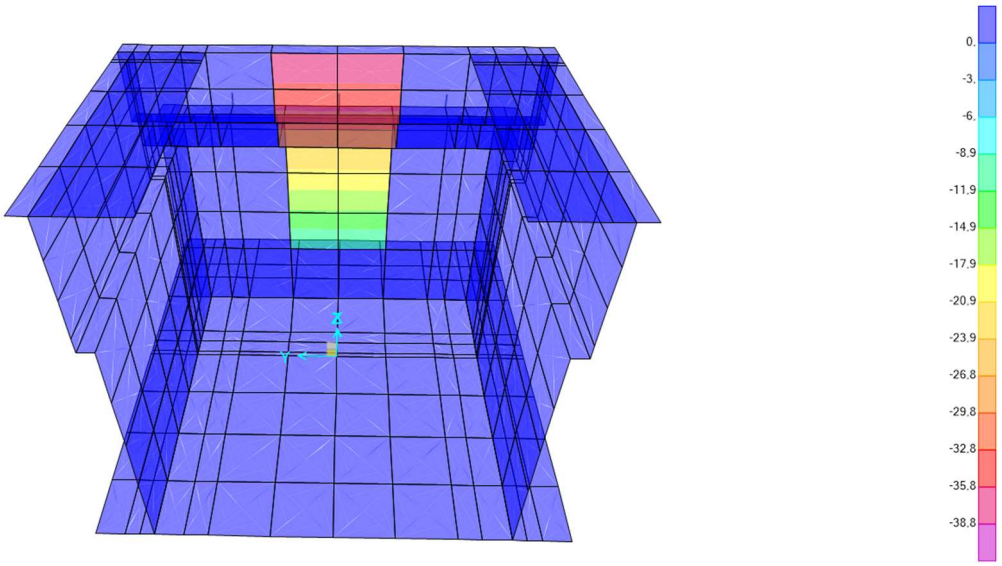
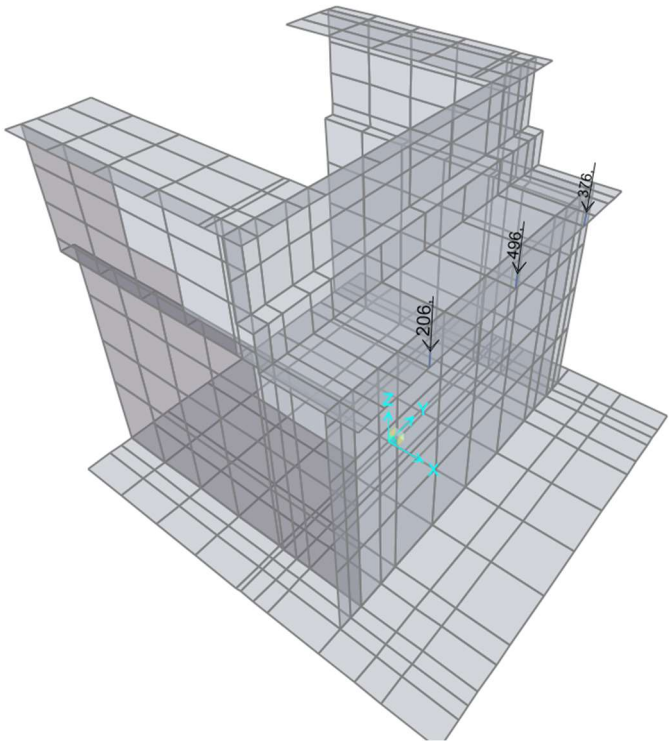


Figura 6-10 – Modello FEM– Vista assonometrica pressione da traffico TS (Sp_TS3_cent)

6.4.2 Traffico sull'impalcato

I carichi associati alle combinazioni di traffico sull'impalcato, forniti dal calcolatore dell'impalcato, sono applicati al modello come carichi concentrati sulla parete frontale della spalla in corrispondenza dei punti d'appoggio dell'impalcato stesso.



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-11 – Modello FEM – Vista assonometrica carichi da traffico trasmessi dall'impalcato in kN (imp_TS+UDL)

6.4.3 Vento, azione termica sull'impalcato

I carichi associati alle combinazioni accidentali per azioni ambientali da vento. In particolare il carico da vento applicato sui muri laterali della spalla viene dato dal calcolo dell'impalcato e si ha:

- vento orizzontale in esercizio (vedi relazione impalcato) 2.50 kN/m^2

In particolare si assume un'impronta pari all'ingombro del veicolo pari a 3,00 mt . L'azione è concentrata nei modi con passo 1,00 mt

- $v_w = 2{,}50 \cdot 3{,}00 \cdot 1.00 = 7{,}50kN$
- $m_w = 7{,}50 \cdot \frac{3{,}00}{2} = 11{,}25\ kNm$

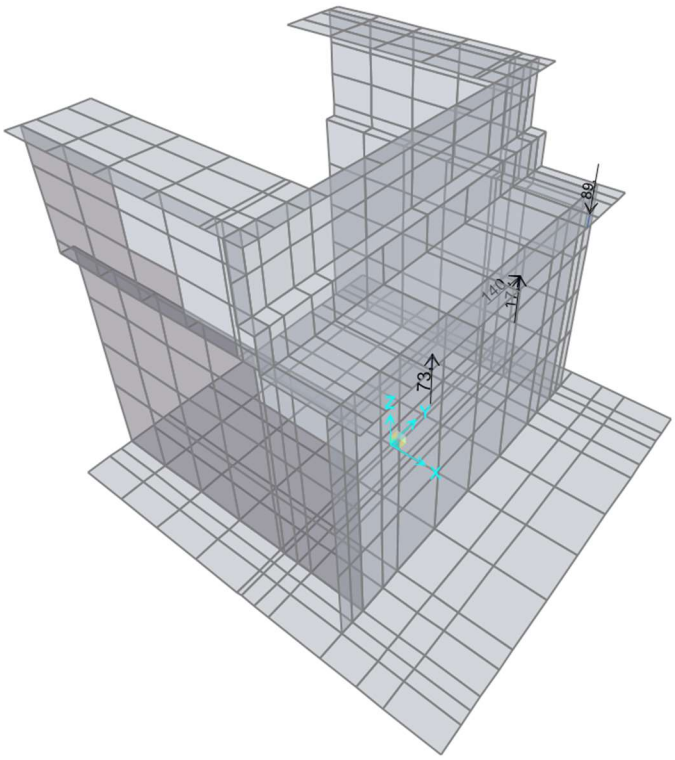


Figura 6-12 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi da vento su impalcato kN (imp_vento)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

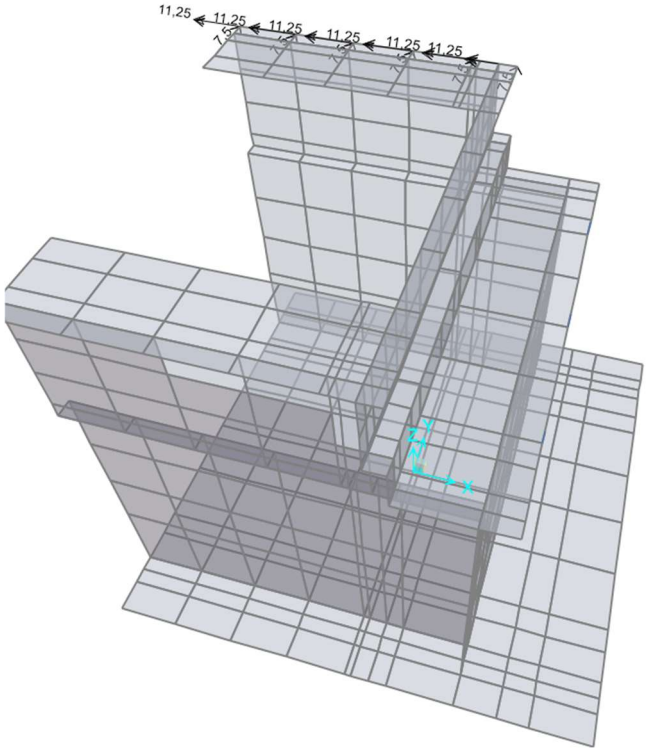


Figura 6-13 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi da vento su muro kN (vento)

6.4.4 Frenamento

Il carico da frenamento derivante da impalcato è applicato solo sulla spalla fissa e risulta:

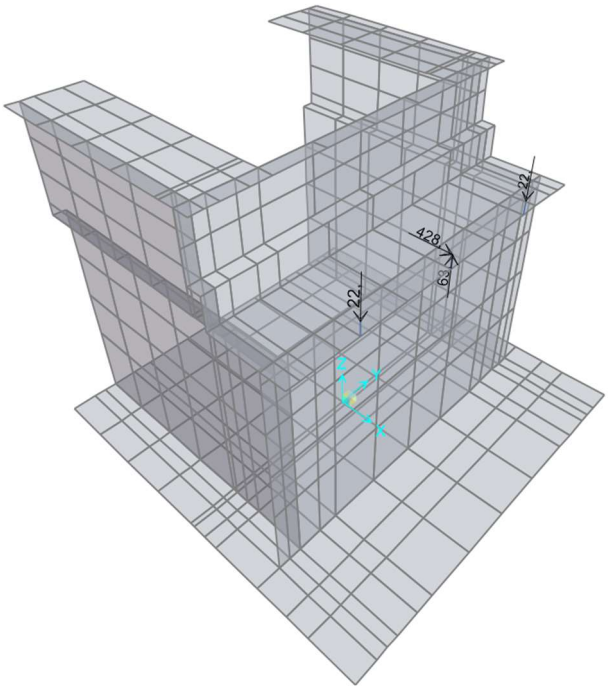


Figura 6-14 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi da frenamento da impalcato kN su spalla fissa (imp_fren)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

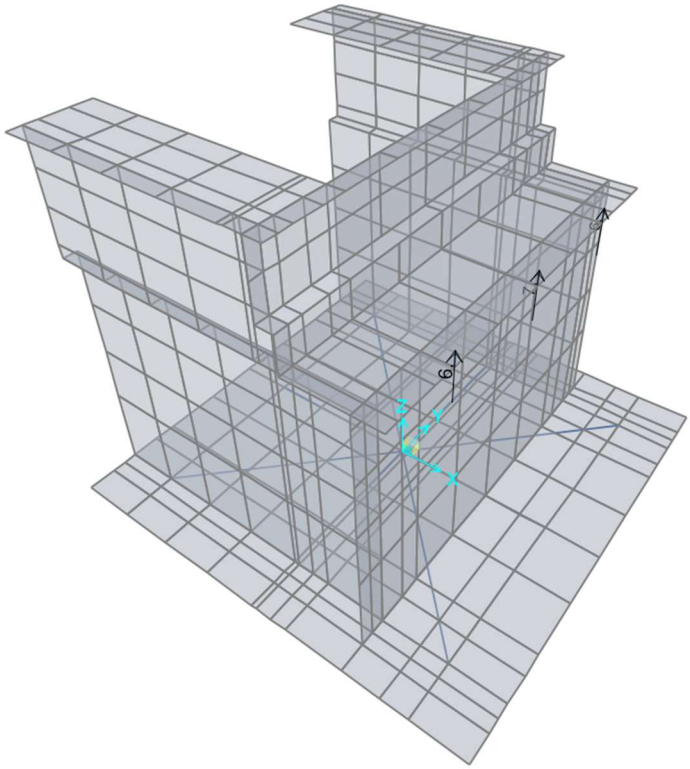


Figura 6-15 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi da frenamento da impalcato kN su spalla mobile (imp_fren)

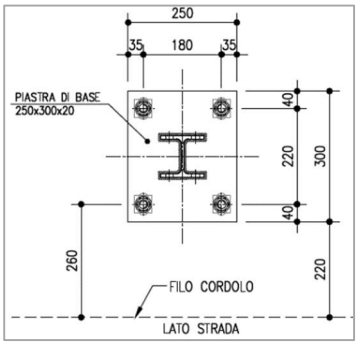
Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

6.4.5 Azioni da urto

In accordo con quanto prescritto dalle NTC2018 gli elementi di supporto saranno verificati considerando un'azione eccezionale da urto puntuale e pari a 100kN applicata a 1m dal piano di marcia.
In particolare si considerano le azioni che inducono alla plasticizzazione di montanti medio pesanti per l'installazione di una barriera bordo ponte amplificate per un fattore di sovra resistenza di 1.5.

Si riportano di seguito le caratteristiche di una barriera di sicurezza (BPH2) utili ai fini dell'individuazione delle azioni da considerare

Profilo montante HEA100
Interasse 1500 mm
Spessore massimo malta di allettamento: 10 mm
Classe dell'acciaio del montante : S275JR
Piastra di base



Le sollecitazioni agenti sul singolo tirafondo sono state definite in funzione del momento di plasticizzazione del profilo HEA100 (W_{pl} = 83.01cm³), assumendo che sia applicato ad una quota di 1.00 m dal piano viario.

$$M_{Sd} = W_{pl} \cdot f_{yk} \cdot 1.5 = 83.01cm^3 \cdot 275MPa \cdot 1.5 = 34.24\ kNm$$

$$V_{Sd} = 34.24kN$$

In linea generale l'urto autoveicolo-barriera può essere distinto in due fasi:
I fase:

l'autoveicolo entra in contatto con la barriera, urtandola con un angolo θ detto angolo d'impatto, e con una velocità v detta velocità d'impatto. La barriera si deforma (sia localmente che nella zona di contatto per effetto degli spostamenti rigidi che interessano anche più elementi di barriera) contemporaneamente alla carrozzeria del veicolo. Il moto rettilineo si trasforma in modo rotatorio intorno al punto d'impatto, che diventa centro di istantanea rotazione, con moto vario. Alla fine del movimento di rotazione, il veicolo si dispone parallelo alla barriera. A questo punto la componente della velocità, normale all'asse della barriera, diminuisce fino ad annullarsi. Mentre la deformazione dell'autoveicolo e della barriera aumentano fino ai valori massimi.

II fase:

la barriera deformata restituisce parte dell'energia immagazzinata, imprimendo all'autoveicolo tutta una seria di reazioni che possono ricondurlo verso l'interno della carreggiata, con angoli di rinvio variabili in un campo molto esteso. Il veicolo quindi si allontana dalla barriera con una componente di velocità trasversale di verso opposto rispetto alla prima fase che dipende dall'eventuale restituzione di deformazione da parte della barriera. Questa schematizzazione riduce al minimo i parametri da analizzare, ma risulta efficace per determinare la resistenza della barriera alle azioni più critiche di esercizio (velocità e angoli d'impatto).

Le fasi appena descritte, possono essere riepilogate nel modello grafico che segue:

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

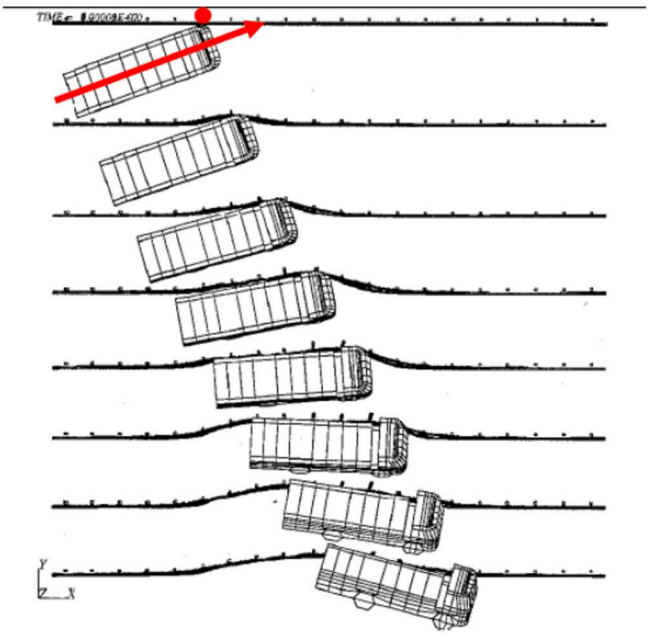


Figura 1. Fasi dell'urto (da SÈTRA)

Dallo schema si evince che il veicolo urta la barriera plasticizzando un montante, successivamente seguendo la dinamica dell'urto si plasticizzano i seguenti fino all'arresto del veicolo. Una volta plasticizzato il montante non tramette più azioni.
Nel modello si prende in considerazione la plasticizzazione contemporanea di due montanti in modo tale da avere un'azione completamente orizzontale pasi a

$$V_{Sd,tot} = 34.24 \cdot 2 = 68{,}48\ kN$$

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

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

6.5 AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

Vita Nominale e Classe d'Uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)
Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: VN = 75 anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità V<250 Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all' opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): C_u = 1.5.
I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale Vn per il coefficiente d'uso Cu, ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $\mathbf{V_R}$ = 75x1.5 = **112.5 anni**

Parametri di Pericolosità Sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / VR) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Categoria sottosuolo **B**

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Riferimento relazione geotecnica generale LI0202D78RBGE0005001E.pdf:

- Dal km 16+394.5 a fine tracciato km 24+930.52 si associa una categoria di sottosuolo sismica B.

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g, F_0, T^*_C) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.074	2.499	0.307
SLD	113	0.094	2.523	0.319
SLV	1068	0.242	2.452	0.346
SLC	2193	0.315	2.440	0.354

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_C \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S \rightarrow$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti sulla struttura comprendono:

- forze d'inerzia orizzontali della struttura, del terreno
- sovraspinta sismica del terreno sulla struttura
- carichi sismici trasmessi dall'impalcato in fase d'esercizio

6.5.1 Amplificazione sismica di progetto

Metodo pseudostatico

Con riferimento al § 7.11.6 delle NTC si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.
Si considera che la cinematica di spostamento della struttura in fase sismica risulti strettamente legata alla cinematica del terreno.

$k_h = \beta_m \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$ coefficiente sismico orizzontale

$k_v = 0.5 \cdot k_h$ coefficiente sismico verticale

$\beta_m = 1{,}00$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
$S_S = 1.163$ coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$ coefficiente di amplificazione topografica
$a_g = 0.242$ g accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81$ m/s^2 accelerazione di gravità

STATO LIMITE	k_h	k_v
	[g]	[g]
SLV	0.281	±0.141

Coefficienti di amplificazione sismica per gli stati limite considerati

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

6.5.2 Azioni inerziali masse

Con riferimento a § 3.2.4 delle NTC, si ritiene trascurabile in fase sismica il contributo delle azioni accidentali, pertanto vengono considerati i contributi dei soli carichi permanenti:

$$G = G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

G
massa totale efficace
G_1 masse dei pesi propri strutturali
G_2 masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno)
Q_{kj} masse dei carichi accidentali
$\Psi_{2j} = 0$

Le azioni inerziali orizzontali E_x e verticali E_y delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri G con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica k_h e k_v:

$E_x = G \cdot k_h$ azione inerziale orizzontale

$E_y = G \cdot k_v$ azione inerziale verticale

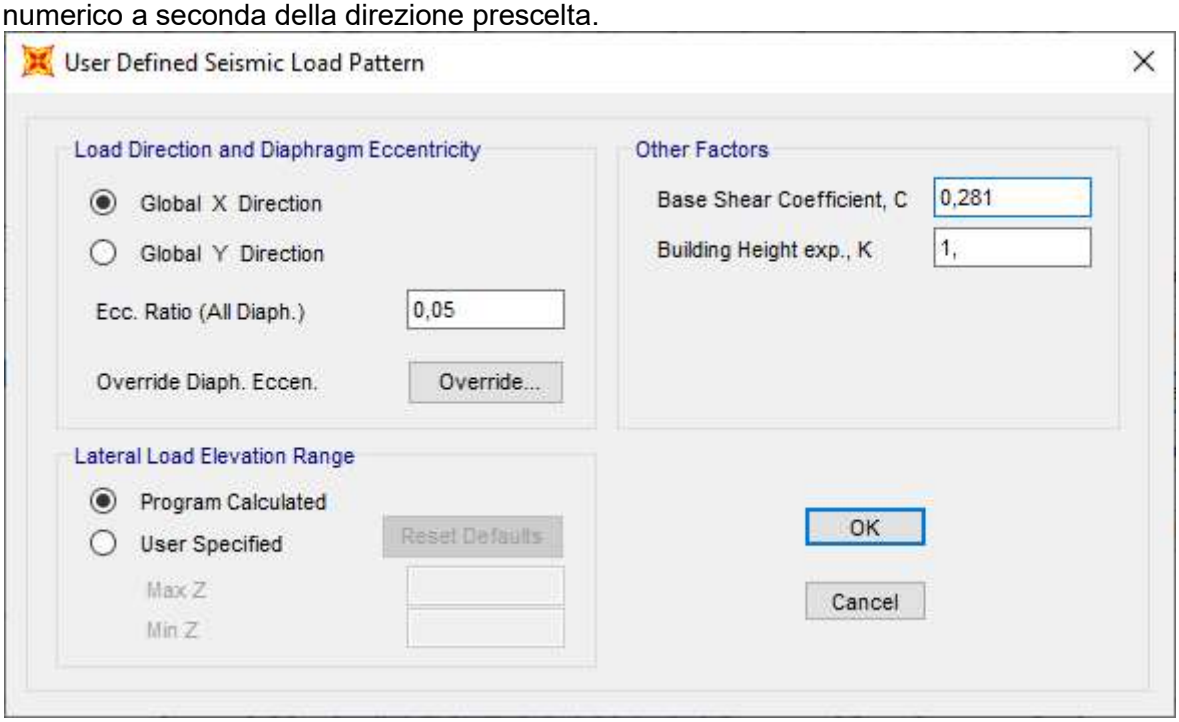
$G = G_1 + G_2$ masse efficaci sismiche

Le azioni dinamiche delle masse efficaci sono calcolate con accelerazione orizzontale kh = 0.281 g m/s^2 e verticale kv = 0.141g m/s^2.

Si è tenuto conto della variabilità del moto sismico considerando le direzioni principali di oscillazione orizzontale e verticale, in accordo con il §7.3.5 delle NTC, secondo le seguenti relazioni:

$$E_1 = E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$
$$E_2 = 0.30 \cdot E_x + E_y + 0.30 \cdot E_z$$
$$E_3 = 0.30 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + E_z$$

Le azioni E_x e E_y vengono modellate nel software di calcolo mediante forze applicate agli elementi finiti del modello numerico a seconda della direzione prescelta.



