

COMMITTENTE: ALLODI S.R.L.
CANTIERE: PARMA (PR) – Via Naviglio Alto
RIFERIMENTO: EX CRAL BORMIOLI
COMMISSIONE: 61-0024-23

REALIZZAZIONE DI CALCOLO DEI SOLAI “DUAL” AD ARMATURA INCROCIATA REALIZZATI CON LASTRE PREDALLES

SECONDO N.T.C. – D.M. 17/01/2018

**RELAZIONE DI CALCOLO:
COPERTURA**

	DESCRIZIONE MODIFICA	Data
REV. 0	PRIMA EMISSIONE	31/07/2023

Il calcolatore dei solai
ing. Pierluigi Basso

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA UTILIZZATA PER LE VERIFICHE.....	3
3	MATERIALI UTILIZZATI PER LE VERIFICHE.....	4
4	ANALISI DEI CARICHI.....	5
4.1	CARICHI SULL'IMPALCATO	5
4.2	AZIONI SISMICHE.....	5
4.3	COMBINAZIONI	6
5	SOLAI TIPO "DUAL"	7
5.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO PER LE VERIFICHE.....	8
6	VERIFICA DELLE SEZIONI RESISTENTI SIGNIFICATIVE	9
6.1	VERIFICHE COPERTURA	9
6.1.1	CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RESISTENTE DA MODELLO.....	9
6.1.2	MODELLO	10
6.1.3	INDICAZIONE DEI CARICHI APPLICATI.....	11
6.1.4	SOLLECITAZIONI MASSIME PER LA COMBINAZIONE SLU	12
6.1.5	MASSIMI MOMENTI FLETTENTI PER LA COMB. SLU IN DIREZIONE X	14
6.1.6	MASSIMI MOMENTI FLETTENTI PER LA COMB. SLU IN DIREZIONE Y	15
6.1.7	VERIFICHE DUAL 5+28+6	16
6.1.8	VERIFICA A TAGLIO (SLU)	23
6.1.9	VERIFICA A PUNZONAMENTO.....	24
6.1.10	VERIFICA DELLA DEFORMABILITÀ (SLE).....	27
6.1.11	REAZIONI VINCOLARI.....	29

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda la verifica degli elementi strutturali dei solai ad armatura incrociata chiamato "Dual", realizzato con lastre predalles armate dentro e sopra la lastra nelle due direzioni, e completate con doppia maglia di armatura superiore e getto di completamento. L'alleggerimento è in EPS, dimensioni 40x40 cm. L'armatura viene disposta con copriferro idoneo per garantire le classi di esposizione richieste. I solai appoggiano su un'idonea struttura a telaio dimensionata e verificata dal progettista delle strutture dell'intero fabbricato in oggetto. Il solaio viene dimensionato per sopportare i carichi previsti da progetto secondo le prescrizioni delle N.T.C. - D.M. 17/01/2018.

2 NORMATIVA UTILIZZATA PER LE VERIFICHE

- Legge 05.11.1971 n. 1086: "Norme tecniche per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, e precompresso ed a struttura metallica";
- Raccomandazione CNR 1024/86: "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".
- CNR-UNI 10011/1988: "Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";
- UNI EN 206-1 2001: "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 11104: "Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1";
- ORDINANZA P.C.M n°3274 20/03/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- - O.P.C.M n°3431 03/05/2005: "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici."
- - D.M Infrastrutture 17/01/2018: "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

3 MATERIALI UTILIZZATI PER LE VERIFICHE

Calcestruzzo per getto opera dell'impalcato: classe di resistenza classe **C28/35** $R_{ck} \geq 35\text{MPa}$, classe di esposizione ambientale **XC1**.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

$R_{ck} = 35 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.5$

$\alpha_{cc} = 0.85$

Resistenza a compressione:

$f_{ck} = 29.1 \text{ MPa}$

$f_{cm} = 37.1 \text{ MPa}$

$f_{cd} = 16.5 \text{ MPa}$

Resistenza a trazione:

$f_{ctm} = 2.83 \text{ MPa}$

$f_{ctk} = 1.98 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1.32 \text{ MPa}$