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-16 – Modello FEM Finale – Dettagli azioni inerziali peso proprio lungo X (Sp_inerz_X)

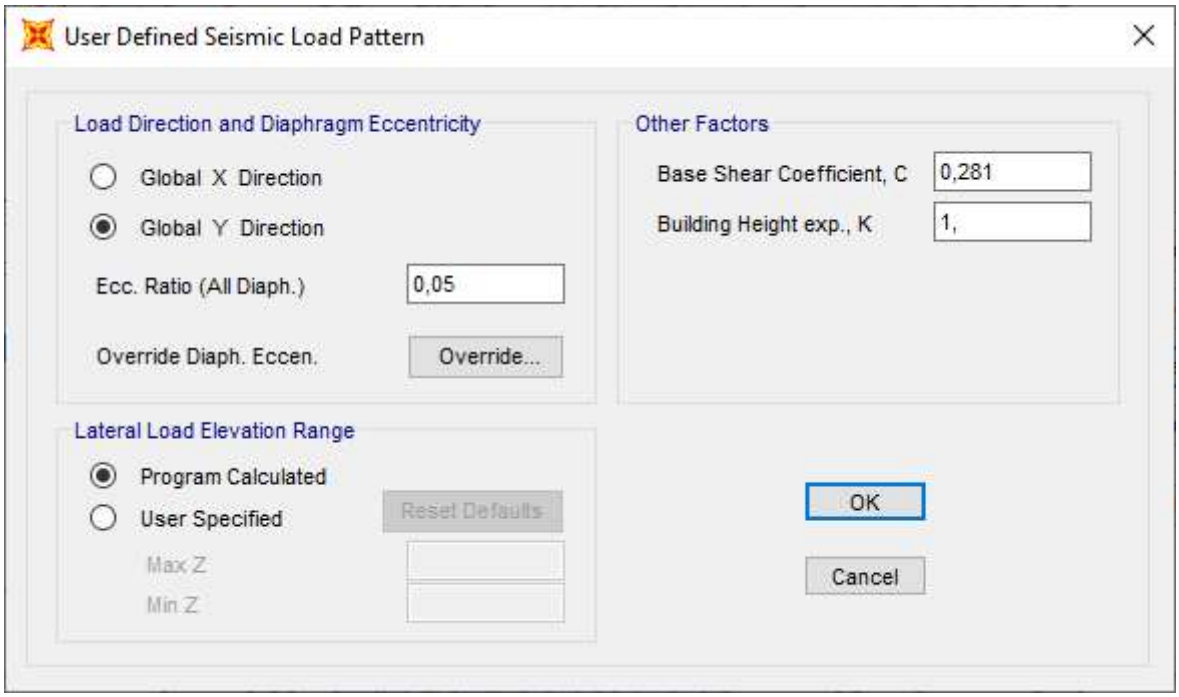


Figura 6-17 – Modello FEM Finale – Dettagli azioni inerziali peso proprio lungo Y (Sp_inerz_Y)

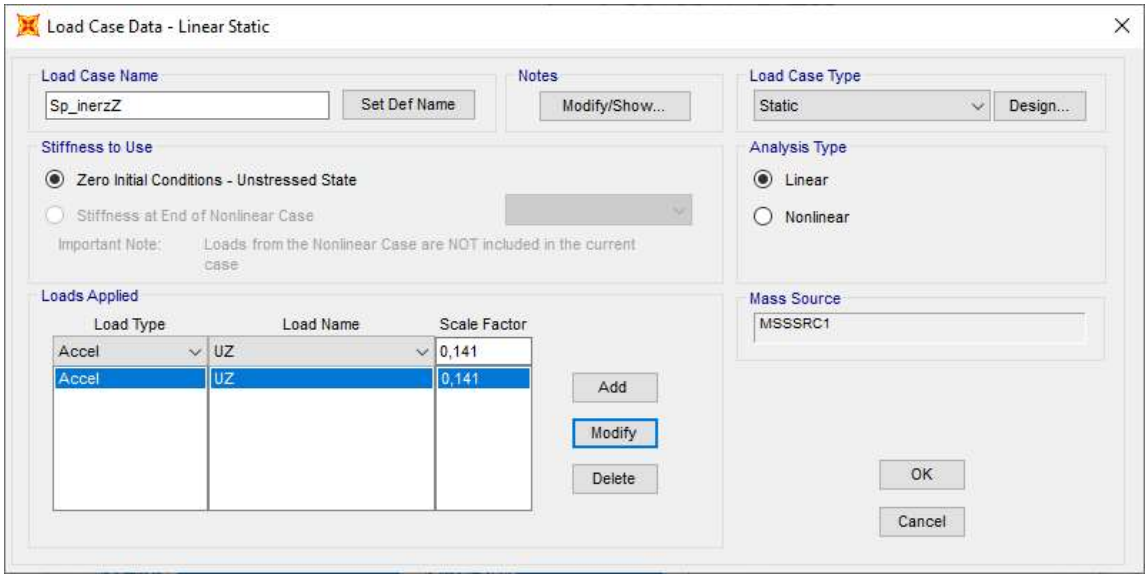


Figura 6-18 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica inerziali peso proprio lungo X (Sp_inerz_Z)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

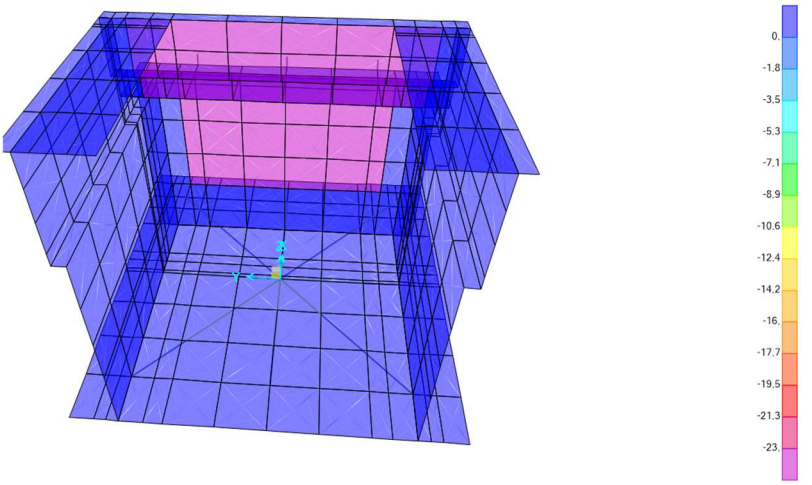


Figura 6-19 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica spinte inerziali terreno lungo X (SpTerra_inerz_X)

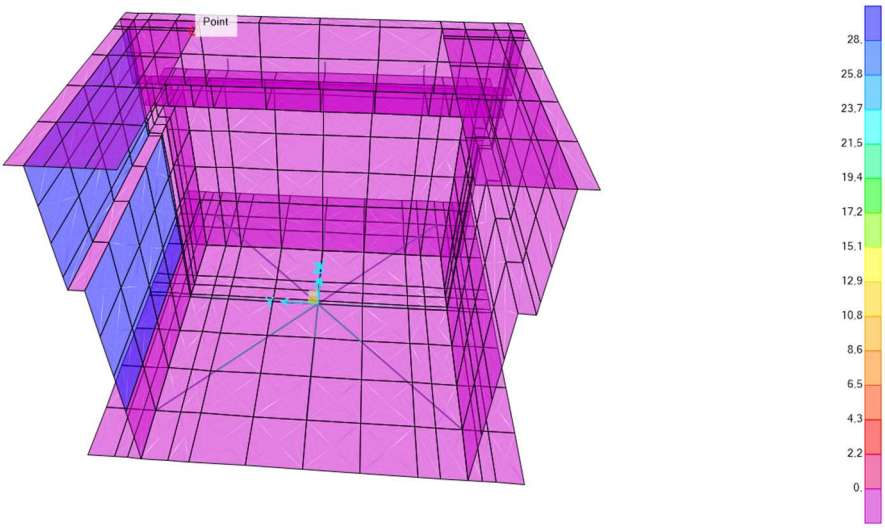


Figura 6-20 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica spinte inerziali terreno lungo Y (SpTerra_inerz_Y)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

6.5.3 Sovraspinte dinamiche del terreno

Le spinte delle terre, considerando la struttura una struttura rigida e priva di spostamenti (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con la formula:

per $\varepsilon \le \varphi' - \theta$ $\quad k_a = \dfrac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \operatorname{sen}^2\psi \cdot \operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\operatorname{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\varphi' - \varepsilon - \theta)}{\operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \operatorname{sen}(\psi + \varepsilon)}}\right]^2}$

per $\varepsilon > \varphi' - \theta$ $\quad k_a = \dfrac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \operatorname{sen}^2\psi \cdot \operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta)}$

$$k_p = \frac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \operatorname{sen}^2\psi \cdot \operatorname{sen}(\psi + \theta)\left[1 - \sqrt{\dfrac{\operatorname{sen}\varphi' \cdot \operatorname{sen}(\varphi' + \varepsilon - \theta)}{\operatorname{sen}(\psi + \varepsilon) \cdot \operatorname{sen}(\psi + \theta)}}\right]^2}$$

1. $\theta = \arctan\left(\dfrac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$ $\quad$ 2. $\theta = \arctan\left(\dfrac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\dfrac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$ $\quad$ 3. $\theta = \arctan\left(\dfrac{\gamma_d}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\dfrac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$

massima accelerzione al suolo	a_g/g =	0,242	(-)
coefficiente stratigrafico	S =	1,16	(-)
peso di volume naturale del terreno	γ =	20,0	(kN/mc)
peso di volume secco del terreno	γ_d =	10,0	(kN/mc)
peso specifico dell'acqua	γ_w =	10,0	(kN/mc)

- (●) 1. quota falda al di sotto dell'opera di sostegno
- ( ) 2. terreno impermeabile in condizioni dinamiche in falda ($\gamma = \gamma_{sat}$)
- ( ) 3. terreno permeabile in condizioni dinamiche in falda

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

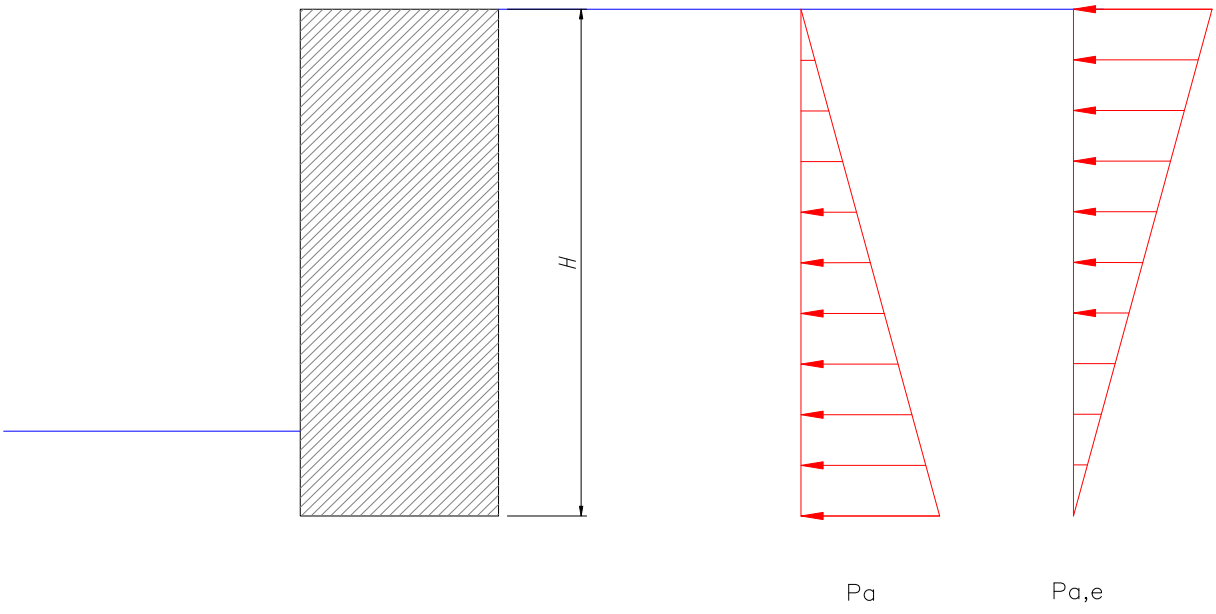
Coefficiente r per spostamenti ammissibili del muro r = 1

k_h = 0,2814 $\quad k_v$ = 0,1407

θ^+ = 13,86 (°) $\quad \theta^-$ = 18,14 (°)

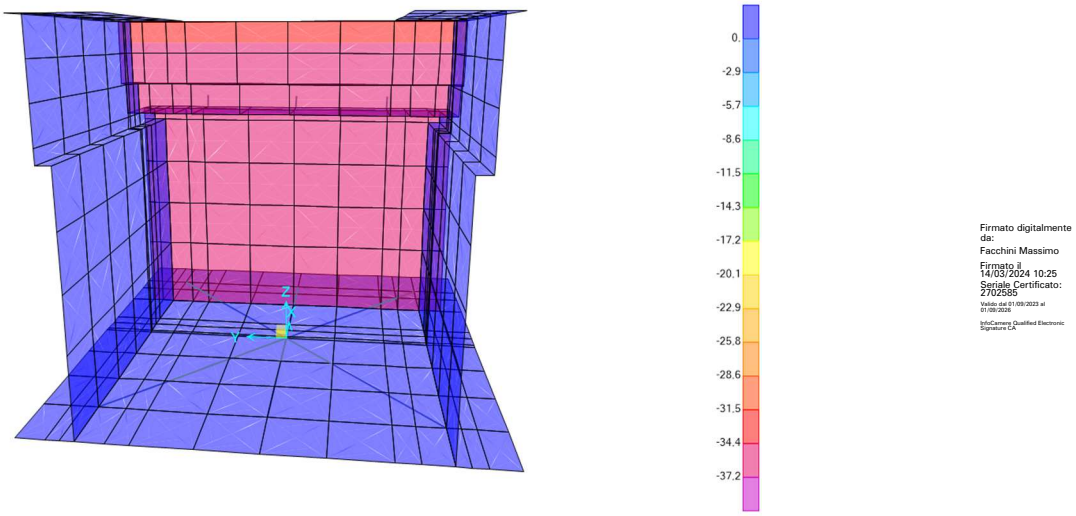
coefficienti di spinta attiva		
kas⁺ =	**0,4554**	**(-)**
kas⁻ =	**0,5373**	**(-)**

Le spinte delle terre statiche + sismiche sono determinate con i coefficienti riportati di sopra applicate secondo lo schema di seguito riportato:



con

- p_a spinta attiva
- p_{ae} incrementi dinamico



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-21 – Modello FEM – Vista assonometrica sovraspinta dinamica del terreno in direzione X

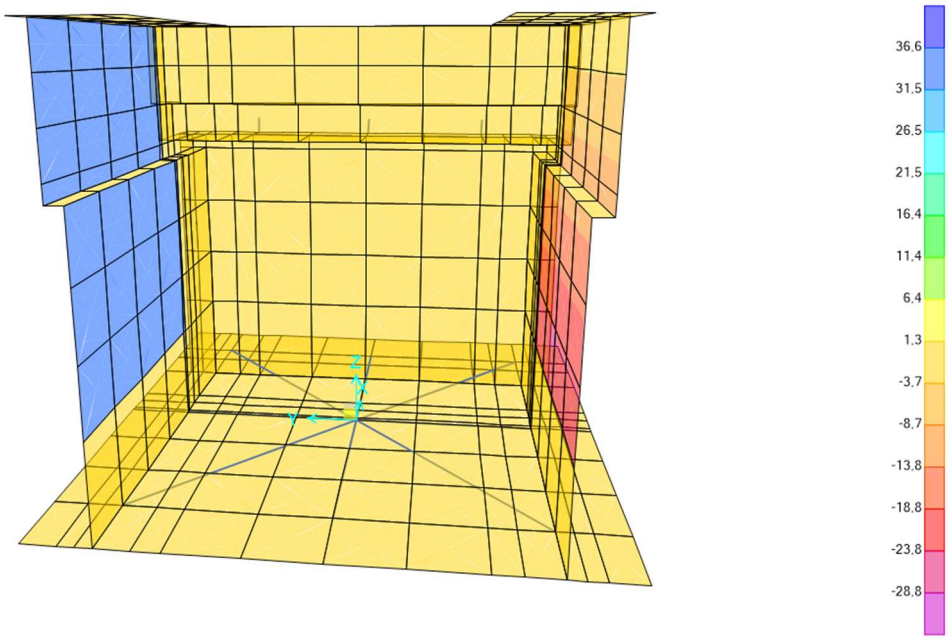
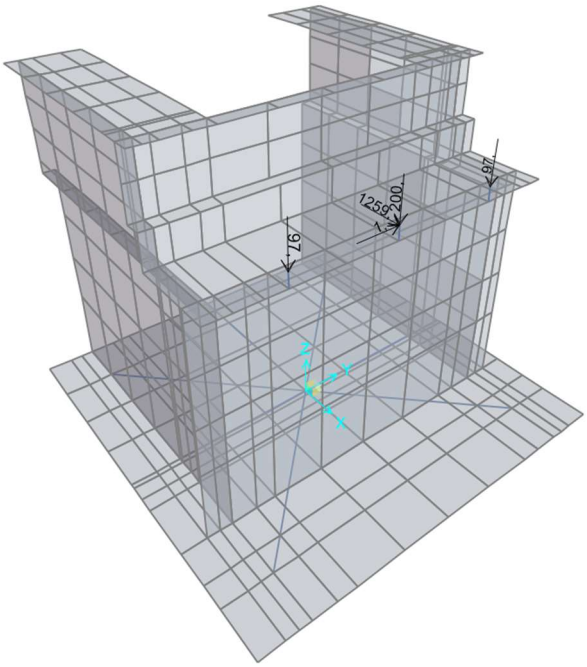


Figura 6-22 – Modello FEM – Vista assonometrica sovraspinta dinamica del terreno in direzione +Y

6.5.4 Carichi sismici trasmessi dall'impalcato

I carichi sismici in esercizio trasmessi dall'impalcato, forniti dal calcolatore dell'impalcato, sono applicati come carichi concentrati sulla parete frontale della spalla in corrispondenza dei punti d'appoggio dell'impalcato.



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Figura 6-23 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi sismici in direzione x trasmessi dall'impalcato su spalla fissa (Imp_sis_X)

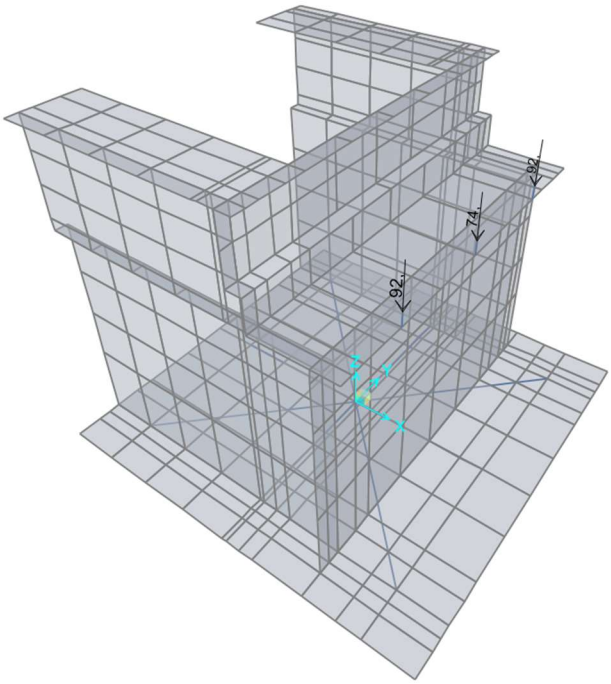


Figura 6-24 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi sismici in direzione x trasmessi dall'impalcato su spalla mobile (Imp_sis_X)

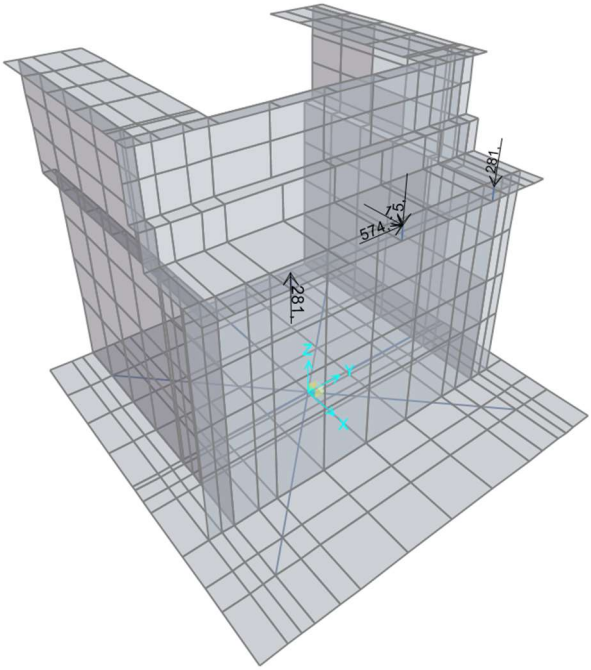


Figura 6-25 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi sismici in direzione y trasmessi dall'impalcato (Imp_sis_Y)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

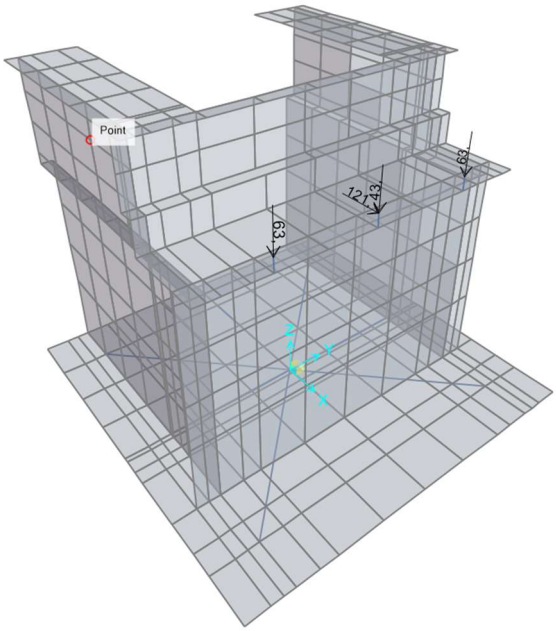


Figura 6-26 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi sismici in direzione -z trasmessi dall'impalcato su spalla fissa (Imp_sis_Z)

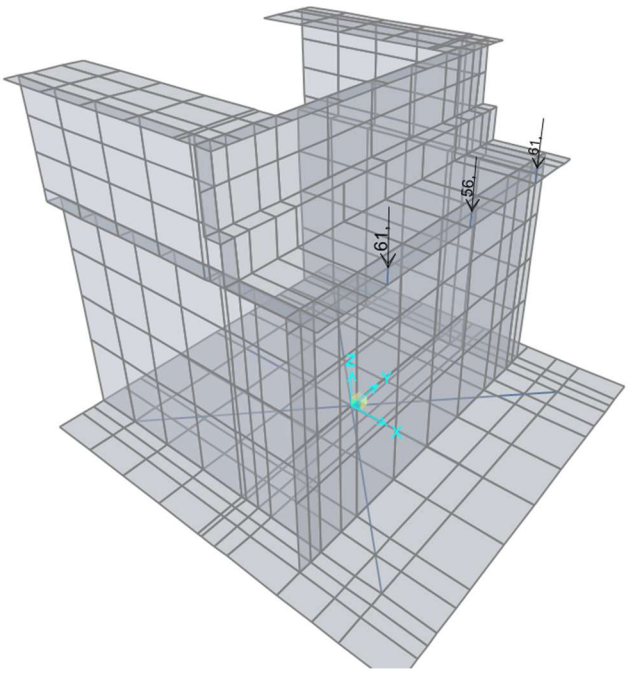


Figura 6-27 – Modello FEM Finale – Vista assonometrica carichi sismici in direzione -z trasmessi dall'impalcato su spalla mobile (Imp_sis_Z)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico di cui ai paragrafi precedenti sono state combinate secondo quanto indicato dalle norme tecniche sulle costruzioni NTC08.

$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^{n} \psi_{0j} \cdot Q_{kj}$ Comb. fondamentale SLU

$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^{n} \psi_{0j} \cdot Q_{kj}$ Comb. caratteristica rara SLE

$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^{n} \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$ Combinazione frequente SLE

$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^{n} \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$ Comb. quasi permanente SLE

$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^{n} \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$ Combinazione sismica SLE e SLU

$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^{n} \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$ Combinazione eccezionale SLU

G_1	masse dei pesi propri strutturali
G_2	masse dei carichi permanenti non strutturali
P	precompressione e pretensione
Q_{kj}	masse dei carichi accidentali
E	azione sismica
A_d	azione eccezionale

I coefficienti di contemporaneità delle azioni e i coefficienti parziali da adottare per gli SLU sono riportati nelle tabelle seguenti.