Valore medio della resistenza a trazione per flessione

$f_{cfm} = 3.40 \text{ MPa}$

Modulo Elastico istantaneo del cls:

$E_{cm} = 32588 \text{ MPa}$

Coefficiente di poisson:

$\nu_{cs, fessur.} = 0$

$\nu_{cs, no fessur.} = 0.2$

Tensione tangenziale di aderenza:

$f_{bk} = 4.47 \text{ MPa}$

$f_{bd} = 2.98 \text{ MPa}$

$f_{bd,t} = 1.98 \text{ MPa}$

Copriferro netto minimo per armature: $s = 25 \text{ mm}$ (traliccio)

Acciaio da cemento armato

$f_{t,nom} = f_{tk} = 540 \text{ MPa}$

$f_{y,nom} = f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 391 \text{ MPa}$

4 ANALISI DEI CARICHI

Vengono riportati i carichi utilizzati per le verifiche, ripresi dal progetto strutturale esecutivo generale dell'opera.

4.1 CARICHI SULL'IMPALCATO

COPERTURA DUAL 5+28+6 = 39 CM

Copertura – Zona ad armatura incrociata H 5+28+6 = 39 cm:

- | | |
|---|-------------------------|
| ○ Peso proprio solaio G1 | 6,90 kN/ m ² |
| ○ Sovraccarico permanente (non compiutamente definito) G2 | 3,20 kN/m ² |
| ○ Sovraccarichi accidentali Q1 (cat.Neve<1000 mslm) | 1,20 kN/m ² |

4.2 AZIONI SISMICHE

La presente relazione di calcolo non tratta l'analisi sismica delle strutture portanti verticali del fabbricato in oggetto. Pur non essendo l'azione sismica dimensionante per i solai in oggetto, vengono rispettate le prescrizioni minime contenute nell' Eurocodice 8 per fare in modo che essi si comportino come piani rigidi per i telai sismoresistenti.

4.3 COMBINAZIONI

Seguono i valori dei coefficienti di combinazione adottati:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota < 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

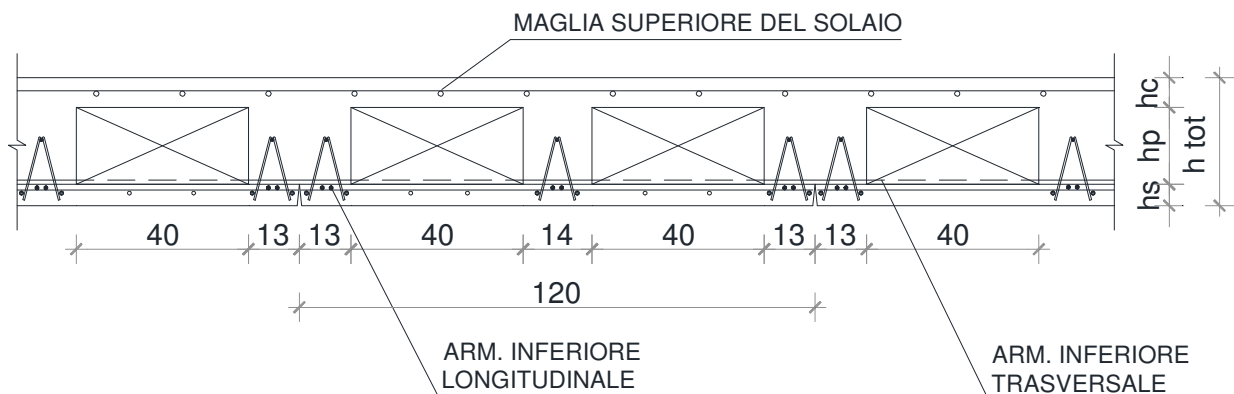
5 SOLAI TIPO "DUAL"

COPERTURA DUAL 5+28+6 = 39 CM

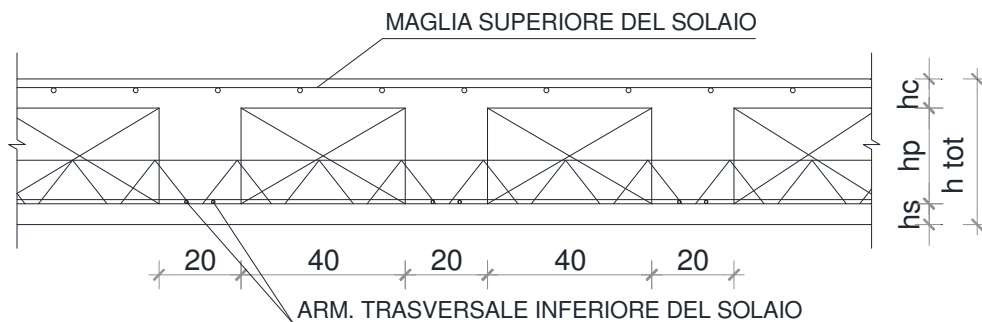
Si tratta di solai ad armatura incrociata di spessore completo strutturale pari a 39 cm, composti da una lastra tralicciata larga 120 cm con 3 tralici 5/8/5/H20,5, armata dentro e sopra la lastra avente nervature passo 60 cm, alleggerita con blocchi in polistirolo 40x40 cm alti 28 cm, in modo da creare nervature nella direzione trasversale di 20 cm, con passo 60 cm che garantiscono una sezione resistente equivalente nelle due direzioni, salvo la diversa altezza del copriferro delle armature (vedi figure seguenti). Il solaio viene armato superiormente con una maglia $\varnothing 8/20 \times 20$ diffusa su tutta la superficie, e con spezzoni di completamento laddove sia necessario, e completato con un getto in opera per ottenere una soletta superiore dello spessore minimo di 6 cm. Seguono la descrizione del modello di calcolo utilizzato per le verifiche e le relative verifiche.

$$h_s = 5 \text{ cm}, h_p = 28 \text{ cm}, h_c = 6 \text{ cm}, h_{tot} = 39 \text{ cm}.$$

SEZIONE PARALLELA ALLA LASTRA DA 120 cm

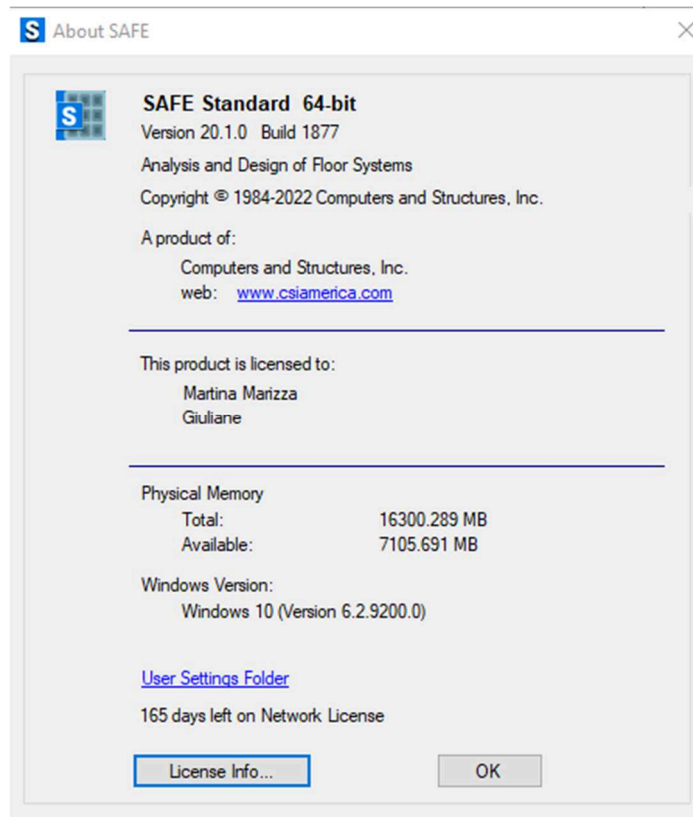


SEZIONE TRASVERSALE ALLA LASTRA



5.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO PER LE VERIFICHE

Per il dimensionamento e le verifiche del solaio in oggetto si utilizza un modello di calcolo FEM, realizzato con il codice di calcolo seguente:



Il solaio ad armatura incrociata viene discretizzato come una piastra “thick plate”. Tale schema si assume valido poiché le nervature che realizzano il solaio ad armatura incrociata hanno uguale inerzia nelle due direzioni, nelle zone dove le fibre inferiori sono tese, a meno della modesta differenza di copriferro dovuta alla sovrapposizione delle barre. Le zone con fibre superiori tese rappresentano invece una modesta percentuale dell’intera superficie del solaio.