7.1 STATI LIMITE ULTIMI

7.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali

Come riportato al § 2.3 delle NTC, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k/\gamma_M ; a_d)$	valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
$Rd = R(\gamma F * Fk ; Xk/\gamma M ; ad)$	valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico
$\gamma_F * Fk$	azioni di progetto
$Xk/\gamma M$	proprietà del materiale di progetto
ad	geometria di progetto
γM	coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

7.1.2 Stati Limite di Esercizio strutturali e geotecnici

Come riportato al § 6.2.3.3 e § 5.1.4.2 delle NTC, La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$E_d \leq C_d$$

$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k/\gamma_M ; a_d)$	valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
$C_d = C(\gamma_F * F_k ; X_k/\gamma_M ; a_d)$	valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate

7.1.3 Stati Limite Ultimi geotecnici

Come riportato al § 6.2.3.1 delle NTC, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k/\gamma_M ; a_d)$	valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
$R_d = 1/\gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k/\gamma_M ; a_d)$	valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico
$\gamma_F * F_k$	azioni di progetto
X_k/γ_M	parametri di progetto
a_d	geometria di progetto
γ_R	coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza di progetto

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

7.1.4 Azioni di calcolo

	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			*Carichi orizzontali*		*Carichi verticali*
Gruppo di azioni	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico - tipologie di combinazioni di calcolo per azioni da traffico di tipo stradale (NTC 2018)

		Coefficiente	EQU[1]	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali [2] g_2	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90 1,00[3]	1,00 1,00[4]	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}$, $\gamma_{\varepsilon 3}$, $\gamma_{\varepsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 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.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

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
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

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

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

7.1.5 Resistenze di calcolo

Per le verifiche geotecniche si considerano i seguenti coefficienti parziali di sicurezza sulle resistenze del terreno.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

7.1.6 Combinazioni di carico delle verifiche

Le combinazioni agli SLE considerate nel modello comprendono la combinazione caratteristica, utilizzate per le verifiche tensionali che per le verifiche di fessurazione.

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

8. CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Il presente paragrafo illustra nel dettaglio i criteri generali di verifica adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.
Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione ed a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio per la fessurazione e per le tensioni.

8.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI.

Le verifiche di stato limite ultimo sono state eseguite nei confronti delle sollecitazioni di pressoflessione e taglio.

8.1.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di mobilitazione (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.
Le verifiche flessionali allo SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato:
Valido dal 07/09/2023 al 07/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Per quanto attiene la legge σ-ε del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e assumendo ε_{c2}=0,2% e ε_{cu}=0,35%.
Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente plastico.

8.1.2 Verifica a taglio

La verifica allo SLU per taglio è stata condotta assumendo i seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd,c} = \max\left\{C_{Rd,c} \cdot k \cdot \left[(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d;\ (\upsilon_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d\right\}$$

- Sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\vartheta$$

- Massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \upsilon_1 \cdot f_{cd}}{\cot\vartheta + \tan\vartheta}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{200/d}$ con d in mm
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}$
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd}$
- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo
- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$
- k_1=0.15
- $\upsilon_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}$
- υ = 0.5 per calcestruzzi fino a C70/85
- $1 \leq \cot\theta \leq 2.5$
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio
- s è il passo delle staffe
- fyd è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $\upsilon_1 = \upsilon$ = 0.5 è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio
- α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

8.2 VERIFICHE DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo stato limite di esercizio riguardano:

- Controllo delle tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo;
- Limitazione dell'ampiezza delle fessure nel calcestruzzo.

In entrambi i casi, il calcolo delle tensioni nella sezione resistente avviene ipotizzando una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. Nel primo caso, noti i valori delle tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo, si valuta il rispetto dei limiti tensionali previsti dalla norma; nel secondo caso in accordo con quanto riportato al capitolo 3, si adotta il limite w_1 = 0.2 mm per tutti gli elementi strutturali analizzati nella presente relazione.

8.2.1 Limitazione delle tensioni

La verifica riguarda il controllo degli stati tensionali ed è soddisfatta se risultano rispettati i seguenti limiti:

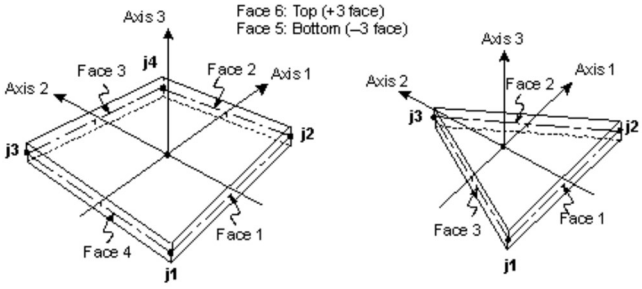
- $\sigma_c \leq 0.40\ f_{ck}$ (Combinazione Quasi Permanente)
- $\sigma_s \leq 0.75\ f_{yk}$ (Combinazione Quasi Permanente)
- $\sigma_c \leq 0.55\ f_{ck}$ (Combinazione Caratteristica)
- $\sigma_s \leq 0.75\ f_{yk}$ (Combinazione Caratteristica)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9. ANALISI STRUTTURALE: CRITERI GENERALI

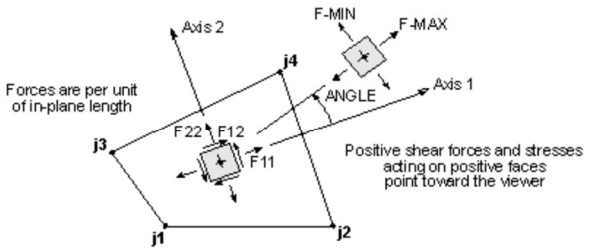
9.1 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

Si riportano le sollecitazioni degli elementi shell costituenti il modello di analisi, in particolare le sollecitazioni fanno riferimento alle convenzioni sugli assi locali indicate nelle immagini sottostanti:



Four-Node Quadrilateral Shell Element

Three-Node Triangular Shell Element



Membrane Forces

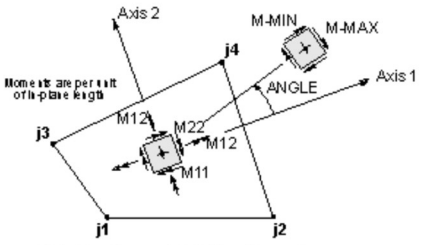
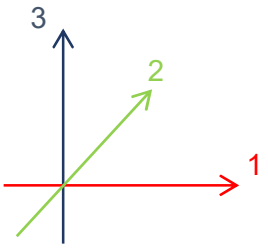


Plate Bending and Twisting Moments

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
Actalis Qualified Electronic

In particolare gli assi locali seguono la regola della mano destra e possono essere schematizzati come segue:

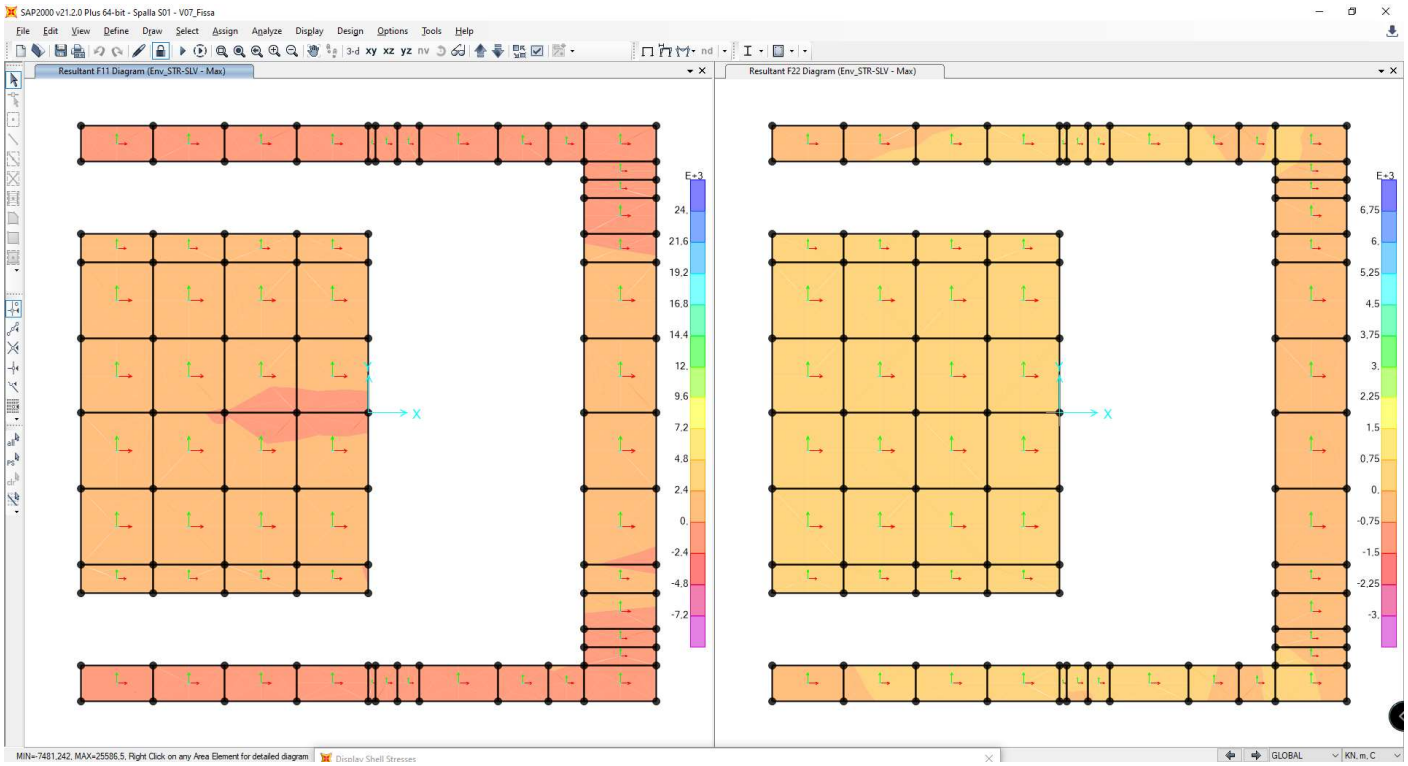


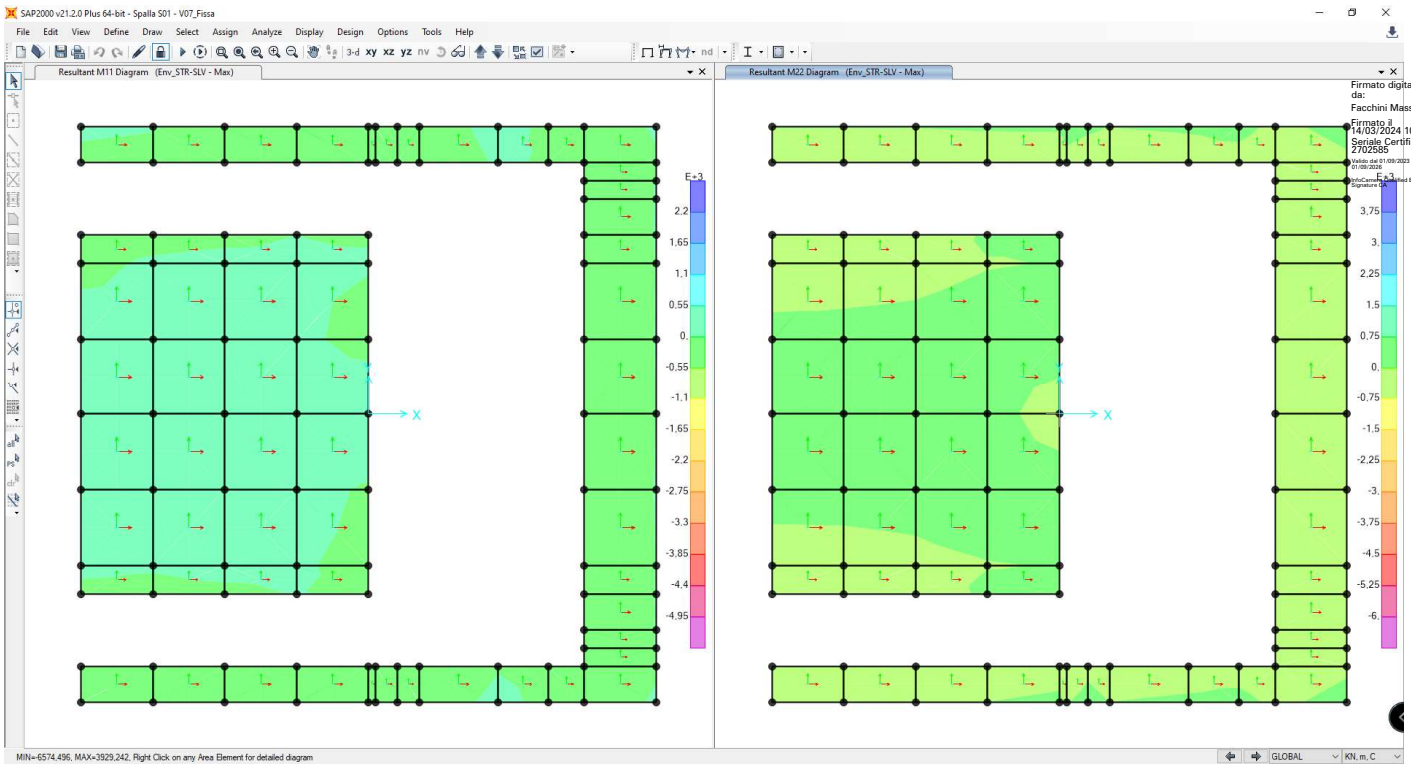
Le unità di misura sono:

Forze	kN
Momenti	kMm

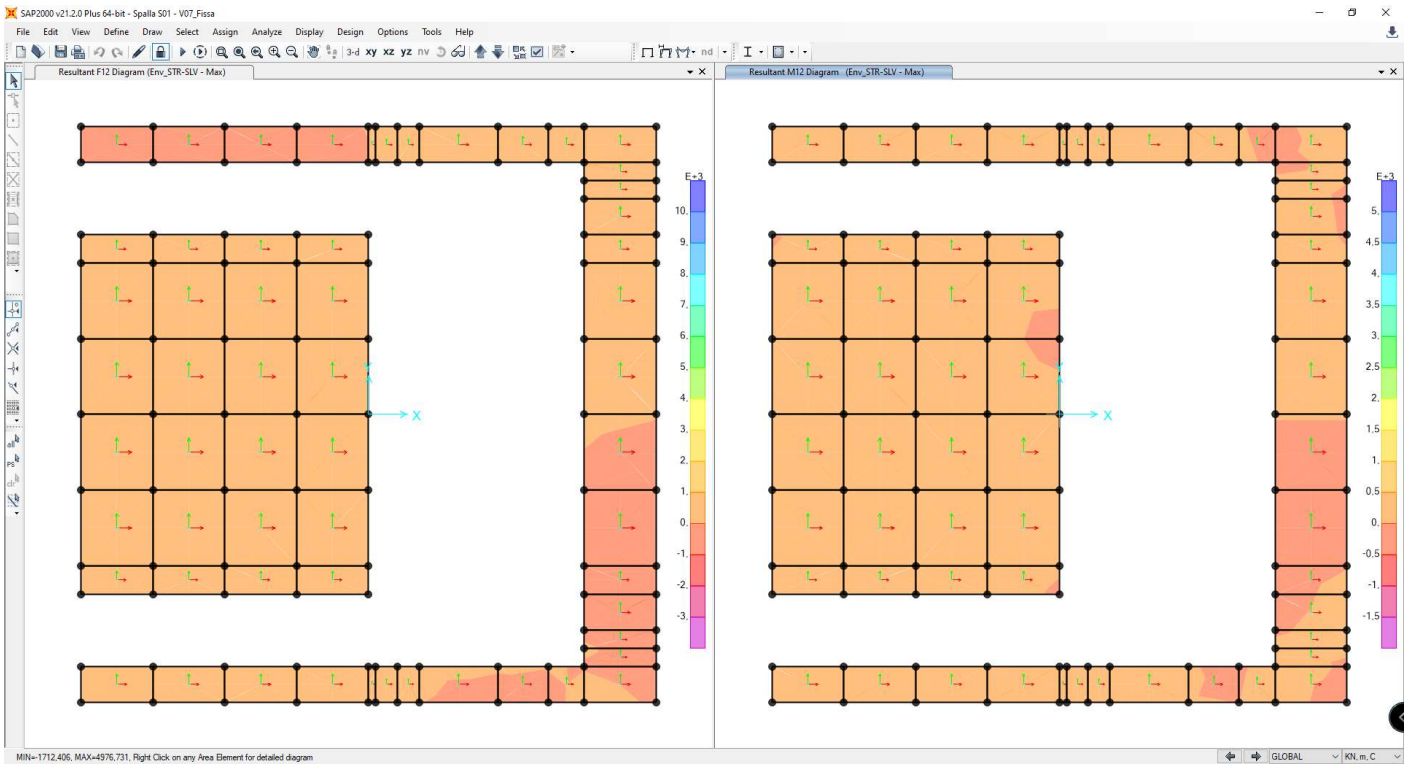
9.1.1 SOLLECITAZIONI

Fondazioni

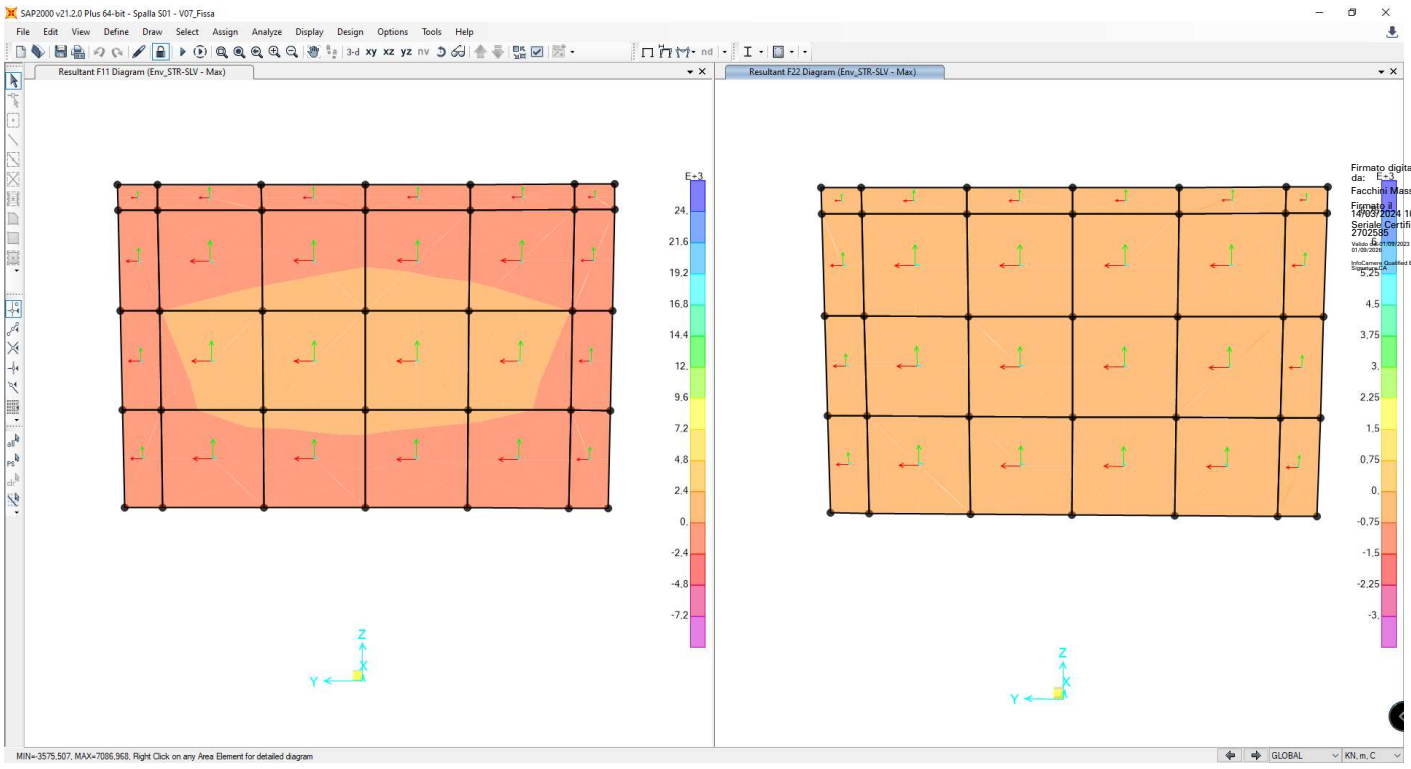




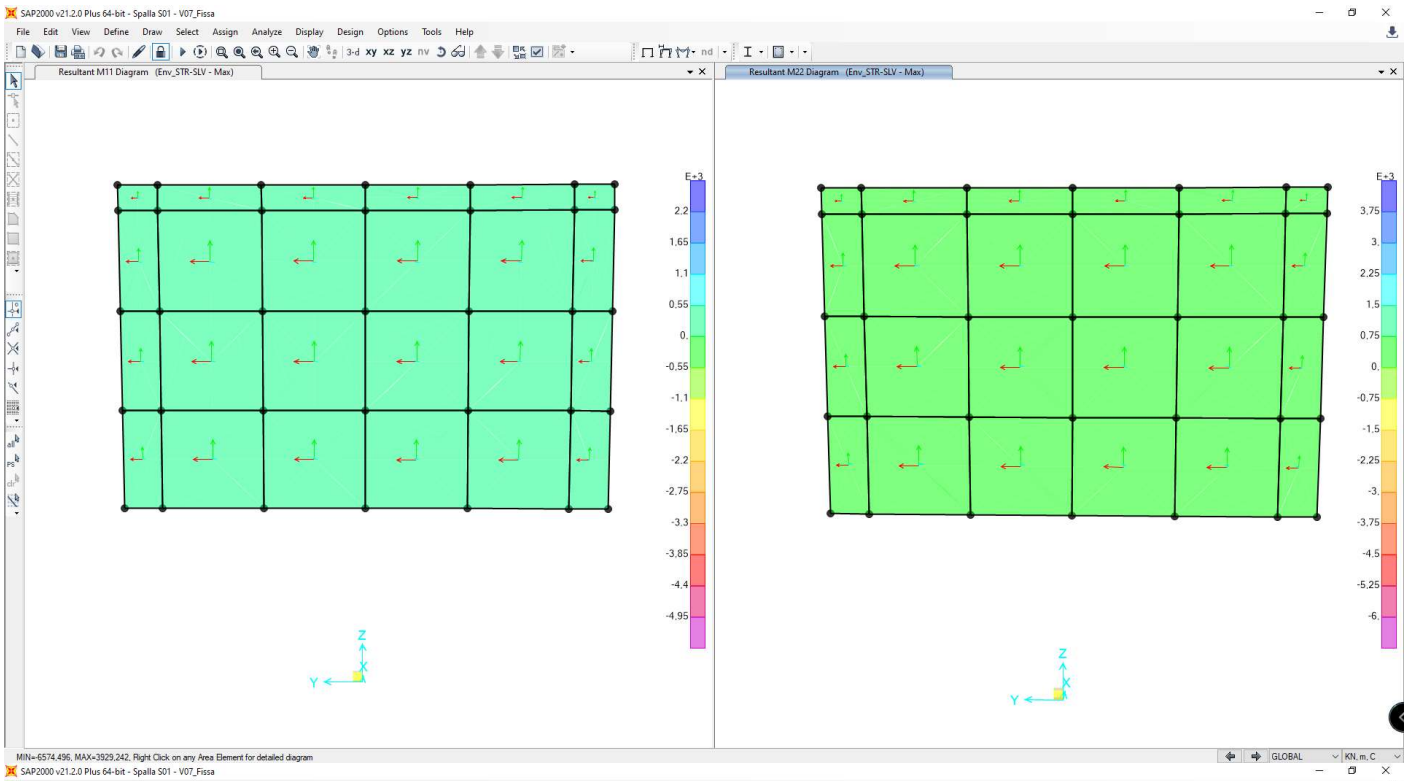
Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585