6 VERIFICA DELLE SEZIONI RESISTENTI SIGNIFICATIVE

6.1 VERIFICHE COPERTURA

6.1.1 CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RESISTENTE DA MODELLO

S Slab Property Data

General Data

Property Name: DUAL 5+28+6=39

Slab Material: C28/35

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thick

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 390 mm

Orthotropic

OK Cancel

S Material Property Data

General Data

Material Name: C28/35

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 25 kN/m³

Mass per Unit Volume: 2549.29 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 32588 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 13578.33 MPa

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Time Dependent Properties...

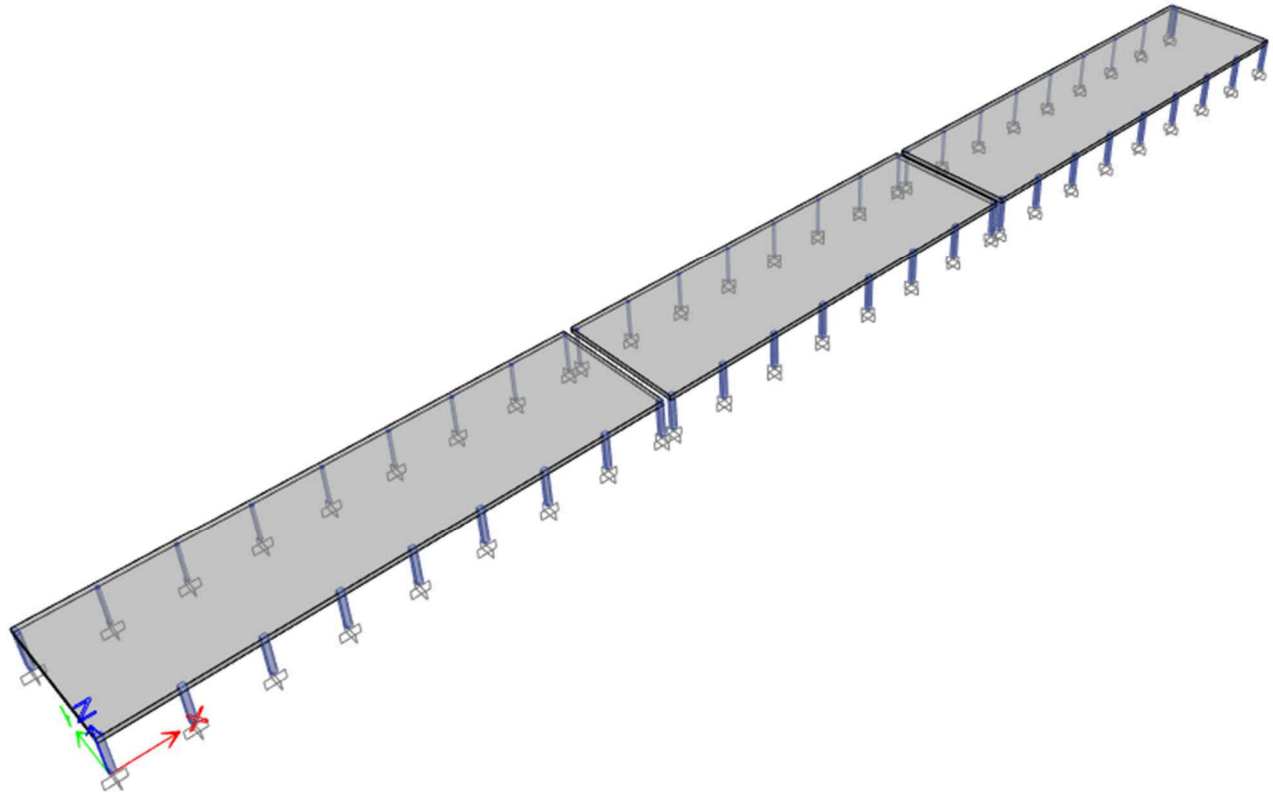
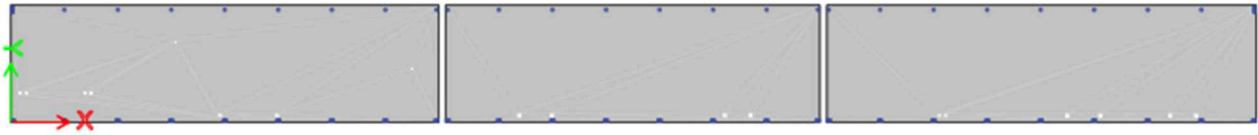
Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified: 2.83 MPa