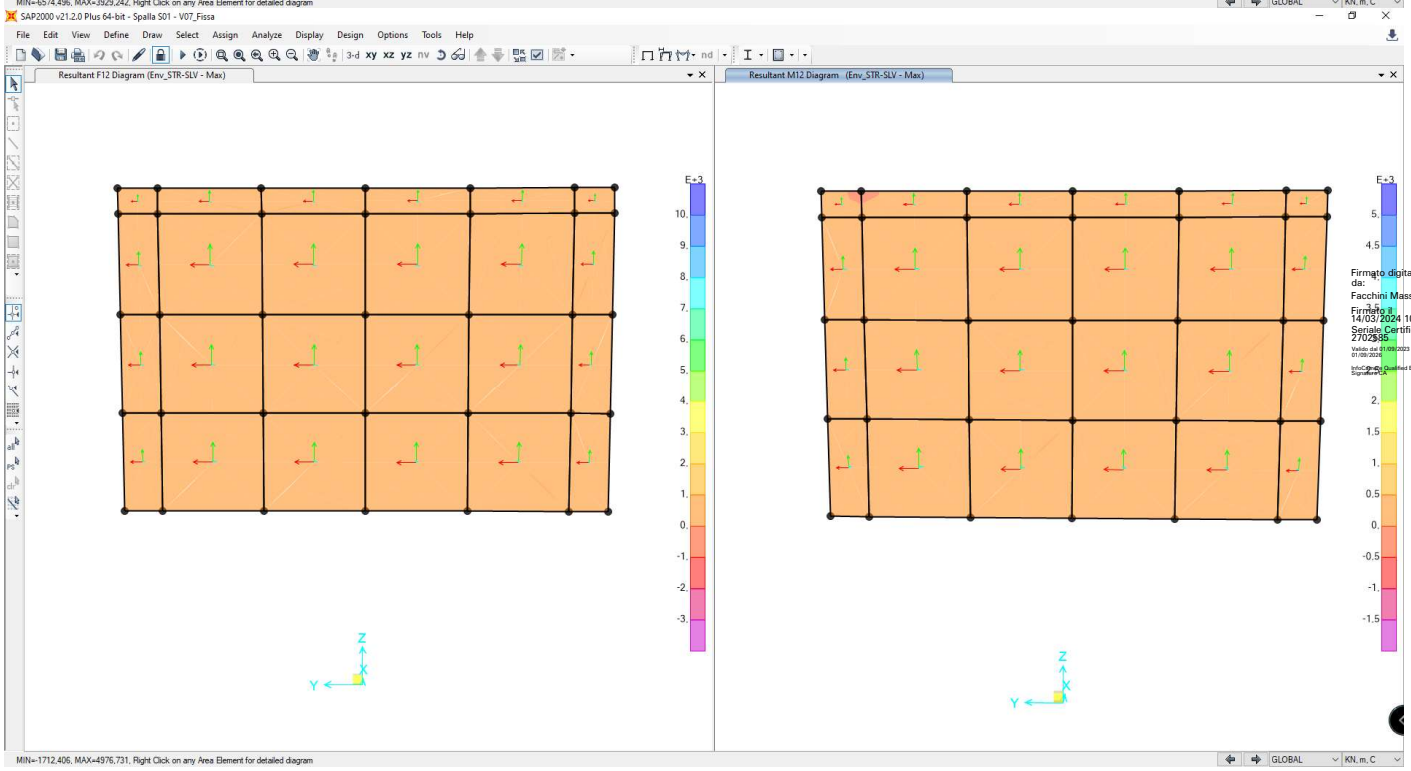


Muro frontale



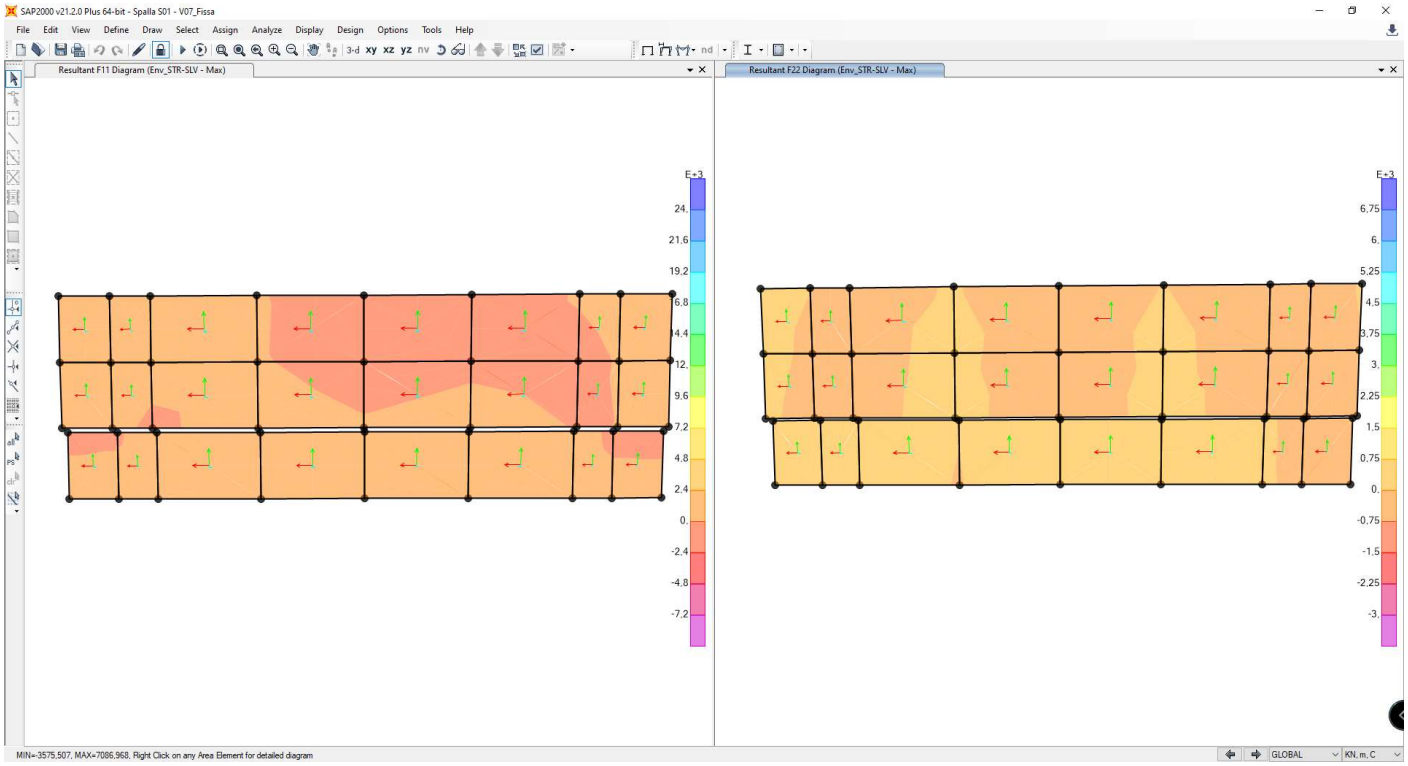
Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/09/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585

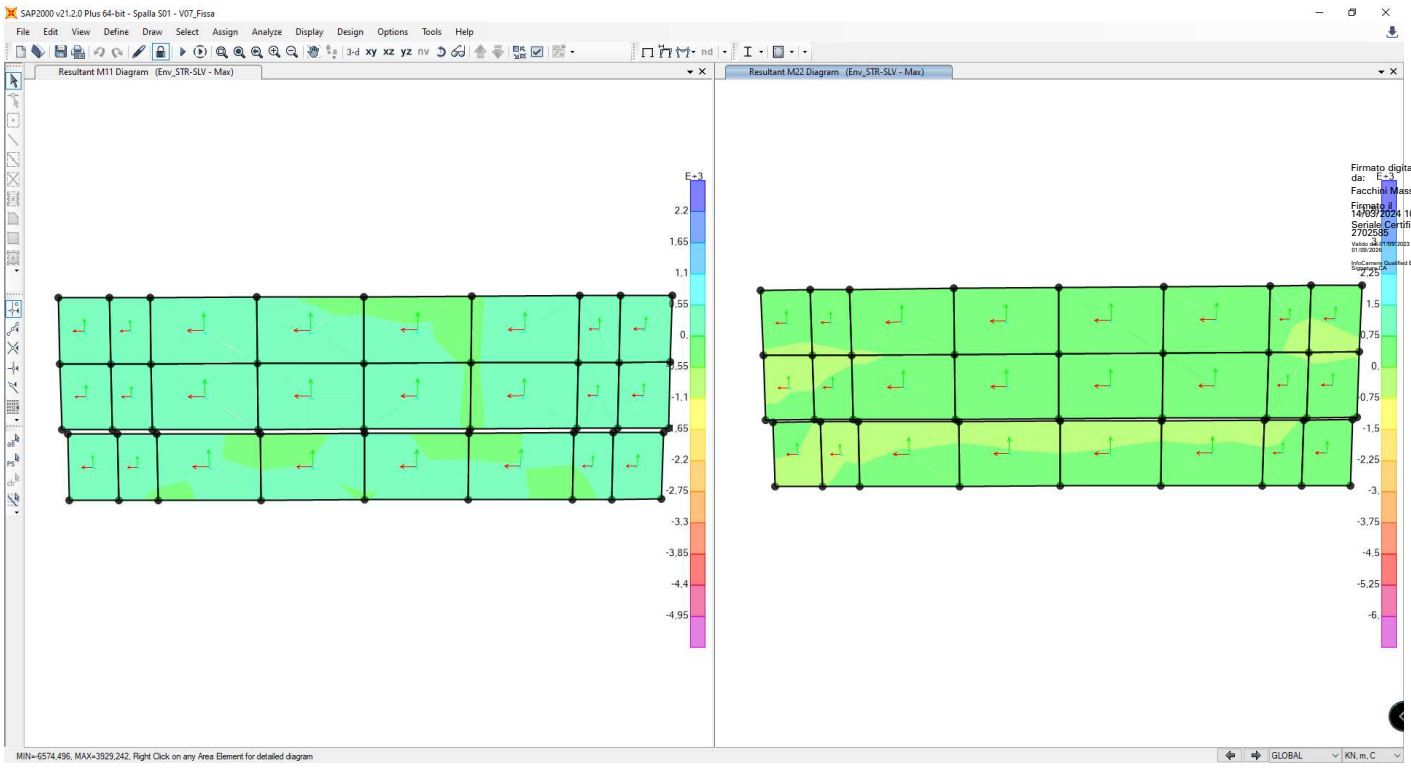




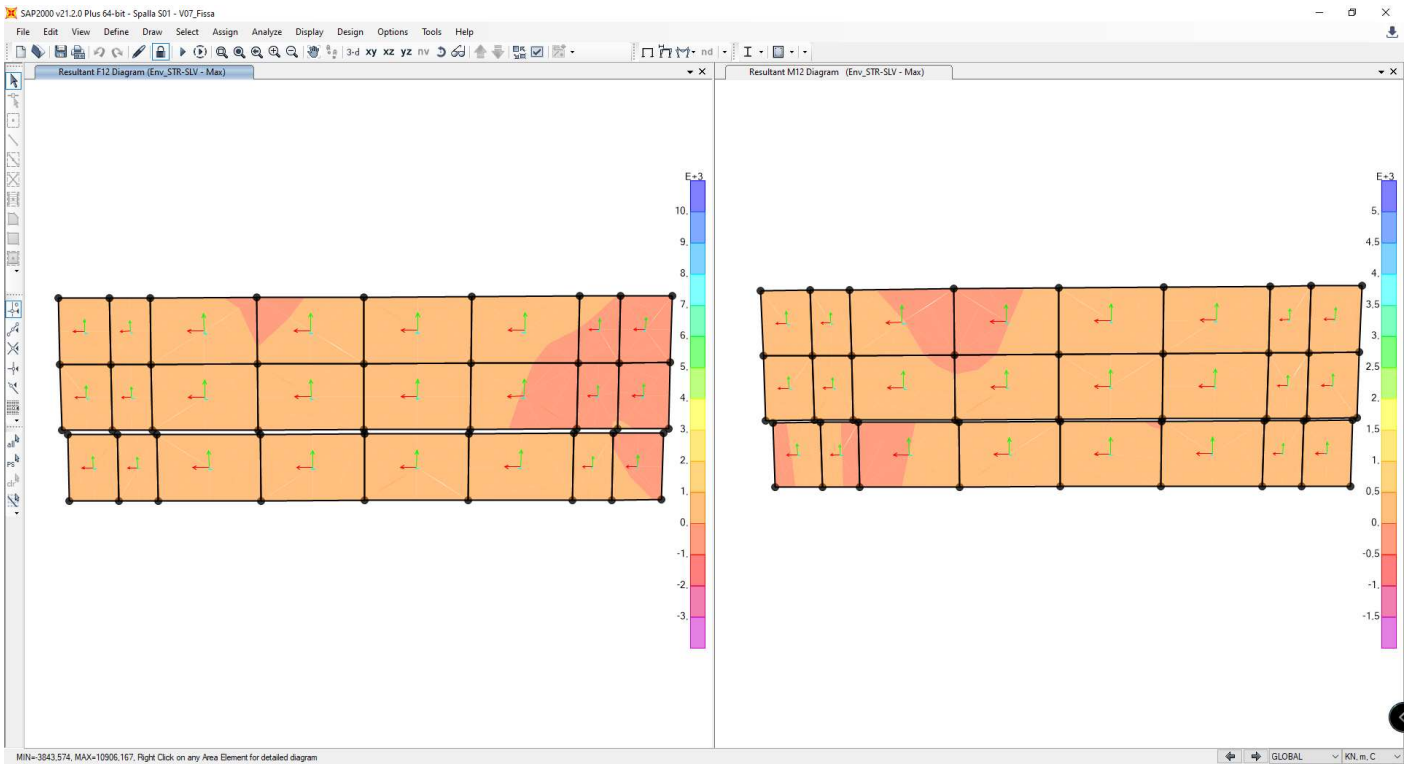
Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585

Paraghiaia

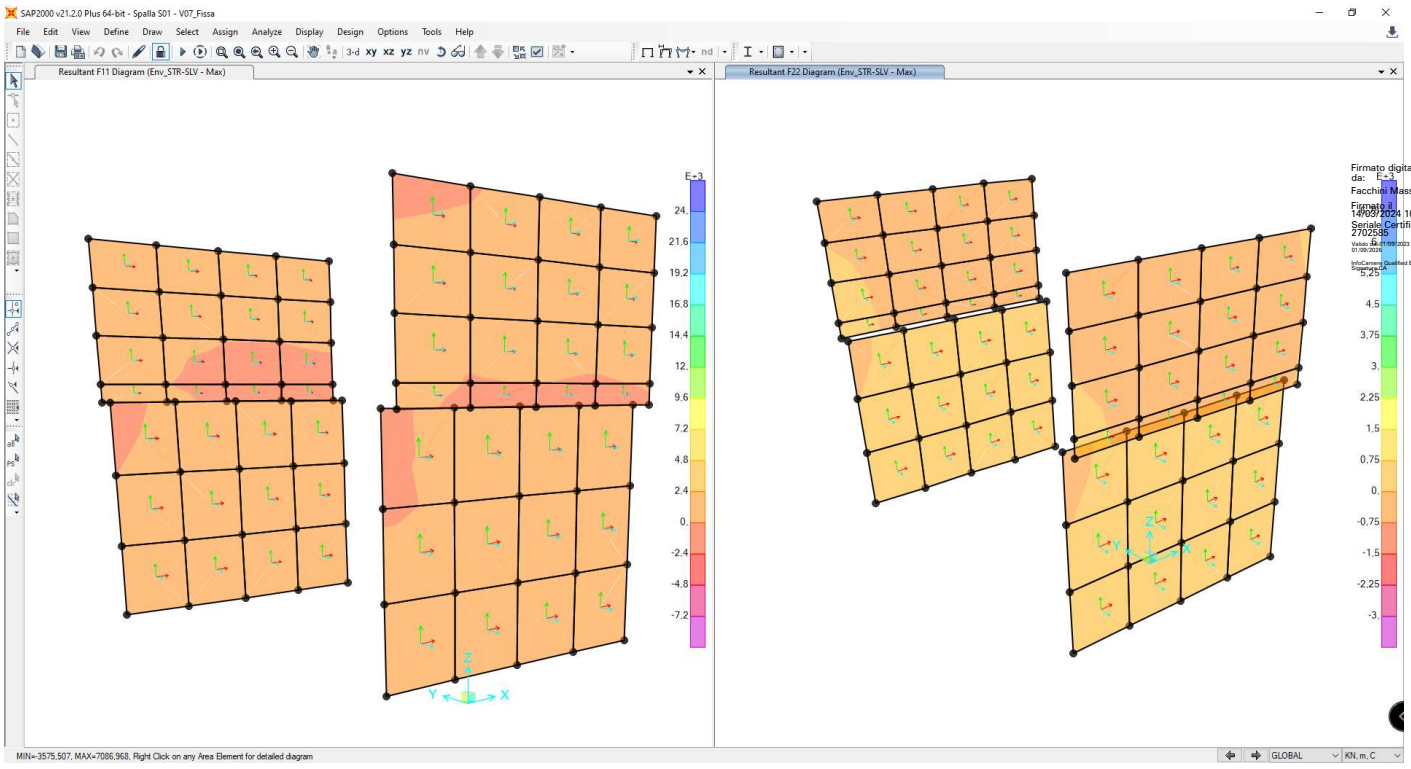




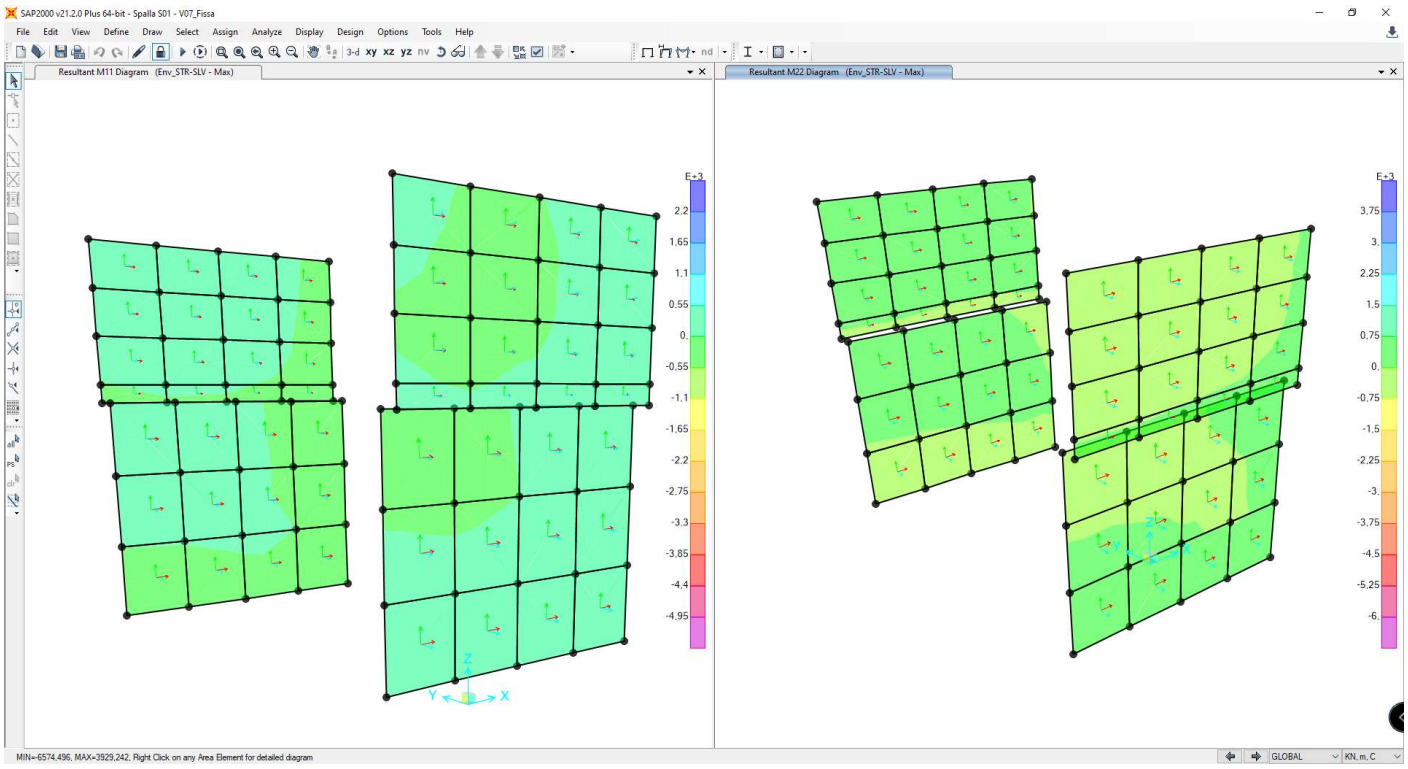
Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/09/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585

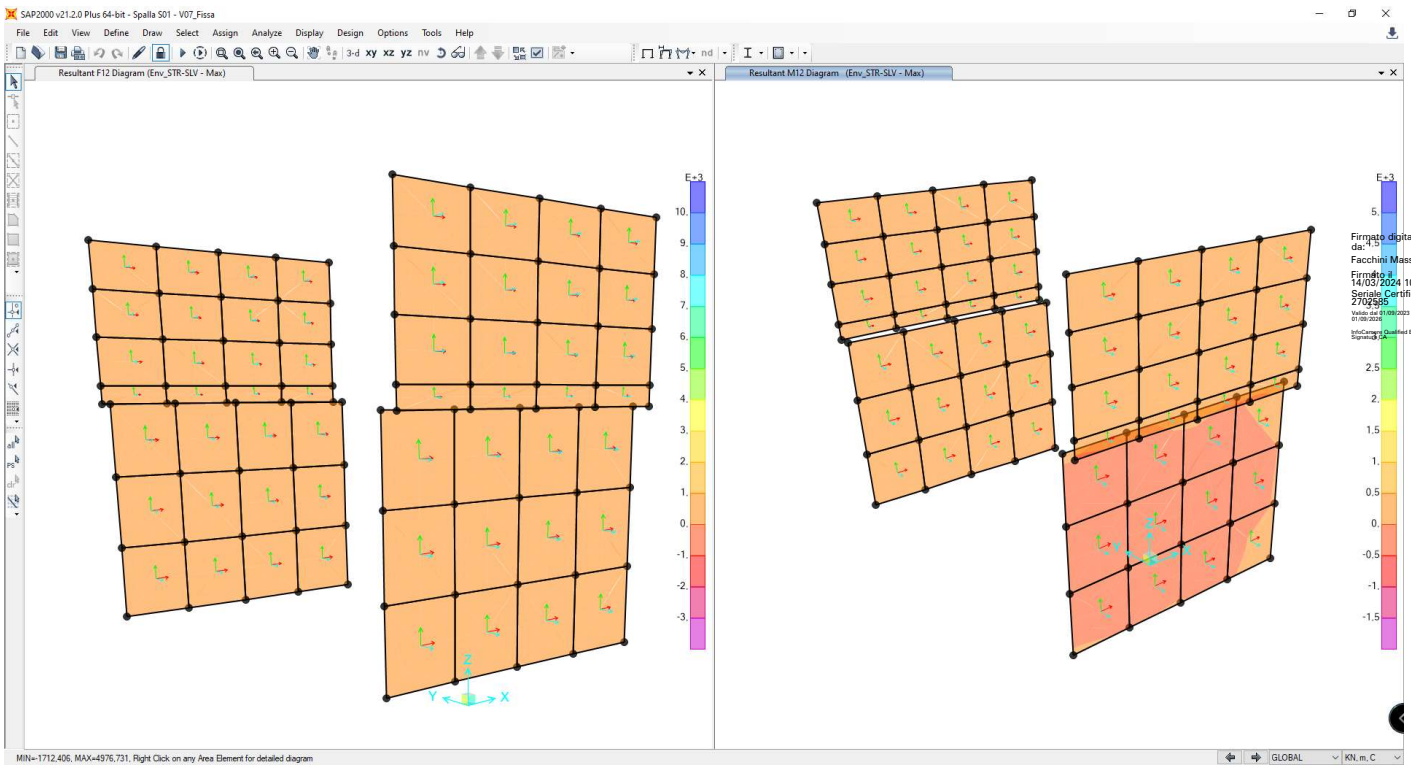


Muri andatori



Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/09/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585





Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585

Come previsto al § 4.1.2.1.2.4 delle NTC con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

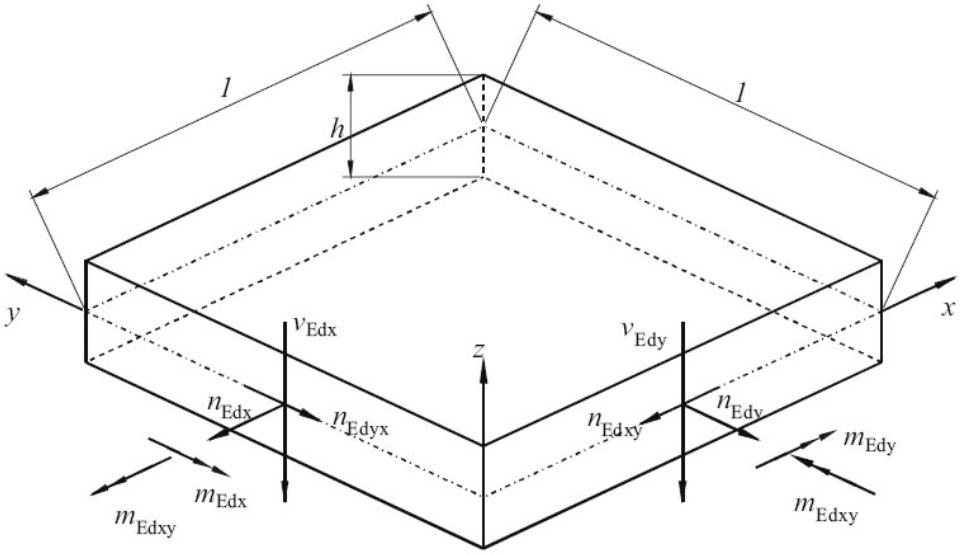
M_{Rd} valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed}
N_{Ed} valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)
M_{Ed} valore di calcolo della componente flettente dell'azione

Verifiche per elementi shell

La verifica degli elementi bidimensionali in c.a. mediante il cosiddetto modello "sandwich" segue le procedure indicate nelle UNI EN 1992-1-1:2005 (annex F) e UNI EN 1992-2:2006 (§6.109 + annex LL), alle quali si rimanda per i dettagli specifici.
In sostanza l'analisi del guscio viene ricondotta a quella di membrane in c.a., ripartendo le azioni interne mediante un'opportuna scelta dei bracci delle azioni interne per le varie componenti di sollecitazione.