OK Cancel

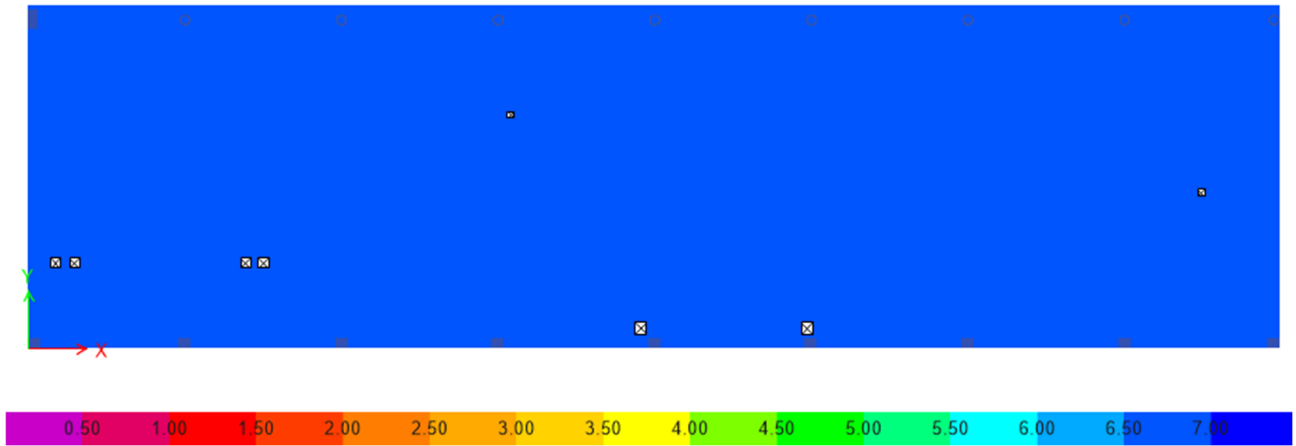
6.1.2 MODELLO



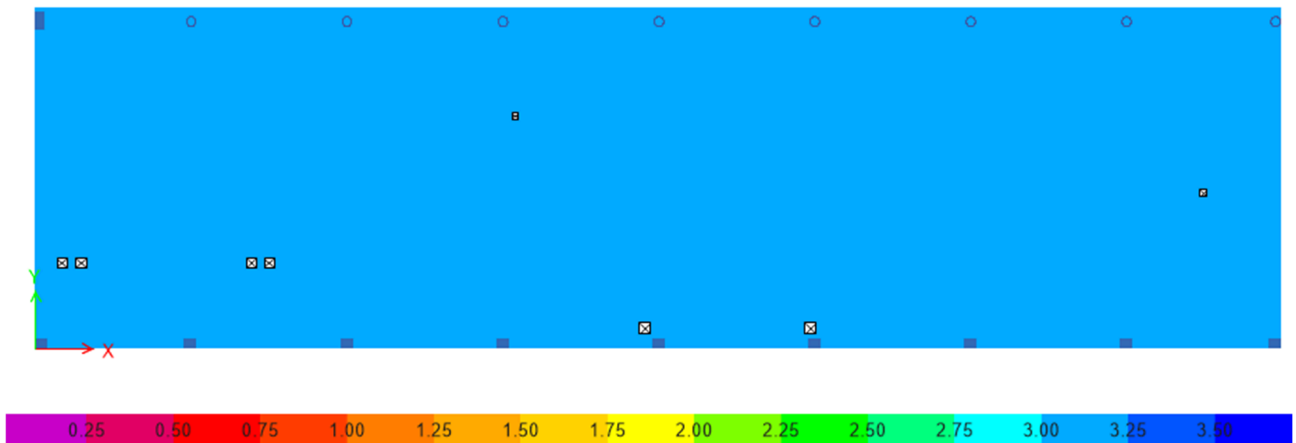
6.1.3 INDICAZIONE DEI CARICHI APPLICATI

Per maggiore chiarezza espositiva si fa riferimento nelle immagini a uno dei blocchi che compongono l'intera struttura essendo tutti e tre simili tra loro.