Algoritmi e formule di verifica

Ipotizziamo, senza ledere la generalità, che le armature siano disposte lungo gli assi locali x e y (figura seguente)



Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Verifica armatura longitudinale

Nel caso di lastra le sollecitazioni di verifica delle armature sono calcolate come indicato nell'appendice F EC2-2005, ovvero, a vantaggio di sicurezza con le seguenti espressioni:

$$n'dx = nEdx + |nEdxy| \qquad (1a)$$
$$n'dy = nEdy + |nEdxy| \qquad (1b)$$

con nEdy positiva se di trazione.
Nel caso di piastra i momenti di verifica delle armature sono calcolati, a vantaggio di sicurezza, con le seguenti espressioni [1] [2]:

$$m'dx = m\,Edx \pm |mEdxy| \qquad (2a)$$
$$m'dy = m\,Edy \pm |mEdxy| \qquad (2a)$$

Nel caso generale sono utilizzate entrambe le sollecitazioni calcolate con le (1) e le (2), e la verifica è eseguita a presso-tenso-flessione.

Verifica calcestruzzo

Le verifiche vengono condotte con esito positivo quando le sollecitazioni delle combinazioni ricadono nel dominio di rottura della sezione nelle due direzioni principali.

Per il solo fine di verifica del calcestruzzo, nella generica sezione con direzione φ, si considera presente l'armatura:

$$A_{s\varphi} = A_{sx} \cos^2 \varphi + A_{sy} \operatorname{sen}^2 \varphi \qquad (3)$$

utilizzando sostanzialmente il metodo della linea di rottura di Johansen [3].

Il procedimento appena illustrato è utilizzato sia per le verifiche SLU che per le verifiche SLE .

Nel caso di verifiche SLU, a rigor di logica, è necessaria la verifica di eventuali puntoni di calcestruzzo che si possono creare per effetto di un modello locale puntone-tirante [4][5][6].

Nel caso di lastre la verifica dei puntoni di calcestruzzo è effettuata con la formula:

$$n_{cd} = 2 \,|\, n_{Edxy}| < \nu \cdot f_{cd} \cdot h \qquad \text{(F.4 EC2-2005)}$$

Nel caso generico, per la verifica dei puntoni di calcestruzzo, si utilizza il modello a sandwich descritto nell'allegato LL EC2 -2005 parte 2, formule: (LL.137) – (LL.142).

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9.2 VERIFICHE STRUTTURALI SPALLE

9.2.1 Muro frontale

Il muro frontale ha uno spessore di 300 cm e si assume un'armatura verticale a flessione composta da uno strato di barre ϕ26/20 in zona tesa, ϕ26/20 in zona compressa più un'armatura orizzontale a flessione composta da uno strato di barre ϕ26/20 in zona tesa, ϕ26/20 in zona compressa e spille ϕ12/40x40 cm per il taglio.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo				
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	=	40,00	N/mm²
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	α_{cc}	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	γ_c	=	1,50	-
Acciaio per armatura				
Resistenza caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450,00	N/mm²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	=	1,15	-
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE				
Altezza della sezione trasversale	h	=	3000,00	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	=	1000,00	mm

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

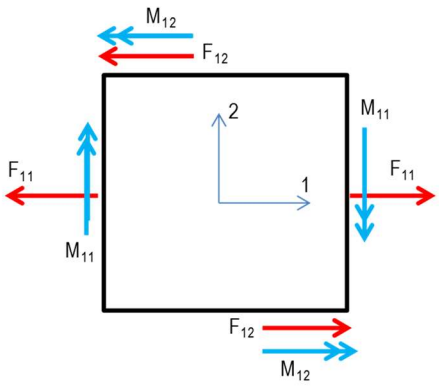
N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm
1	5	20	50,00	1571	1450	2950
2	5	20	2950,00	1571	-1450	50
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	106	24	-3	2,24E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-37	29	16	-7,82E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	40	123	10	3,11E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	28	-36	-10	-1,30E+00
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-18	68	58	-3,67E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	17	68	-57	4,04E+00
Massima eccentricità in direzione 1	1,93	72,26	4,01	3,75E+01
Minima eccentricità in direzione 1	-0,65	63,17	-1,15	-9,68E+01

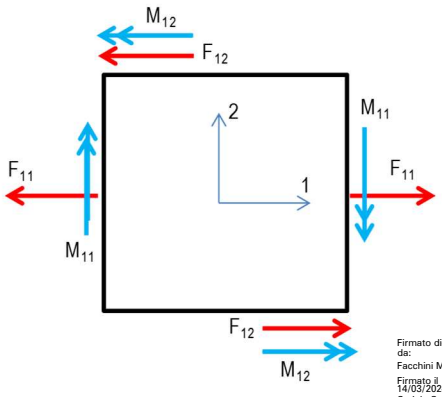


$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	111	86	-28	7,75E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-35	47	-1	-1,33E+00
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	21	112	8	5,34E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	0	0	0	0,00E+00
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-11	35	56	-3,21E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	32	35	-55	1,10E+00
Massima eccentricità in direzione 1	0,26	35,34	-11,28	1,36E+02
Minima eccentricità in direzione 1	-0,26	35,98	-11,88	-1,38E+02



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	106.00	24.00	-3.00	0.00
2	-37.00	29.00	16.00	0.00
3	40.00	123.00	10.00	0.00
4	28.00	-36.00	-10.00	0.00
5	-18.00	68.00	58.00	0.00
6	17.00	68.00	-57.00	0.00
7	111.00	86.00	-28.00	0.00
8	-35.00	47.00	-1.00	0.00
9	21.00	112.00	8.00	0.00

10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-11.00	35.00	56.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	106.00	24.00	105.76	1892.40	78.850	268.7	0.11	0.70	15.7 (52.7)
2	S	-37.00	29.00	-36.75	1699.13	58.591	271.9	0.10	0.70	15.7 (52.7)
3	S	40.00	123.00	39.97	1803.45	14.662	270.1	0.10	0.70	15.7 (52.7)
4	S	28.00	-36.00	27.76	-1786.90	49.636	29.6	0.10	0.70	15.7 (52.7)
5	S	-18.00	68.00	-18.25	1724.35	25.358	271.5	0.10	0.70	15.7 (52.7)
6	S	17.00	68.00	16.91	1772.17	26.061	270.6	0.10	0.70	15.7 (52.7)
7	S	111.00	86.00	111.15	1899.67	22.089	268.5	0.11	0.70	15.7 (52.7)
8	S	-35.00	47.00	-34.92	1701.63	36.205	271.9	0.10	0.70	15.7 (52.7)
9	S	21.00	112.00	20.74	1777.37	15.869	270.6	0.10	0.70	15.7 (52.7)
10	S	0.00	0.00	-0.14	-1749.009	999.000	29.0	0.10	0.70	15.7 (52.7)
11	S	-11.00	35.00	-10.81	1734.48	49.557	271.3	0.10	0.70	15.7 (52.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

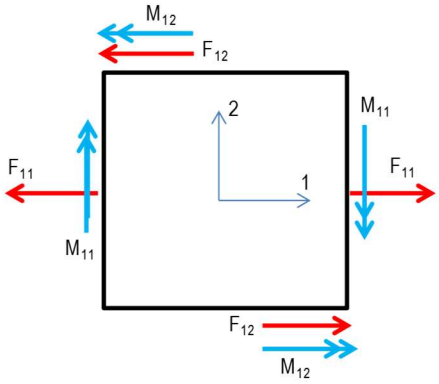
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. 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	0.00023	300.0	0.00019	294.0	-0.00196	6.0
2	0.00021	300.0	0.00016	294.0	-0.00196	6.0
3	0.00022	300.0	0.00018	294.0	-0.00196	6.0
4	0.00022	0.0	0.00017	6.0	-0.00196	294.0
5	0.00021	300.0	0.00017	294.0	-0.00196	6.0
6	0.00022	300.0	0.00017	294.0	-0.00196	6.0
7	0.00023	300.0	0.00019	294.0	-0.00196	6.0
8	0.00021	300.0	0.00016	294.0	-0.00196	6.0
9	0.00022	300.0	0.00017	294.0	-0.00196	6.0
10	0.00021	0.0	0.00017	6.0	-0.00196	294.0
11	0.00021	300.0	0.00017	294.0	-0.00196	6.0

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	48	70	-5	1,47E+00
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-27	21	12	-7,84E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	30	89	8	3,01E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	0	0	0	0,00E+00
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	10	28	26	2,71E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	35	48	-31	1,35E+00
Massima eccentricità in direzione 1	0,04	24,64	10,77	5,47E+02
Minima eccentricità in direzione 1	-0,28	38,50	3,23	-1,37E+02



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

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

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx — Coppia [kNm] 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	48.00	70.00
2	-27.00	21.00
3	30.00	89.00
4	10.00	28.00
5	35.00	48.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min — Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min — Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min — Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. — Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.10	300.0	0.00	201.5	-3.2	294.0	15.0	1500	15.7	22.0
2	S	0.00	300.0	0.00	280.4	-13.2	294.0	30.0	3000	31.4	22.0
3	S	0.17	300.0	0.00	245.4	-11.3	294.0	15.0	1500	15.7	22.0
4	S	0.05	300.0	0.00	243.8	-3.4	294.0	15.0	1500	15.7	22.0
5	S	0.07	300.0	0.00	193.0	-1.8	294.0	15.0	1500	15.7	22.0

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

Ver — Esito verifica

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000009 (0.000009)	495	0.005 (990.00)	7490.05
2	S	-0.00007	-0.00002	0.64	0.60	0.000040 (0.000040)	586	0.023 (990.00)	2922.15
3	S	-0.00006	0.00001	0.50	0.60	0.000034 (0.000034)	495	0.017 (990.00)	5867.91
4	S	-0.00002	0.00000	0.50	0.60	0.000010 (0.000010)	495	0.005 (990.00)	5941.97
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	495	0.003 (990.00)	7757.33

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A FLESSIONE DIREZIONE 2 VERTICALE

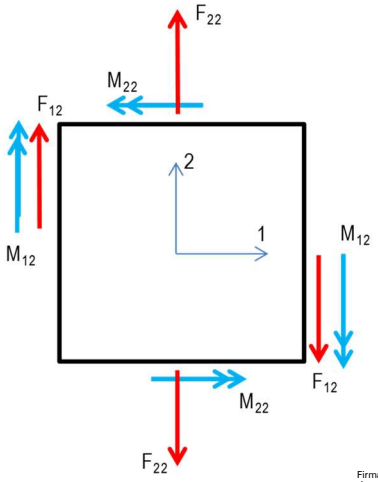
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm^2	mm	mm
1	5	26	83,00	2655	1417	2917
2	5	26	2917,00	2655	-1417	83
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	8	129	-33	1,68E+01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-542	55	28	-1,02E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-392	265	118	-6,76E-01
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	0	0	0	0,00E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-404	264	119	0,00E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-183	203	-92	-1,11E+00
Massima eccentricità in direzione 2	1,47	136,72	-34,04	9,32E+01
Minima eccentricità in direzione 2	-31,61	148,72	-51,44	-4,70E+00



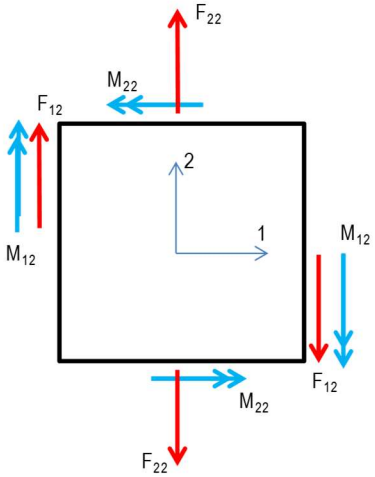
$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	16	123	-38	7,48E+00
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-542	55	28	-1,02E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-268	265	-35	-9,88E-01
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	0	0	0	0,00E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-356	147	98	0,00E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-159	139	-110	-8,73E-01
Massima eccentricità in direzione 2	10,14	129,44	-39,50	1,28E+01
Minima eccentricità in direzione 2	-19,63	149,39	-57,98	-7,61E+00



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	8.00	129.00	-33.00	0.00
2	-542.00	55.00	28.00	0.00
3	-392.00	265.00	118.00	0.00
4	-404.00	264.00	119.00	0.00
5	-183.00	203.00	-92.00	0.00
6	16.00	123.00	-38.00	0.00
7	-542.00	55.00	28.00	0.00
8	-268.00	265.00	-35.00	0.00
9	-356.00	147.00	98.00	0.00
10	-159.00	139.00	-110.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.7	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	8.00	129.00	7.97	2916.87	22.611	263.2	0.13	0.70	26.5 (52.2)
2	S	-542.00	55.00	-542.15	2174.69	39.540	274.7	0.09	0.70	26.5 (52.2)
3	S	-392.00	265.00	-392.07	2380.18	8.982	271.1	0.10	0.70	26.5 (52.2)
4	S	-404.00	264.00	-403.79	2364.22	8.955	271.3	0.10	0.70	26.5 (52.2)
5	S	-183.00	203.00	-182.96	2662.58	13.116	266.7	0.11	0.70	26.5 (52.2)
6	S	16.00	123.00	15.89	2927.35	23.800	263.1	0.13	0.70	26.5 (52.2)
7	S	-542.00	55.00	-542.15	2174.69	39.540	274.7	0.09	0.70	26.5 (52.2)
8	S	-268.00	265.00	-267.96	2548.30	9.616	268.4	0.11	0.70	26.5 (52.2)
9	S	-356.00	147.00	-355.82	2429.46	16.527	270.3	0.10	0.70	26.5 (52.2)
10	S	-159.00	139.00	-159.14	2694.48	19.385	266.3	0.12	0.70	26.5 (52.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

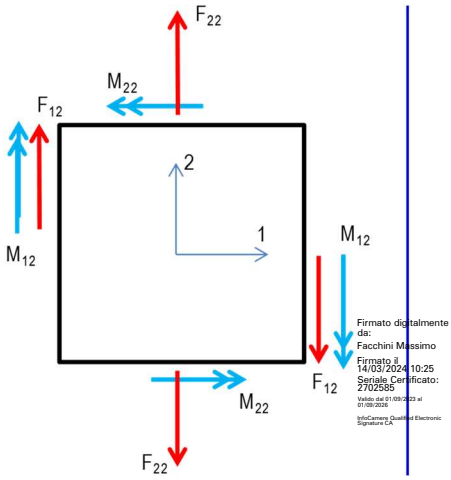
Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00028	300.0	0.00022	291.7	-0.00196	8.3
2	0.00019	300.0	0.00013	291.7	-0.00196	8.3
3	0.00022	300.0	0.00015	291.7	-0.00196	8.3
4	0.00021	300.0	0.00015	291.7	-0.00196	8.3
5	0.00025	300.0	0.00019	291.7	-0.00196	8.3
6	0.00028	300.0	0.00022	291.7	-0.00196	8.3
7	0.00019	300.0	0.00013	291.7	-0.00196	8.3
8	0.00024	300.0	0.00018	291.7	-0.00196	8.3
9	0.00022	300.0	0.00016	291.7	-0.00196	8.3
10	0.00026	300.0	0.00019	291.7	-0.00196	8.3

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 2 VERTICALE

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	0	0	0	0,00E+00
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-402	41	21	-1,02E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-197	195	-26	-9,91E-01
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	0	0	0	0,00E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-356	51	37	0,00E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-136	150	-68	-1,10E+00
Massima eccentricità in direzione 2	0,00	0,00	0,00	0,00E+00
Minima eccentricità in direzione 2	-38,35	128,00	-30,94	-3,34E+00



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] 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	-402.00	41.00
2	-197.00	195.00
3	-356.00	51.00
4	-136.00	150.00
5	-38.35	128.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.00	300.0	0.00	0.0	-81.2	291.7	41.5	4150	53.1	20.9
2	S	0.00	300.0	0.00	292.6	-63.0	291.7	41.5	4150	53.1	20.9
3	S	0.00	300.0	0.00	0.0	-73.8	291.7	41.5	4150	53.1	20.9
4	S	0.00	300.0	0.00	288.1	-45.6	291.7	41.5	4150	53.1	20.9
5	S	0.17	300.0	0.00	272.5	-24.3	291.7	20.8	2075	26.5	20.9

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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00041	-0.00035	0.93	0.60	0.000243 (0.000243)	880	0.214 (990.00)	814.46
2	S	-0.00032	-0.00005	0.57	0.60	0.000189 (0.000189)	635	0.120 (990.00)	3261.53
3	S	-0.00037	-0.00030	0.90	0.60	0.000221 (0.000221)	862	0.191 (990.00)	1073.01
4	S	-0.00023	-0.00002	0.55	0.60	0.000137 (0.000137)	617	0.084 (990.00)	3381.19
5	S	-0.00013	0.00001	0.50	0.60	0.000073 (0.000073)	583	0.042 (990.00)	4307.24

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A TAGLIO

SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	58,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	118,7	kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,260	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,262	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,260	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,262	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	1571	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	1571	mm^2
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	2655	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	2655	mm^2
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00053	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00091	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00053	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00091	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	σ_1	=	0,000	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	σ_2	=	0,061	MPa
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,pos}$**	=	**539,5**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,pos}$**	=	**665,2**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,neg}$**	=	**539,5**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,neg}$**	=	**665,2**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	**$\delta_{1,pos}$**	=	**0,11**	**-**
	$\delta_{2,pos}$	=	**0,18**	**-**
	$\delta_{1,neg}$	=	**0,00**	**-**
	$\delta_{2,nrg}$	=	**0,00**	**-**

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9.2.2 Paraghiaia

Il paraghiaia ha spessore di 60 cm e si assume un'armatura verticale a flessione composta da uno strato di barre ϕ16/10 in zona tesa, ϕ16/20 in zona compressa e un'armatura orizzontale a flessione composta da uno strato di barre ϕ12/20 in zona tesa, ϕ12/20 in zona compressa e spille ϕ8/40x40 cm per il taglio.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	=	40,00	N/mm²
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	α_{cc}	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	γ_c	=	1,50	-

Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450,00	N/mm²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	=	1,15	-

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	h	=	600,00	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	=	1000,00	mm

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

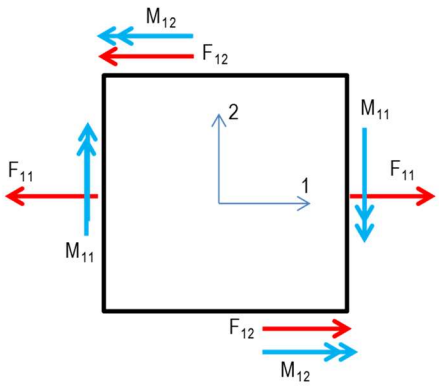
N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm
1	5	12	56,00	565	244	544
2	5	12	444,00	565	-144	156
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	42	7	17	1,63E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-29	-4	8	1,20E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	39	35	26	8,99E-01
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	-9	-6	-2	6,95E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	33	17	73	4,99E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	0	6	-49	1,61E+01
Massima eccentricità in direzione 1	0,39	6,18	-49,05	1,61E+01
Minima eccentricità in direzione 1	-5,46	8,02	-21,10	-1,47E+00



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY — Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT — Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	42.00	7.00	17.00	0.00
2	-29.00	-4.00	8.00	0.00
3	39.00	35.00	26.00	0.00
4	-9.00	-6.00	-2.00	0.00
5	33.00	17.00	73.00	0.00
6	0.00	6.00	-49.00	0.00

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver — S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N — Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx — Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult — Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re — Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. — Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	42.00	7.00	42.04	125.34	17.906	51.8	0.15	0.70	5.7 (9.7)
2	S	-29.00	-4.00	-29.00	-106.85	26.712	7.1	0.13	0.70	5.7 (9.7)
3	S	39.00	35.00	38.73	124.48	3.557	51.9	0.15	0.70	5.7 (9.7)
4	S	-9.00	-6.00	-8.99	-112.09	18.682	7.4	0.14	0.70	5.7 (9.7)
5	S	33.00	17.00	32.77	122.94	7.232	52.0	0.15	0.70	5.7 (9.7)

6	S	0.00	6.00	0.19	114.49	19.081	52.4		0.14	0.70	5.7 (9.7)

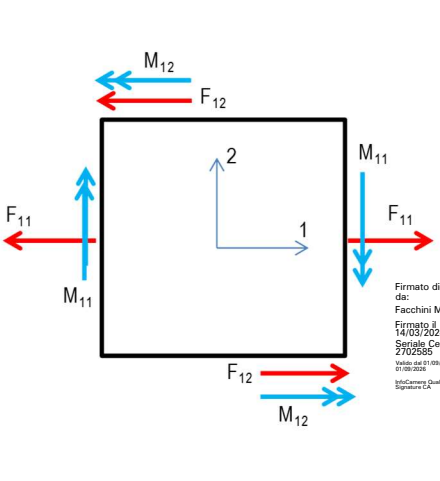
DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00035	60.0	0.00011	54.4	-0.00196	5.6
2	0.00029	0.0	0.00006	5.6	-0.00196	54.4
3	0.00034	60.0	0.00011	54.4	-0.00196	5.6
4	0.00031	0.0	0.00008	5.6	-0.00196	54.4
5	0.00034	60.0	0.00010	54.4	-0.00196	5.6
6	0.00032	60.0	0.00008	54.4	-0.00196	5.6

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	33	22	2	6,66E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-21	-4	6	1,78E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	25	25	20	9,87E-01
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	-21	-4	6	1,78E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	27	12	56	4,36E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	12	9	-30	7,63E-01
Massima eccentricità in direzione 1	1,38	7,51	-18,74	5,42E+00
Minima eccentricità in direzione 1	-2,02	5,14	-9,94	-2,54E+00



Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] 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	33.00	22.00
2	-21.00	-4.00
3	25.00	25.00
4	-21.00	-4.00
5	27.00	12.00
6	12.00	9.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.91	60.0	0.00	47.8	-47.4	54.4	14.0	1400	5.7	22.2
2	S	0.00	0.0	0.00	0.7	-33.1	5.6	28.0	2800	11.3	22.2
3	S	1.06	60.0	0.00	49.2	-64.3	54.4	14.0	1400	5.7	22.2
4	S	0.00	0.0	0.00	0.7	-33.1	5.6	28.0	2800	11.3	22.2
5	S	0.47	60.0	0.00	45.0	-18.8	54.4	14.0	1400	5.7	22.2
6	S	0.38	60.0	0.00	48.2	-20.6	54.4	14.0	1400	5.7	22.2

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
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00027	0.00007	-0.00019	0.85	0.60	0.000142 (0.000142)	1032	0.147 (990.00)	232.21
2	S	-0.00018	0.00000	-0.00019	0.51	0.60	0.000099 (0.000099)	685	0.068 (990.00)	-127.62
3	S	-0.00036	0.00008	-0.00026	0.86	0.60	0.000193 (0.000193)	1036	0.200 (990.00)	218.92
4	S	-0.00018	0.00000	-0.00026	0.51	0.60	0.000099 (0.000099)	685	0.068 (990.00)	-127.62
5	S	-0.00011	0.00004	-0.00007	0.84	0.60	0.000056 (0.000056)	1023	0.058 (990.00)	255.47
6	S	-0.00012	0.00003	-0.00008	0.86	0.60	0.000062 (0.000062)	1034	0.064 (990.00)	227.61

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 2 VERTICALE

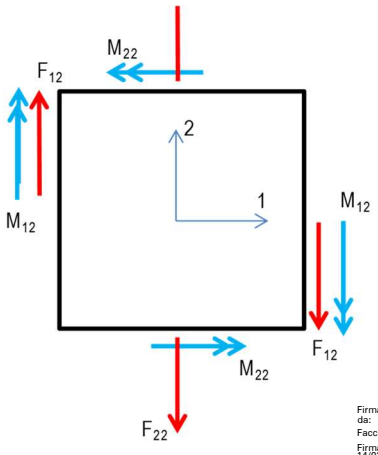
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm^2	mm	mm
1	5	16	70,00	1005	230	530
2	10	16	530,00	2011	-230	70
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Sollecitazioni

	[kN]	[kNm]	[kN]	[m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	19	-7	-24	-3,52E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-40	1	10	-1,63E-02
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-9	25	60	-2,83E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	2	-18	-44	-1,10E+01
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-5	25	60	-1,10E+01
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	6	10	-93	1,57E+00
Massima eccentricità in direzione 2	0,77	4,69	-50,50	6,11E+00
Minima eccentricità in direzione 2	0,01	-0,25	4,42	-3,34E+01



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	19.00	-7.00	-24.00	0.00
2	-40.00	1.00	10.00	0.00
3	-9.00	25.00	60.00	0.00
4	2.00	-18.00	-44.00	0.00
5	-5.00	25.00	60.00	0.00
6	6.00	10.00	-93.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	19.00	-7.00	18.86	-198.88	28.962	9.6	0.18	0.70	10.1 (9.5)
2	S	-40.00	1.00	-40.25	-184.18	90.604	9.0	0.17	0.70	10.1 (9.5)
3	S	-9.00	25.00	-9.07	377.53	15.501	46.8	0.25	0.75	20.1 (9.5)
4	S	2.00	-18.00	1.96	-194.69	10.824	9.5	0.18	0.70	10.1 (9.5)
5	S	-5.00	25.00	-4.83	378.52	15.361	46.8	0.25	0.75	20.1 (9.5)
6	S	6.00	10.00	5.74	380.97	37.936	46.7	0.25	0.75	20.1 (9.5)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

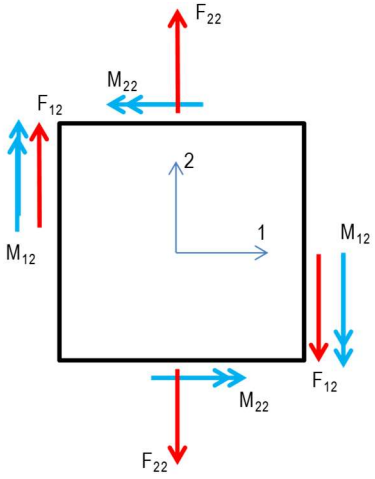
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. 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	0.00043	0.0	0.00012	7.0	-0.00196	53.0
2	0.00040	0.0	0.00009	7.0	-0.00196	53.0
3	0.00065	60.0	0.00030	53.0	-0.00196	7.0
4	0.00042	0.0	0.00011	7.0	-0.00196	53.0
5	0.00065	60.0	0.00031	53.0	-0.00196	7.0
6	0.00066	60.0	0.00031	53.0	-0.00196	7.0

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 2 VERTICALE

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	13	6	-33	4,52E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-23	-3	-1	1,43E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-6	9	29	-1,47E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-8	-15	-37	1,89E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-6	9	29	1,89E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	2	9	-67	4,61E+00
Massima eccentricità in direzione 2	-0,31	-3,73	-5,09	1,20E+01
Minima eccentricità in direzione 2	-0,25	2,40	-36,87	-9,49E+00



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

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

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx — Coppia [kNm] 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	13.00	6.00
2	-23.00	-3.00
3	-6.00	9.00
4	-8.00	-15.00
5	-6.00	9.00
6	2.00	9.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min — Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min — Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min — Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. — Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.16	60.0	0.00	37.4	-3.3	53.0	12.6	1256	20.1	9.6
2	S	0.00	0.0	0.00	0.3	-17.9	7.0	35.0	3500	30.2	9.6
3	S	0.23	60.0	0.00	47.1	-10.8	53.0	15.8	1579	20.1	9.6
4	S	0.49	0.0	0.00	9.4	-34.5	7.0	16.9	1689	10.1	21.5
5	S	0.23	60.0	0.00	47.1	-10.8	53.0	15.8	1579	20.1	9.6
6	S	0.24	60.0	0.00	44.6	-8.9	53.0	15.0	1495	20.1	9.6

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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
e3 — Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2 — = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	-0.00001	0.83	0.60	0.000010 (0.000010)	494	0.005 (990.00)	275.04
2	S	-0.00010	0.00000	-0.00001	0.50	0.60	0.000054 (0.000054)	528	0.028 (990.00)	-112.78
3	S	-0.00006	0.00002	-0.00004	0.83	0.60	0.000032 (0.000032)	567	0.018 (990.00)	200.75
4	S	-0.00020	0.00004	-0.00013	0.83	0.60	0.000103 (0.000103)	972	0.101 (990.00)	-195.49
5	S	-0.00006	0.00002	-0.00004	0.83	0.60	0.000032 (0.000032)	567	0.018 (990.00)	200.75
6	S	-0.00005	0.00002	-0.00003	0.83	0.60	0.000027 (0.000027)	548	0.015 (990.00)	219.34

VERIFICHE A TAGLIO

SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	73,4	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	93,0	kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,671	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,614	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,606	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,614	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	565	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	565	mm^2
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	2011	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1005	mm^2
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00127	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00379	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00104	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00190	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	σ_1	=	0,000	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	σ_2	=	0,000	MPa
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,c,pos}$	=	**144,0**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,c,pos}$	=	**238,9**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,c,neg}$	=	**158,5**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,c,neg}$	=	**189,6**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	$\delta_{1,pos}$	=	**0,51**	**-**
	$\delta_{2,pos}$	=	**0,39**	**-**
	$\delta_{1,neg}$	=	**0,00**	**-**
	$\delta_{2,nrg}$	=	**0,00**	**-**

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9.2.3 Muri andatori primo tratto

Il primo tratto del muro andatore presenta uno spessore di 100 cm e si assume un'armatura verticale a flessione composta da uno strato di barre ϕ24/20 in zona tesa, ϕ24/20 in zona compressa più un'armatura orizzontale a flessione composta da uno strato di barre ϕ20/20 in zona tesa, ϕ20/20 in zona compressa e spille ϕ10/40x40 cm per il taglio.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	=	40,00	N/mm²
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	α_{cc}	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	γ_c	=	1,50	-

Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450,00	N/mm²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	=	1,15	-

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	h	=	1000,00	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	=	1000,00	mm

VERIFICHE A FLESSIONE DIREZIONE 1 SLU ORIZZONTALE

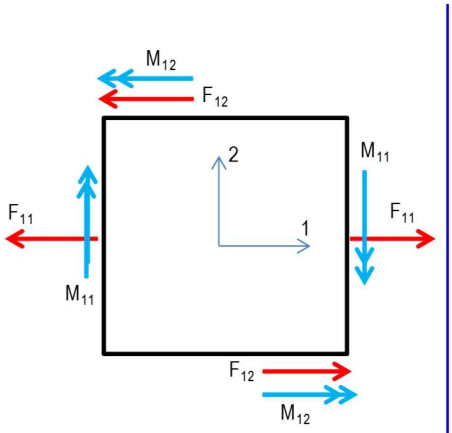
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$	
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm	
1	5	20	60,00	1571	440	940	*z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando*
2	5	20	940,00	1571	-440	60	
3				0	0	0	
4				0	0	0	
5				0	0	0	
6				0	0	0	

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	134	-64	73	-4,74E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	0	0	0	0,00E+00
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	20	57	11	2,80E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	133	-67	81	-5,04E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	133	-67	81	-5,04E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	33	-7	-2	-2,03E-01
Massima eccentricità in direzione 1	6,40	49,71	30,99	7,76E+00
Minima eccentricità in direzione 1	132,76	-66,93	81,16	-5,04E-01

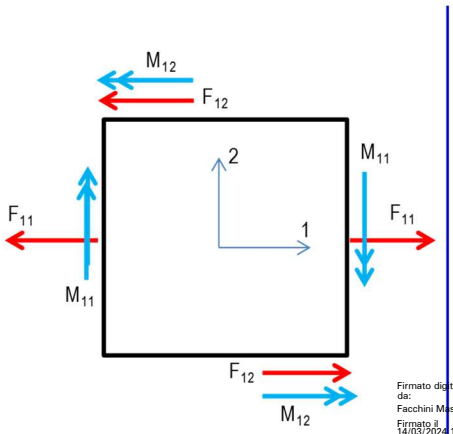


$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	133	-63	74	-4,73E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	0	0	0	0,00E+00
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	16	57	11	3,45E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	124	-67	81	-5,35E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	124	-66	81	-5,35E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	33	-7	-2	-2,03E-01
Massima eccentricità in direzione 1	2,86	49,63	30,92	1,74E+01
Minima eccentricità in direzione 1	124,23	-66,52	81,00	-5,35E-01



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	134.00	-64.00	73.00	0.00
2	20.00	57.00	11.00	0.00
3	133.00	-67.00	81.00	0.00
4	133.00	-67.00	81.00	0.00
5	33.00	-7.00	-2.00	0.00
6	133.00	-63.00	74.00	0.00
7	16.00	57.00	11.00	0.00
8	124.00	-67.00	81.00	0.00
9	124.00	-66.00	81.00	0.00

10	33.00	-7.00	-2.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	134.00	-64.00	134.13	-593.92	9.280	17.2	0.19	0.70	15.7 (16.7)
2	S	20.00	57.00	19.90	546.17	9.582	84.1	0.17	0.70	15.7 (16.7)
3	S	133.00	-67.00	132.75	-593.34	8.856	17.2	0.18	0.70	15.7 (16.7)
4	S	133.00	-67.00	132.75	-593.34	8.856	17.2	0.18	0.70	15.7 (16.7)
5	S	33.00	-7.00	33.20	-551.76	78.823	16.1	0.17	0.70	15.7 (16.7)
6	S	133.00	-63.00	132.75	-593.34	9.418	17.2	0.18	0.70	15.7 (16.7)
7	S	16.00	57.00	15.91	544.49	9.552	84.1	0.17	0.70	15.7 (16.7)
8	S	124.00	-67.00	123.77	-589.61	8.800	17.1	0.18	0.70	15.7 (16.7)
9	S	124.00	-66.00	123.77	-589.61	8.933	17.1	0.18	0.70	15.7 (16.7)
10	S	33.00	-7.00	33.20	-551.76	78.823	16.1	0.17	0.70	15.7 (16.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

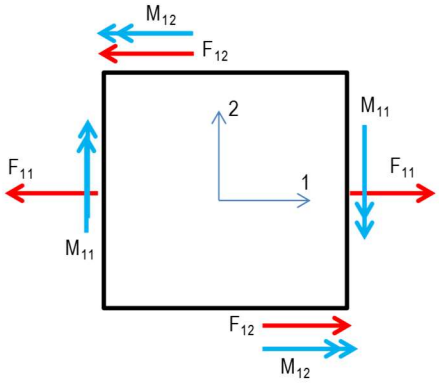
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. 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	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
2	0.00040	100.0	0.00023	93.0	-0.00196	7.0
3	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
4	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
5	0.00041	0.0	0.00023	7.0	-0.00196	93.0
6	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
7	0.00040	100.0	0.00022	93.0	-0.00196	7.0
8	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
9	0.00044	0.0	0.00026	7.0	-0.00196	93.0
10	0.00041	0.0	0.00023	7.0	-0.00196	93.0

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	99	-47	54	-4,74E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	0	0	0	0,00E+00
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	18	41	8	2,32E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	99	-47	54	-4,74E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	40	9	55	2,23E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	25	-5	-1	-2,03E-01
Massima eccentricità in direzione 1	6,98	34,88	22,26	5,00E+00
Minima eccentricità in direzione 1	99,20	-47,02	54,38	-4,74E-01



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] 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	99.00	-47.00
2	18.00	41.00
3	99.00	-47.00
4	40.00	9.00
5	25.00	-5.00
6	6.98	34.88
7	99.20	-47.02

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.48	0.0	0.00	43.8	-8.6	6.0	15.0	1500	15.7	22.0
2	S	0.46	100.0	0.00	79.1	-24.3	94.0	15.0	1500	15.7	22.0
3	S	0.48	0.0	0.00	43.8	-8.6	6.0	15.0	1500	15.7	22.0
4	S	0.09	100.0	0.00	10.8	-0.1	94.0	4.4	440	15.7	22.0
5	S	0.05	0.0	0.00	94.1	0.0	6.0	2.2	218	15.7	22.0
6	S	0.39	100.0	0.00	81.0	-23.1	94.0	15.0	1500	15.7	22.0

7	S	0.48	0.0	0.00	43.9	-8.6	6.0	15.0	1500	15.7	22.0

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
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00004	-0.00004	0.87	0.60	0.000026 (0.000026)	734	0.019 (990.00)	-912.74
2	S	-0.00013	0.00003	-0.00011	0.91	0.60	0.000073 (0.000073)	758	0.055 (990.00)	621.41
3	S	-0.00005	0.00004	-0.00004	0.87	0.60	0.000026 (0.000026)	734	0.019 (990.00)	-912.74
4	S	0.00000	0.00001	0.00000	0.83	0.60	0.000000 (0.000000)	329	0.000 (990.00)	2664.34
5	S	0.00000	0.00000	0.00000	0.83	0.60	0.000000 (0.000000)	249	0.000 (990.00)	-4897.60
6	S	-0.00012	0.00003	-0.00010	0.91	0.60	0.000069 (0.000069)	759	0.053 (990.00)	594.23
7	S	-0.00005	0.00004	-0.00004	0.87	0.60	0.000026 (0.000026)	734	0.019 (990.00)	-913.60

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 2 VERTICALE

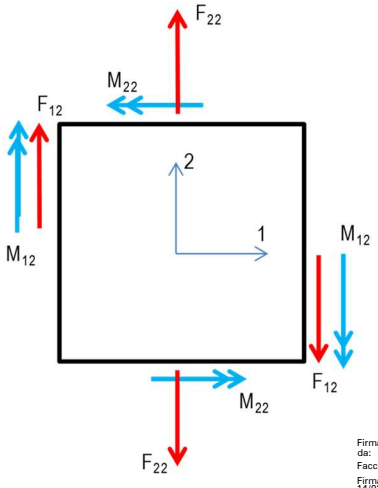
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm^2	mm	mm
1	5	24	82,00	2262	418	918
2	5	24	918,00	2262	-418	82
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	162	-50	-45	-3,10E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-35	61	-2	-1,77E+00
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-6	173	-51	-2,96E+01
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	13	-164	-146	-1,29E+01
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	58	48	17	-1,29E+01
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	13	-164	-146	-1,29E+01
Massima eccentricità in direzione 2	-0,02	-37,77	-66,75	1,51E+03
Minima eccentricità in direzione 2	0,21	-70,95	-104,91	-3,30E+02



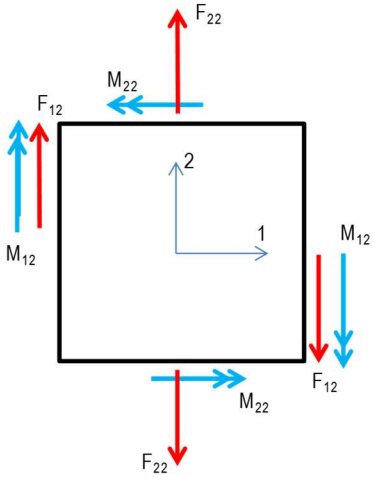
$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	98	21	2	2,11E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-35	61	-2	-1,77E+00
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-13	173	-51	-1,29E+01
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-10	-164	-146	1,72E+01
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	59	47	17	1,72E+01
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-10	-164	-146	1,72E+01
Massima eccentricità in direzione 2	-0,59	-36,67	-66,33	6,16E+01
Minima eccentricità in direzione 2	0,06	-66,40	-77,84	-1,02E+03



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY — Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT — Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	162.00	-50.00	-45.00	0.00
2	-35.00	61.00	-2.00	0.00
3	-6.00	173.00	-51.00	0.00
4	13.00	-164.00	-146.00	0.00
5	58.00	48.00	17.00	0.00
6	13.00	-164.00	-146.00	0.00
7	98.00	21.00	2.00	0.00
8	-35.00	61.00	-2.00	0.00
9	-13.00	173.00	-51.00	0.00
10	-10.00	-164.00	-146.00	0.00
11	59.00	47.00	17.00	0.00
12	-10.00	-164.00	-146.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver — S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N — Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx — Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult — Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re — Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. — Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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)

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	162.00	-50.00	161.99	-820.88	16.418	19.7	0.21	0.71	22.6 (16.4)
2	S	-35.00	61.00	-35.17	740.71	12.143	82.1	0.19	0.70	22.6 (16.4)
3	S	-6.00	173.00	-6.09	752.64	4.351	81.8	0.20	0.70	22.6 (16.4)
4	S	13.00	-164.00	12.74	-760.34	4.636	18.4	0.20	0.70	22.6 (16.4)
5	S	58.00	48.00	58.30	778.92	16.228	81.2	0.20	0.70	22.6 (16.4)
6	S	13.00	-164.00	12.74	-760.34	4.636	18.4	0.20	0.70	22.6 (16.4)
7	S	98.00	21.00	98.00	795.04	37.859	80.8	0.21	0.70	22.6 (16.4)
8	S	-35.00	61.00	-35.17	740.71	12.143	82.1	0.19	0.70	22.6 (16.4)
9	S	-13.00	173.00	-12.79	749.89	4.335	81.9	0.20	0.70	22.6 (16.4)
10	S	-10.00	-164.00	-9.81	-751.11	4.580	18.1	0.20	0.70	22.6 (16.4)
11	S	59.00	47.00	59.07	779.24	16.580	81.2	0.20	0.70	22.6 (16.4)
12	S	-10.00	-164.00	-9.81	-751.11	4.580	18.1	0.20	0.70	22.6 (16.4)

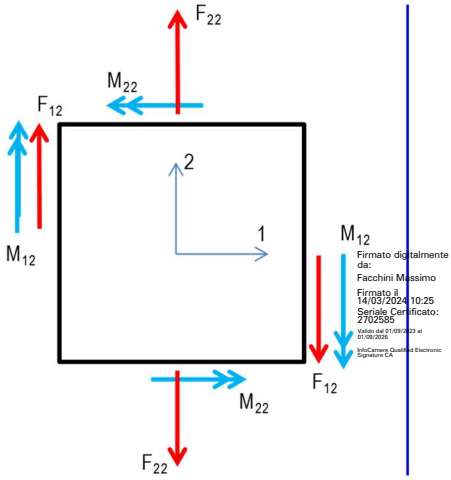
DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00054	0.0	0.00031	8.2	-0.00196	91.8
2	0.00047	100.0	0.00026	91.8	-0.00196	8.2
3	0.00048	100.0	0.00027	91.8	-0.00196	8.2
4	0.00049	0.0	0.00027	8.2	-0.00196	91.8
5	0.00050	100.0	0.00028	91.8	-0.00196	8.2
6	0.00049	0.0	0.00027	8.2	-0.00196	91.8
7	0.00052	100.0	0.00030	91.8	-0.00196	8.2
8	0.00047	100.0	0.00026	91.8	-0.00196	8.2
9	0.00048	100.0	0.00026	91.8	-0.00196	8.2
10	0.00048	0.0	0.00026	8.2	-0.00196	91.8
11	0.00050	100.0	0.00028	91.8	-0.00196	8.2
12	0.00048	0.0	0.00026	8.2	-0.00196	91.8

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 2 VERTICALE

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	65	2	7	3,00E-02
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-26	45	-2	-1,77E+00
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-21	121	-33	-5,89E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-18	-112	-104	6,25E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	43	35	13	6,25E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-18	-112	-104	6,25E+00
Massima eccentricità in direzione 2	-0,07	-27,85	-49,40	4,13E+02
Minima eccentricità in direzione 2	-0,02	27,13	-23,03	-1,21E+03



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] 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	65.00	2.00
2	-26.00	45.00
3	-21.00	121.00
4	-18.00	-112.00
5	43.00	35.00
6	-18.00	-112.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.07	100.0	0.05	0.0	0.8	91.7	0.0	1500	0.0	0.0
2	S	0.38	100.0	0.00	82.9	-24.8	91.7	20.8	2075	26.5	20.9
3	S	1.08	100.0	0.00	80.0	-57.8	91.7	20.8	2075	26.5	20.9
4	S	1.00	0.0	0.00	20.1	-53.3	8.3	20.8	2075	26.5	20.9
5	S	0.33	100.0	0.00	66.2	-8.5	91.7	20.8	2075	26.5	20.9
6	S	1.00	0.0	0.00	20.1	-53.3	8.3	20.8	2075	26.5	20.9

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
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00001		----	----	----	----	----	0.00
2	S	-0.00014	0.00003	-0.00010	0.87	0.60	0.000075 (0.000075)	843	0.063 (990.00)	545.76
3	S	-0.00032	0.00008	-0.00024	0.87	0.60	0.000173 (0.000173)	839	0.146 (990.00)	584.27
4	S	-0.00030	0.00007	-0.00022	0.87	0.60	0.000160 (0.000160)	839	0.134 (990.00)	-585.58
5	S	-0.00005	0.00002	-0.00003	0.84	0.60	0.000025 (0.000025)	821	0.021 (990.00)	773.64
6	S	-0.00030	0.00007	-0.00022	0.87	0.60	0.000160 (0.000160)	839	0.134 (990.00)	-585.58