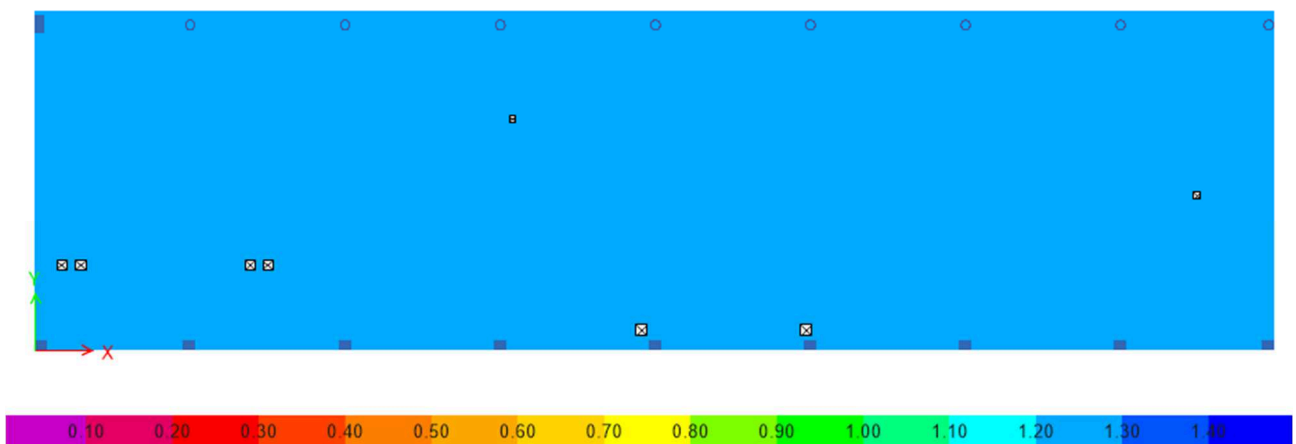
Peso proprio G1:



Carico permanente non completamente definito G2:

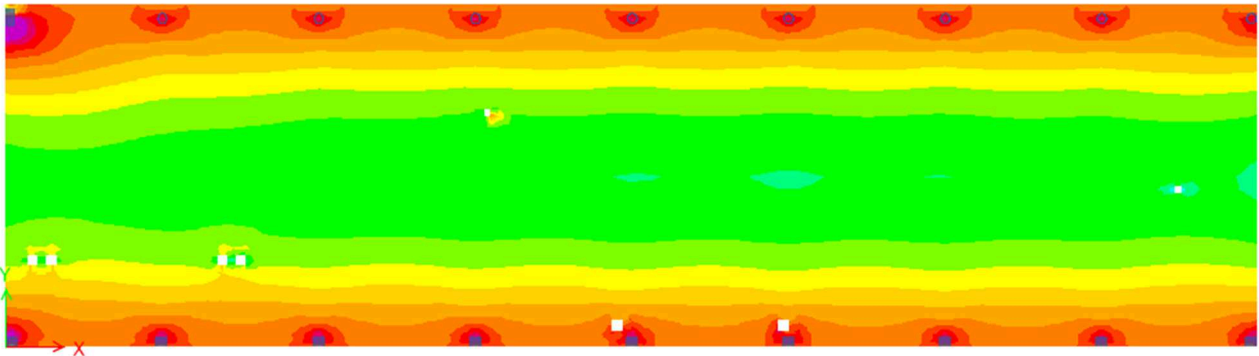
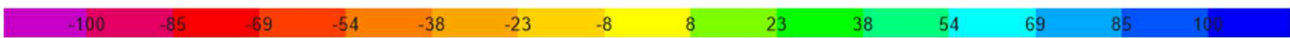