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A TAGLIO

SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	17,5	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	81,2	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	146,5	kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,461	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,467	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,461	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,467	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	1571	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	1571	mm^2
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	2262	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	2262	mm^2
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00167	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00246	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00167	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00246	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	σ_1	=	0,000	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	σ_2	=	0,000	MPa
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,pos}$**	**=**	**291,8**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,pos}$**	**=**	**325,6**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,neg}$**	**=**	**291,8**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,neg}$**	**=**	**325,6**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	**$\delta_{1,pos}$**	**=**	**0,00**	**-**
	$\delta_{2,pos}$	**=**	**0,05**	**-**
	$\delta_{1,neg}$	**=**	**0,28**	**-**
	$\delta_{2,nrg}$	**=**	**0,45**	**-**

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9.2.4 Muri andatori secondo tratto

Il secondo tratto del muro andatore presenta uno spessore di 50 cm e si assume un'armatura verticale a flessione composta da uno strato di barre ϕ16/20 in zona tesa, ϕ16/20 in zona compressa più un'armatura orizzontale a flessione composta da uno strato di barre ϕ12/20 in zona tesa, ϕ12/20 in zona compressa e spille ϕ8/40x40 cm per il taglio.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	=	40,00	N/mm²
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	α_{cc}	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	γ_c	=	1,50	-

Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450,00	N/mm²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	=	1,15	-

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	h	=	500,00	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	=	1000,00	mm

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

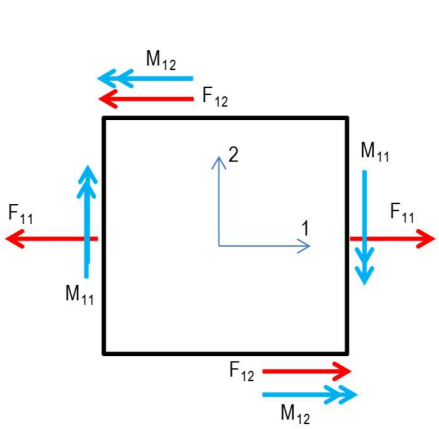
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$	
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm	
1	5	12	56,00	565	194	444	*z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando*
2	5	12	444,00	565	-194	56	
3				0	0	0	
4				0	0	0	
5				0	0	0	
6				0	0	0	

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	47	-4	7	-9,47E-02
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-80	-15	-6	1,94E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	9	13	-4	1,40E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	-39	-26	34	6,76E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-39	-26	34	6,76E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-23	-4	-18	1,58E-01
Massima eccentricità in direzione 1	-3,45	-19,36	25,21	5,61E+00
Minima eccentricità in direzione 1	1,63	-5,65	-16,61	-3,46E+00

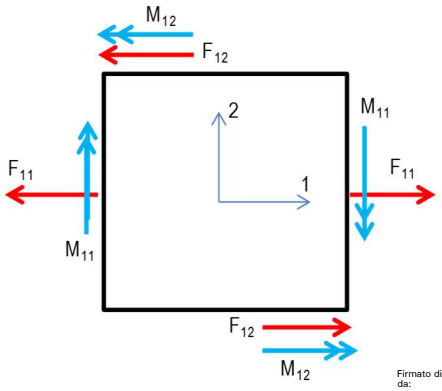


$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	38	-5	7	-1,20E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-82	-15	-6	1,89E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	10	13	-5	1,23E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	-42	-26	34	6,25E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-42	-26	34	6,25E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-23	-4	-18	1,55E-01
Massima eccentricità in direzione 1	0,83	10,42	-10,99	1,26E+01
Minima eccentricità in direzione 1	1,41	-4,48	-15,52	-3,19E+00



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	47.00	-4.00	7.00	0.00
2	-80.00	-15.00	-6.00	0.00
3	9.00	13.00	-4.00	0.00
4	-39.00	-26.00	34.00	0.00
5	-39.00	-26.00	34.00	0.00
6	-23.00	-4.00	-18.00	0.00
7	38.00	-5.00	7.00	0.00
8	-82.00	-15.00	-6.00	0.00
9	10.00	13.00	-5.00	0.00
10	-42.00	-26.00	34.00	0.00
11	-42.00	-26.00	34.00	0.00

12	-23.00	-4.00	-18.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	47.00	-4.00	46.98	-102.87	25.718	7.4	0.17	0.70	5.7 (8.0)
2	S	-80.00	-15.00	-79.89	-75.60	5.040	5.6	0.13	0.70	11.3 (8.0)
3	S	9.00	13.00	9.24	94.87	7.297	43.1	0.16	0.70	5.7 (8.0)
4	S	-39.00	-26.00	-39.24	-84.46	3.248	6.3	0.14	0.70	5.7 (8.0)
5	S	-39.00	-26.00	-39.24	-84.46	3.248	6.3	0.14	0.70	5.7 (8.0)
6	S	-23.00	-4.00	-23.29	-87.89	21.973	6.5	0.15	0.70	5.7 (8.0)
7	S	38.00	-5.00	37.83	-100.94	20.189	7.3	0.16	0.70	5.7 (8.0)
8	S	-82.00	-15.00	-81.82	-75.17	5.012	5.6	0.13	0.70	11.3 (8.0)
9	S	10.00	13.00	9.82	94.99	7.307	43.0	0.16	0.70	5.7 (8.0)
10	S	-42.00	-26.00	-41.82	-83.90	3.227	6.2	0.14	0.70	5.7 (8.0)
11	S	-42.00	-26.00	-41.82	-83.90	3.227	6.2	0.14	0.70	5.7 (8.0)
12	S	-23.00	-4.00	-23.29	-87.89	21.973	6.5	0.15	0.70	5.7 (8.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

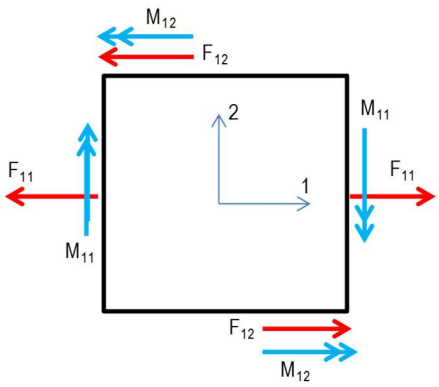
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. 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	0.00039	0.0	0.00010	5.6	-0.00196	44.4
2	0.00028	0.0	0.00000	5.6	-0.00196	44.4
3	0.00036	50.0	0.00007	44.4	-0.00196	5.6
4	0.00032	0.0	0.00003	5.6	-0.00196	44.4
5	0.00032	0.0	0.00003	5.6	-0.00196	44.4
6	0.00033	0.0	0.00005	5.6	-0.00196	44.4
7	0.00039	0.0	0.00009	5.6	-0.00196	44.4
8	0.00028	0.0	0.00000	5.6	-0.00196	44.4
9	0.00036	50.0	0.00007	44.4	-0.00196	5.6
10	0.00032	0.0	0.00003	5.6	-0.00196	44.4
11	0.00032	0.0	0.00003	5.6	-0.00196	44.4
12	0.00033	0.0	0.00005	5.6	-0.00196	44.4

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 1 ORIZZONTALE

	[kN]	[kNm]	[kN]	[m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	26	-4	3	-1,37E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-53	-11	-5	2,00E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	7	9	-3	1,41E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	-29	-18	20	6,04E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	-29	-18	20	6,04E-01
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	1	-4	-12	-3,44E+00
Massima eccentricità in direzione 1	-1,53	-14,28	18,56	9,35E+00
Minima eccentricità in direzione 1	1,19	-4,10	-12,22	-3,44E+00



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

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

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx — Coppia [kNm] 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	26.00	-4.00
2	-53.00	-11.00
3	7.00	9.00
4	-29.00	-18.00
5	-29.00	-18.00
6	1.00	-4.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min — Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min — Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min — Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. — Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.16	0.0	0.00	33.4	-1.0	5.6	6.1	608	5.7	22.2
2	S	0.40	0.0	0.00	2.6	-95.9	5.6	14.0	1400	5.7	22.2
3	S	0.53	50.0	0.00	41.1	-32.0	44.4	13.7	1372	5.7	22.2
4	S	1.02	0.0	0.00	5.8	-102.8	5.6	14.0	1400	5.7	22.2
5	S	1.02	0.0	0.00	5.8	-102.8	5.6	14.0	1400	5.7	22.2
6	S	0.24	0.0	0.00	8.1	-16.1	5.6	14.0	1399	5.7	22.2

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

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.00000	0.83	0.60	0.000003 (0.000003)	535	0.002 (990.00)	-308.75
2	S	-0.00054	0.00003	-0.00038	0.85	0.60	0.000288 (0.000288)	1031	0.297 (990.00)	-97.08
3	S	-0.00019	0.00004	-0.00012	0.83	0.60	0.000096 (0.000096)	995	0.095 (990.00)	146.85
4	S	-0.00059	0.00008	-0.00040	0.84	0.60	0.000308 (0.000308)	1020	0.315 (990.00)	-120.48
5	S	-0.00059	0.00008	-0.00040	0.84	0.60	0.000308 (0.000308)	1020	0.315 (990.00)	-120.48
6	S	-0.00009	0.00002	-0.00006	0.83	0.60	0.000048 (0.000048)	1011	0.049 (990.00)	-140.08

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 2 VERTICALE

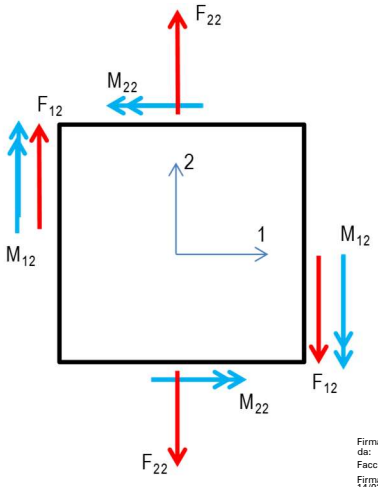
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'$_i$
-	-	mm	mm	mm^2	mm	mm
1	5	16	70,00	1005	180	430
2	5	16	430,00	1005	-180	70
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	36	-10	-34	-2,86E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-54	-22	-74	4,03E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	5	24	-2	5,22E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	17	-63	-126	-3,67E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	4	12	13	-3,67E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	17	-63	-126	-3,67E+00
Massima eccentricità in direzione 2	0,42	15,97	-28,95	3,78E+01
Minima eccentricità in direzione 2	-1,28	9,57	4,66	-7,51E+00



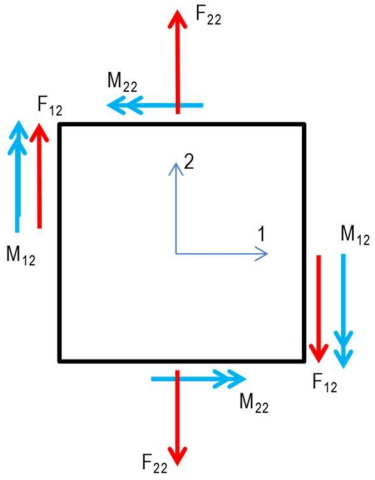
$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	30	3	0	9,74E-02
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-52	-19	-73	3,64E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	4	24	-2	6,12E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	14	-63	-126	-4,62E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-2	16	13	-4,62E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	14	-63	-126	-4,62E+00
Massima eccentricità in direzione 2	-0,28	-5,24	-26,00	1,85E+01
Minima eccentricità in direzione 2	0,16	-9,09	-30,82	-5,68E+01



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY — Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT — Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	36.00	-10.00	-34.00	0.00
2	-54.00	-22.00	-74.00	0.00
3	5.00	24.00	-2.00	0.00
4	17.00	-63.00	-126.00	0.00
5	4.00	12.00	13.00	0.00
6	17.00	-63.00	-126.00	0.00
7	30.00	3.00	0.00	0.00
8	-52.00	-19.00	-73.00	0.00
9	4.00	24.00	-2.00	0.00
10	14.00	-63.00	-126.00	0.00
11	-2.00	16.00	13.00	0.00
12	14.00	-63.00	-126.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver — S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N — Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx — Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult — Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re — Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. — Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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)

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	36.00	-10.00	35.84	-163.91	16.391	9.1	0.21	0.70	10.1 (7.7)
2	S	-54.00	-22.00	-54.09	-145.62	6.619	8.2	0.19	0.70	10.1 (7.7)
3	S	5.00	24.00	5.01	157.69	6.570	41.2	0.20	0.70	10.1 (7.7)
4	S	17.00	-63.00	17.23	-160.15	2.542	8.9	0.21	0.70	10.1 (7.7)
5	S	4.00	12.00	4.29	157.54	13.128	41.2	0.20	0.70	10.1 (7.7)
6	S	17.00	-63.00	17.23	-160.15	2.542	8.9	0.21	0.70	10.1 (7.7)
7	S	30.00	3.00	30.13	162.75	54.252	41.0	0.21	0.70	10.1 (7.7)
8	S	-52.00	-19.00	-52.11	-146.03	7.686	8.2	0.19	0.70	10.1 (7.7)
9	S	4.00	24.00	4.29	157.54	6.564	41.2	0.20	0.70	10.1 (7.7)
10	S	14.00	-63.00	14.00	-159.50	2.532	8.8	0.21	0.70	10.1 (7.7)
11	S	-2.00	16.00	-1.92	156.28	9.767	41.3	0.20	0.70	10.1 (7.7)
12	S	14.00	-63.00	14.00	-159.50	2.532	8.8	0.21	0.70	10.1 (7.7)

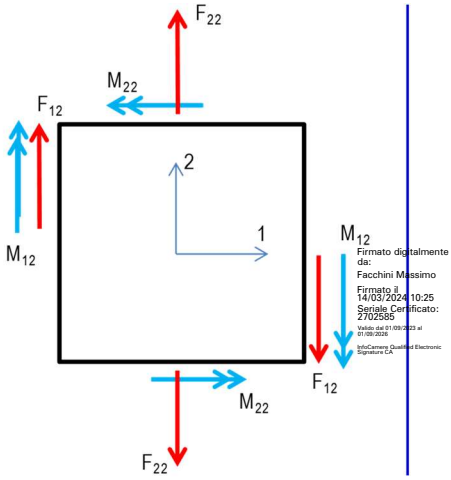
DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00052	0.0	0.00012	7.0	-0.00196	43.0
2	0.00046	0.0	0.00007	7.0	-0.00196	43.0
3	0.00050	50.0	0.00010	43.0	-0.00196	7.0
4	0.00051	0.0	0.00011	7.0	-0.00196	43.0
5	0.00050	50.0	0.00010	43.0	-0.00196	7.0
6	0.00051	0.0	0.00011	7.0	-0.00196	43.0
7	0.00052	50.0	0.00011	43.0	-0.00196	7.0
8	0.00046	0.0	0.00007	7.0	-0.00196	43.0
9	0.00050	50.0	0.00010	43.0	-0.00196	7.0
10	0.00051	0.0	0.00011	7.0	-0.00196	43.0
11	0.00050	50.0	0.00010	43.0	-0.00196	7.0
12	0.00051	0.0	0.00011	7.0	-0.00196	43.0

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 2 VERTICALE

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	11	0	-7	-4,11E-02
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-40	-16	-55	3,99E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-6	17	2	-2,88E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	-6	-45	-87	7,00E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	2	9	10	7,00E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	-6	-45	-87	7,00E+00
Massima eccentricità in direzione 2	-6,48	-45,37	-86,78	7,00E+00
Minima eccentricità in direzione 2	-1,71	11,87	9,80	-6,96E+00



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] 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	11.00	0.00
2	-40.00	-16.00
3	-6.00	17.00
4	-6.00	-45.00
5	2.00	9.00
6	-6.00	-45.00
7	-6.48	-45.37

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.02	50.0	0.02	0.0	0.3	43.0	0.0	608	0.0	0.0
2	S	0.71	0.0	0.00	6.4	-61.1	7.0	14.5	1455	10.1	21.5
3	S	0.82	50.0	0.00	40.9	-45.9	43.0	13.6	1364	10.1	21.5
4	S	2.18	0.0	0.00	9.4	-116.4	7.0	13.5	1353	10.1	21.5
5	S	0.44	50.0	0.00	40.0	-21.7	43.0	13.3	1334	10.1	21.5
6	S	2.18	0.0	0.00	9.4	-116.4	7.0	13.5	1353	10.1	21.5
7	S	2.20	0.0	0.00	9.4	-117.6	7.0	13.5	1353	10.1	21.5

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
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000		----	----	----	----	----	0.00
2	S	-0.00036	0.00005	-0.00024	0.83	0.60	0.000183 (0.000183)	867	0.159 (990.00)	-116.29
3	S	-0.00028	0.00006	-0.00018	0.83	0.60	0.000138 (0.000138)	826	0.114 (990.00)	137.12
4	S	-0.00070	0.00016	-0.00047	0.83	0.60	0.000349 (0.000349)	821	0.287 (990.00)	-139.68
5	S	-0.00013	0.00003	-0.00009	0.83	0.60	0.000065 (0.000065)	812	0.053 (990.00)	144.04
6	S	-0.00070	0.00016	-0.00047	0.83	0.60	0.000349 (0.000349)	821	0.287 (990.00)	-139.68
7	S	-0.00071	0.00016	-0.00047	0.83	0.60	0.000353 (0.000353)	821	0.290 (990.00)	-139.57

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A TAGLIO

SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,1,pos}$	=	0,0	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi	$V_{Ed,2,pos}$	=	13,4	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,1,neg}$	=	34,3	kN
Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti negativi	$V_{Ed,2,neg}$	=	126,0	kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Coefficiente di resistenza al taglio	$C_{Rd,c}$	=	0,12	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,671	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,682	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,671	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,682	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	565	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	565	mm^2
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	1005	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	1005	mm^2
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00127	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00234	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00127	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00234	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	σ_1	=	0,045	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	σ_2	=	0,000	MPa
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	$V_{Rd1,c,pos}$	=	**147,0**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	$V_{Rd2,c,pos}$	=	**171,8**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	$V_{Rd1,c,neg}$	=	**147,0**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	$V_{Rd2,c,neg}$	=	**171,8**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	$\delta_{1,pos}$	=	**0,00**	**-**
	$\delta_{2,pos}$	=	**0,08**	**-**
	$\delta_{1,neg}$	=	**0,23**	**-**
	$\delta_{2,nrg}$	=	**0,73**	**-**

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

9.2.5 Platea di fondazione

La platea di fondazione presenta un'altezza di 150 cm e si assume un'armatura a flessione longitudinale composta da uno strato di barre ϕ26/10 in zona tesa, ϕ26/20 in zona compressa mentre si assume un'armatura a flessione in direzione trasversale composta da uno strato superiore di barre 1ϕ26/20, uno strato inferiore di 1ϕ26/20 e spille ϕ10/20x20 cm per il taglio.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	=	30,00	N/mm²
Coefficiente che tiene in conto degli effetti di lungo termine	α_{cc}	=	0,85	-
Coefficiente di sicurezza	γ_c	=	1,50	-

Acciaio per armatura

Resistenza caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450,00	N/mm²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	=	1,15	-

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale	h	=	1500,00	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	=	1000,00	mm

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 1

Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

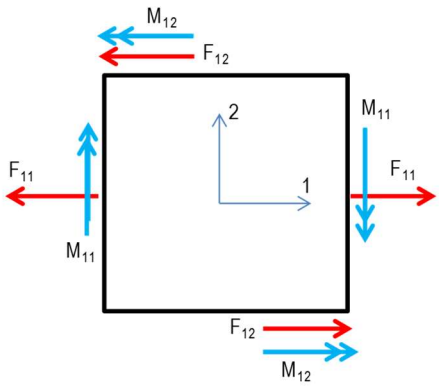
N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'_i
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm
1	5	26	82,00	2655	668	1418
2	10	26	1418,00	5309	-668	82
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	444	160	567	3,61E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-40	1	2	-3,34E-02
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	66	667	454	1,00E+01
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	130	-99	-11	-7,63E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	28	230	590	8,29E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	87	-52	-39	-5,90E-01
Massima eccentricità in direzione 1	0,08	69,70	-11,27	8,20E+02
Minima eccentricità in direzione 1	0,00	-10,04	-20,88	-4,02E+03

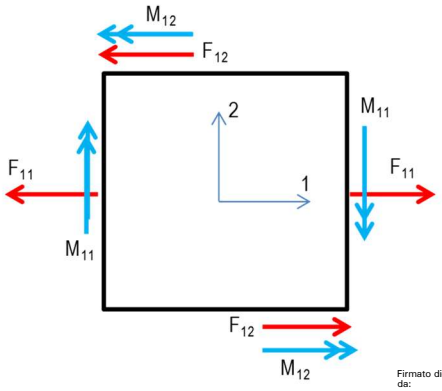


$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	444	160	567	3,61E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-39	2	3	-5,65E-02
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	57	438	439	7,71E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	101	-78	-15	-7,77E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	32	235	591	7,43E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	87	-52	-39	-5,93E-01
Massima eccentricità in direzione 1	0,00	-9,97	-20,88	1,99E+03
Minima eccentricità in direzione 1	0,01	-13,20	-27,69	-1,32E+03



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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	44400	16000	56700	0
2	-4000	100	200	0
3	6600	66700	45400	0
4	13000	-9900	-1100	0
5	2800	23000	59000	0
6	87	-52	-39	0
7	44400	16000	56700	0
8	-3900	200	300	0
9	5700	43800	43900	0
10	10100	-7800	-1500	0
11	3200	23500	59100	0

12	8700	-5200	-3900	0

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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 re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	44400	16000	44386	293090	17.049	107.5	0.30	0.81	53.1 (21.0)
2	S	-4000	100	-4022	-135858	172.954	25.1	0.18	0.70	26.5 (21.0)
3	S	6600	66700	6618	272150	4.072	110.7	0.28	0.79	53.1 (21.0)
4	S	13000	-9900	12981	-146581	15.343	27.2	0.19	0.70	26.5 (21.0)
5	S	2800	23000	2798	269997	11.702	111.0	0.27	0.78	53.1 (21.0)
6	S	87	-52	88	-1384632795.977		25.6	0.18	0.70	26.5 (21.0)
7	S	44400	16000	44386	293090	17.049	107.5	0.30	0.81	53.1 (21.0)
8	S	-3900	200	-3928	-135918	204.647	25.1	0.18	0.70	26.5 (21.0)
9	S	5700	43800	5723	271647	6.183	110.8	0.28	0.79	53.1 (21.0)
10	S	10100	-7800	10098	-144773	19.233	26.9	0.19	0.70	26.5 (21.0)
11	S	3200	23500	3216	270233	11.459	111.0	0.28	0.78	53.1 (21.0)
12	S	8700	-5200	8686	-143886	29.005	26.7	0.19	0.70	26.5 (21.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

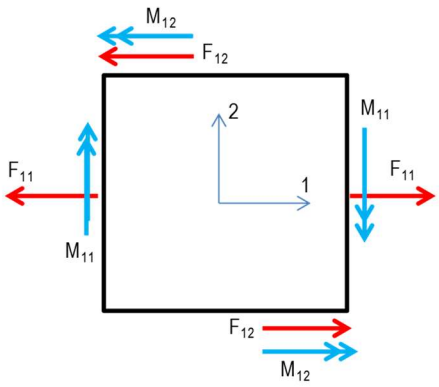
ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. 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	0.00084	150.0	0.00067	141.8	-0.00196	8.2
2	0.00042	0.0	0.00028	8.2	-0.00196	141.8
3	0.00075	150.0	0.00059	141.8	-0.00196	8.2
4	0.00046	0.0	0.00032	8.2	-0.00196	141.8
5	0.00074	150.0	0.00059	141.8	-0.00196	8.2
6	0.00043	0.0	0.00029	8.2	-0.00196	141.8
7	0.00084	150.0	0.00067	141.8	-0.00196	8.2
8	0.00042	0.0	0.00028	8.2	-0.00196	141.8
9	0.00075	150.0	0.00059	141.8	-0.00196	8.2
10	0.00046	0.0	0.00032	8.2	-0.00196	141.8
11	0.00074	150.0	0.00059	141.8	-0.00196	8.2
12	0.00045	0.0	0.00031	8.2	-0.00196	141.8

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 1

	F_{d1} [kN]	M_{d1} [kNm]	V_{d1} [kN]	e_1 [m]
Massima forza assiale in direzione 1 e momento associato	329	119	420	3,61E-01
Minima forza assiale in direzione 1 e momento associato	-25	-4	3	1,47E-01
Massimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	61	220	431	3,59E+00
Minimo momento in direzione 1 e forza assiale associata	74	-59	-23	-7,95E-01
Massimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	19	171	437	9,08E+00
Minimo taglio in direzione 1 associato ai relativi valori di F_{d1} e M_{d1}	66	-39	-29	-5,87E-01
Massima eccentricità in direzione 1	0,14	92,14	157,03	6,47E+02
Minima eccentricità in direzione 1	0,00	26,22	32,51	-1,05E+04



$$F_{d1} = F_{11} + |F_{12}|$$

$$M_{d1} = M_{11} + |M_{12}|$$

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

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx — Coppia [kNm] 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	329.00	119.00
2	-25.00	-4.00
3	61.00	220.00
4	74.00	-59.00
5	19.00	171.00
6	66.00	-39.00

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min — Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min — Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min — Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. — Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.50	150.0	0.00	23.2	-0.9	141.8	7.8	781	53.1	9.3
2	S	0.00	0.0	0.00	150.0	-5.8	8.2	41.0	4100	79.6	9.3
3	S	0.81	150.0	0.00	106.0	-26.9	141.8	20.5	2050	53.1	9.3
4	S	0.24	0.0	0.00	60.7	-5.0	8.2	20.5	2050	26.5	20.9
5	S	0.62	150.0	0.00	109.2	-23.2	141.8	20.5	2050	53.1	9.3
6	S	0.14	0.0	0.00	87.9	-1.7	8.2	20.5	2050	26.5	20.9

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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00004	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	300	0.001 (990.00)	4353.19
2	S	-0.00003	-0.00001	0.63	0.60	0.000018 (0.000018)	520	0.009 (990.00)	-400.71
3	S	-0.00015	0.00006	0.50	0.60	0.000081 (0.000081)	405	0.033 (990.00)	1258.39
4	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000015 (0.000015)	576	0.009 (990.00)	-1738.97
5	S	-0.00013	0.00005	0.50	0.60	0.000070 (0.000070)	405	0.028 (990.00)	1201.34
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	576	0.003 (990.00)	-2160.11

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A FLESSIONE SLU DIREZIONE 2

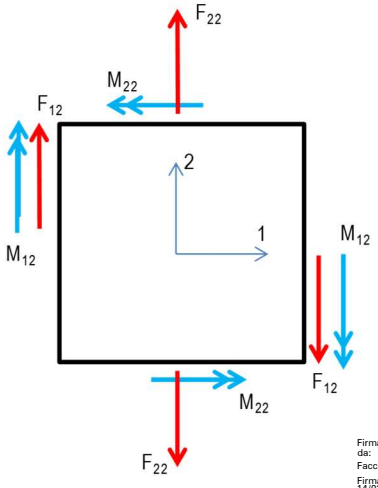
Armature predisposte nella sezione (predisporre almeno uno strato in zona tesa e uno in zona compressa)

N° Strato	N° Ferri	Diametro	z_i	Area	0.5h - z_i	z'_i
-	-	mm	mm	mm²	mm	mm
1	5	26	82,00	2655	668	1418
2	10	26	1418,00	5309	-668	82
3				0	0	0
4				0	0	0
5				0	0	0
6				0	0	0

z_i = distanza tra il bordo superiore della sezione in calcestruzzo ed il baricentro dell'armatura che si sta considerando

Sollecitazioni spalla Fissa

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	886	125	-537	1,41E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-20	-6	-4	2,93E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	114	577	539	5,04E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	73	-328	-255	-4,52E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	71	237	785	-4,52E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	140	207	-786	1,48E+00
Massima eccentricità in direzione 2	0,02	8,26	9,51	3,67E+02
Minima eccentricità in direzione 2	0,12	-3,96	1,28	-3,30E+01



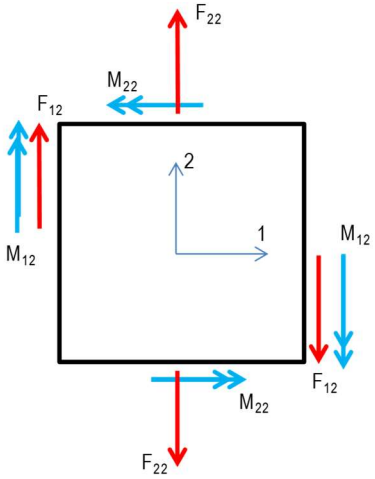
$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Sollecitazioni spalla mobile

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	883	68	-538	7,74E-02
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-18	-8	-3	4,69E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	62	398	542	6,42E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	93	-267	-273	-2,88E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	71	237	785	-2,88E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	139	207	-786	1,48E+00
Massima eccentricità in direzione 2	0,24	269,06	534,05	1,12E+03
Minima eccentricità in direzione 2	-0,04	270,76	540,82	-6,77E+03



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

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	88600	12500	-53700	0
2	-2000	-600	-400	0
3	11400	57700	53900	0
4	7300	-32800	-25500	0
5	7100	23700	78500	0
6	14000	20700	-78600	0
7	88300	6800	-53800	0
8	-1800	-800	-300	0
9	6200	39800	54200	0
10	9300	-26700	-27300	0
11	7100	23700	78500	0
12	13900	20700	-78600	0

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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 re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) 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)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
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)

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	88600	12500	88598	193867	15.509	112.5	0.26	0.76	26.5 (21.4)
2	S	-2000	-600	-2015	-139696	232.827	27.5	0.19	0.70	26.5 (21.4)
3	S	11400	57700	11401	148002	2.565	120.8	0.20	0.70	26.5 (21.4)
4	S	7300	-32800	7305	-145478	4.435	28.7	0.20	0.70	26.5 (21.4)
5	S	7100	23700	7082	145341	6.133	121.4	0.20	0.70	26.5 (21.4)
6	S	14000	20700	13994	149594	7.227	120.5	0.20	0.70	26.5 (21.4)
7	S	88300	6800	88286	193688	28.484	112.5	0.26	0.76	26.5 (21.4)
8	S	-1800	-800	-1797	-139832	174.790	27.5	0.19	0.70	26.5 (21.4)
9	S	6200	39800	6191	144789	3.638	121.5	0.20	0.70	26.5 (21.4)
10	S	9300	-26700	9328	-146726	5.495	28.9	0.20	0.70	26.5 (21.4)
11	S	7100	23700	7082	145341	6.133	121.4	0.20	0.70	26.5 (21.4)
12	S	13900	20700	13903	149539	7.224	120.5	0.20	0.70	26.5 (21.4)

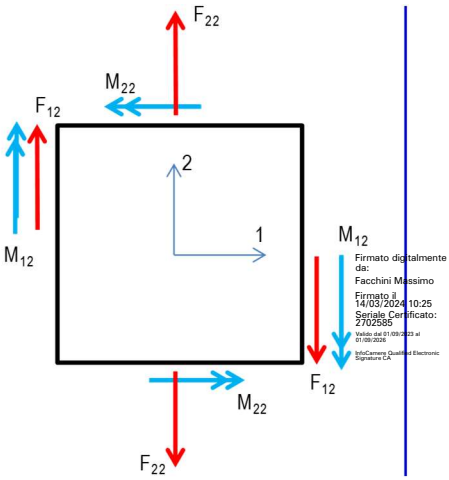
DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00069	150.0	0.00058	144.4	-0.00196	5.6
2	0.00046	0.0	0.00037	5.6	-0.00196	144.4
3	0.00050	150.0	0.00040	144.4	-0.00196	5.6
4	0.00048	0.0	0.00039	5.6	-0.00196	144.4
5	0.00048	150.0	0.00039	144.4	-0.00196	5.6
6	0.00050	150.0	0.00041	144.4	-0.00196	5.6
7	0.00069	150.0	0.00058	144.4	-0.00196	5.6
8	0.00046	0.0	0.00037	5.6	-0.00196	144.4
9	0.00048	150.0	0.00039	144.4	-0.00196	5.6
10	0.00049	0.0	0.00040	5.6	-0.00196	144.4
11	0.00048	150.0	0.00039	144.4	-0.00196	5.6
12	0.00050	150.0	0.00041	144.4	-0.00196	5.6

VERIFICHE TENSIONALE FESSURATIVA SLE DIREZIONE 2

	F_{d2} [kN]	M_{d2} [kNm]	V_{d2} [kN]	e_2 [m]
Massima forza assiale in direzione 2 e momento associato	518	113	-549	2,18E-01
Minima forza assiale in direzione 2 e momento associato	-13	-6	-2	4,68E-01
Massimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	73	214	559	2,92E+00
Minimo momento in direzione 2 e forza assiale associata	67	-211	-205	-3,15E+00
Massimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	52	175	582	-3,15E+00
Minimo taglio in direzione 2 associato ai relativi valori di F_{d2} e M_{d2}	108	154	-582	1,43E+00
Massima eccentricità in direzione 2	-0,02	-2,86	1,09	1,63E+02
Minima eccentricità in direzione 2	0,13	-2,92	0,95	-2,24E+01



$$F_{d2} = F_{22} + |F_{22}|$$

$$M_{d2} = M_{22} + |M_{22}|$$

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] 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	518.00	113.00
2	-13.00	-6.00
3	73.00	214.00
4	67.00	-211.00
5	52.00	175.00
6	108.00	154.00

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 ([MPa]
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 ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.59	150.0	0.06	0.0	1.2	144.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	0.00	0.0	0.00	10.4	-4.1	5.6	28.0	2800	53.1	22.2
3	S	0.97	150.0	0.00	115.8	-46.9	144.4	14.0	1400	26.5	22.2
4	S	0.98	0.0	0.00	47.4	-45.5	5.6	14.0	1400	26.5	22.2
5	S	0.79	150.0	0.00	116.7	-39.6	144.4	14.0	1400	26.5	22.2
6	S	0.70	150.0	0.00	107.2	-25.0	144.4	14.0	1400	26.5	22.2

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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00004	----	----	----	----	----	0.00
2	S	-0.00002	0.00000	0.58	0.60	0.000012 (0.000012)	417	0.005 (990.00)	-688.50
3	S	-0.00025	0.00007	0.50	0.60	0.000141 (0.000141)	379	0.053 (990.00)	1201.49
4	S	-0.00024	0.00007	0.50	0.60	0.000137 (0.000137)	379	0.052 (990.00)	-1193.13
5	S	-0.00021	0.00006	0.50	0.60	0.000119 (0.000119)	379	0.045 (990.00)	1186.00
6	S	-0.00013	0.00005	0.50	0.60	0.000075 (0.000075)	379	0.028 (990.00)	1345.48

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

VERIFICHE A TAGLIO

SOLLECITAZIONI DI TAGLIO

Sollecitazione di taglio in direzione 1 associata alla presenza di momenti positivi $V_{Ed,1,pos}$ = 590,5 kN

Sollecitazione di taglio in direzione 2 associata alla presenza di momenti positivi $V_{Ed,2,pos}$ = 785,8 kN

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE PRIVA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Coefficiente di resistenza al taglio $C_{Rd,c}$ = 0,12 -

Coefficiente k in direzione 1 per momenti positivi	$k_{1,pos}$	=	1,376	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti positivi	$k_{2,pos}$	=	1,372	-
Coefficiente k in direzione 1 per momenti negativi	$k_{1,neg}$	=	1,376	-
Coefficiente k in direzione 2 per momenti negativi	$k_{2,neg}$	=	1,372	-
Armatura tesa inferiore in direzione 1	$A_{inf,1}$	=	5309	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 1	$A_{sup,1}$	=	2655	mm^2
Armatura tesa inferiore in direzione 2	$A_{inf,2}$	=	2655	mm^2
Armatura tesa superiore in direzione 2	$A_{sup,2}$	=	2655	mm^2
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti positivi	$\rho_{1,pos}$	=	0,00374	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,pos}$	=	0,00184	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 1 per momenti negativi	$\rho_{1,neg}$	=	0,00187	-
Rapporto geometrico d'armatura tesa in direzione 2 per momenti positivi	$\rho_{2,neg}$	=	0,00184	-
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 1	σ_1	=	0,000	MPa
Tensione dovuta alla presenza della forza assiale in direzione 2	σ_2	=	0,000	MPa
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,pos}$**	**=**	**492,6**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti positivi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,pos}$**	**=**	**394,8**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.1)	**$V_{Rd1,c,neg}$**	**=**	**391,0**	**kN**
Resistenza a taglio della sezione soggetta a momenti negativi (Dir.2)	**$V_{Rd2,c,neg}$**	**=**	**394,8**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione priva di armatura a taglio	**$\delta_{1,pos}$**	**=**	**1,20**	**-**
	$\delta_{2,pos}$	**=**	**1,99**	**-**
NECESSARIO PREDISPORRE ARMATURA A TAGLIO	**$\delta_{1,neg}$**	**=**	**0,10**	**-**
	$\delta_{2,nrg}$	**=**	**0,00**	**-**

Firmato digitalmente da: Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE DOTATA DI ARMATURA IDONEA A RESISTERE AL TAGLIO

Diametro delle armature a taglio	ϕ_{st}	=	10,00	mm
Angolo di inclinazione delle bielle compresse	θ	=	45,00	OK
Passo delle armature a taglio disposte in direzione 1	s_1	=	200,00	mm
Passo delle armature a taglio disposte in direzione 2	s_2	=	200,00	mm
Numero ferri a taglio in direzione 1	n_1	=	5,00	-
Numero ferri a taglio in direzione 2	n_2	=	5,00	-
Area della singola armatura a taglio	A_{sw}	=	79	mm^2
Rapporto geometrico minimo	ρ_w	=	0,000887	-
Rapporto geometrico d'armatura in direzione 1	$\rho_{w,1}$	=	0,000277	-
Rapporto geometrico d'armatura in direzione 2	$\rho_{w,2}$	=	0,000272	-
Passo massimo delle armature a taglio	s_{max}	=	1073	mm
Resistenza offerta dalle armature in direzione 1	**$V_{Rds,1}$**	**=**	**1127,6**	**kN**

Resistenza offerta dalle armature in direzione 2	$V_{Rds,2}$	=	**1148,3**	**kN**
Coefficiente maggiorativo in direzione 1	α_{c1}	=	1,00	-
Coefficiente maggiorativo in direzione 2	α_{c2}	=	1,00	-
Resistenza offerta dalle bielle in direzione 1	$V_{Rdc,1}$	=	**4501,8**	**kN**
Resistenza offerta dalle bielle in direzione 2	$V_{Rdc,2}$	=	**4584,3**	**kN**
Verifica di idoneità della sezione dotata di armatura a taglio	δ_1	=	**0,52**	**-**
	δ_2	=	**0,68**	**-**

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

10. SCARICO IN FONDAZIONE

Si riportano le reazioni vincolari al baricentro della palificazione.

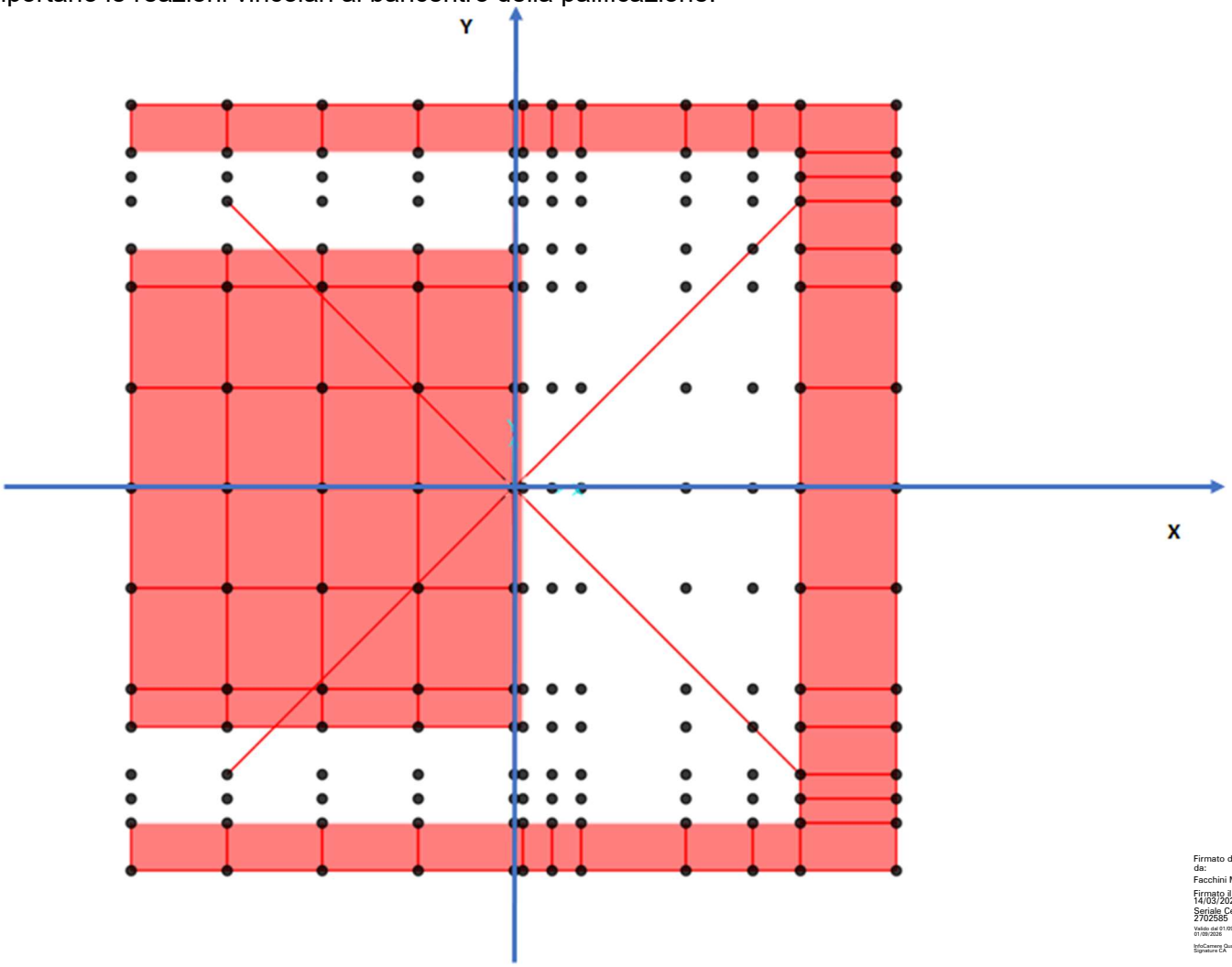


Figura 10-1 – Schema assi

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

10.1 SPALLA FISSA

TABLE: Base Reactions

OutputCase	CaseType	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
STR01	Combination	1854	0	-13086	0	6521	0
STR02	Combination	2008	0	-14553	-484	10308	23
STR03	Combination	1963	109	-14553	-962	10210	-270
STR04	Combination	2008	167	-14553	-1753	10306	250
STR05	Combination	1963	276	-14553	-2231	10208	-43
STR06	Combination	2355	0	-13706	-2	9960	23
STR07	Combination	1963	605	-13706	-2768	8260	-1509
STR08	Combination	2309	621	-13706	-2845	9862	-1377
STR09	Combination	2355	167	-13705	-1271	9958	250
STR10	Combination	1963	771	-13705	-4037	8258	-1282
STR11	Combination	2309	788	-13705	-4113	9860	-1150
STR12	Combination	2547	0	-14161	-363	12203	17
STR13	Combination	2513	82	-14161	-722	12129	-203
STR14	Combination	2547	167	-14160	-1632	12201	244
STR15	Combination	2513	249	-14160	-1990	12127	24
SVL01	Combination	5312	802	-10381	-3253	21880	-376
SLV02	Combination	2072	2669	-10109	-10661	9693	-1179
SLV03	Combination	5363	802	-10256	-3182	21828	-376
SLV04	Combination	2124	2669	-9983	-10589	9642	-1179
R1	Combination	1373	0	-9694	0	4831	0
R2	Combination	1488	0	-10780	-359	7636	17
R3	Combination	1454	81	-10780	-713	7563	-200
R4	Combination	1488	111	-10780	-1205	7634	168
R5	Combination	1454	192	-10780	-1559	7562	-49
R6	Combination	1745	0	-10152	-2	7378	17
R7	Combination	1454	448	-10152	-2051	6119	-1118
R8	Combination	1711	460	-10152	-2107	7305	-1020
R9	Combination	1745	111	-10152	-848	7376	168
R10	Combination	1454	559	-10152	-2896	6117	-967
R11	Combination	1711	571	-10152	-2953	7304	-869
R12	Combination	1878	0	-10408	-242	8829	11
R13	Combination	1856	55	-10408	-481	8780	-135
R14	Combination	1878	111	-10408	-1088	8828	163
R15	Combination	1856	166	-10408	-1327	8778	16

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

10.2 SPALLA MOBILE

TABLE: Base Reactions

OutputCase	CaseType	FX	FY	FZ	MX	MY	lMZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
STR01	Combination	1854	0	-13086	0	6521	0
STR02	Combination	2008	0	-14553	-484	10308	23
STR03	Combination	1963	109	-14553	-962	10210	-270
STR04	Combination	2008	167	-14553	-1753	10306	250
STR05	Combination	1963	276	-14553	-2231	10208	-43
STR06	Combination	2355	0	-13706	-2	9960	23
STR07	Combination	1963	605	-13706	-2768	8260	-1509
STR08	Combination	2309	621	-13706	-2845	9862	-1377
STR09	Combination	2355	167	-13705	-1271	9958	250
STR10	Combination	1963	771	-13705	-4037	8258	-1282
STR11	Combination	2309	788	-13705	-4113	9860	-1150
STR12	Combination	1970	0	-14161	-363	9303	17
STR13	Combination	1935	82	-14161	-722	9229	-203
STR14	Combination	1970	167	-14160	-1632	9301	244
STR15	Combination	1935	249	-14160	-1990	9227	24
SVL01	Combination	4053	801	-10245	-3248	15247	-378
SLV02	Combination	1695	2669	-10068	-10659	7703	-1180
SLV03	Combination	4104	801	-10120	-3177	15195	-378
SLV04	Combination	1746	2669	-9943	-10588	7652	-1180
R1	Combination	1373	0	-9694	0	4831	0
R2	Combination	1488	0	-10780	-359	7636	17
R3	Combination	1454	81	-10780	-713	7563	-200
R4	Combination	1488	111	-10780	-1205	7634	168
R5	Combination	1454	192	-10780	-1559	7562	-49
R6	Combination	1745	0	-10152	-2	7378	17
R7	Combination	1454	448	-10152	-2051	6119	-1118
R8	Combination	1711	460	-10152	-2107	7305	-1020
R9	Combination	1745	111	-10152	-848	7376	168
R10	Combination	1454	559	-10152	-2896	6117	-967
R11	Combination	1711	571	-10152	-2953	7304	-869
R12	Combination	1450	0	-10408	-242	6680	11
R13	Combination	1428	55	-10408	-481	6631	-135
R14	Combination	1450	111	-10408	-1088	6679	163
R15	Combination	1428	166	-10408	-1327	6630	16

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:25
Seriale Certificato: 2702585
Valido dal 01/09/2023 al 01/09/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA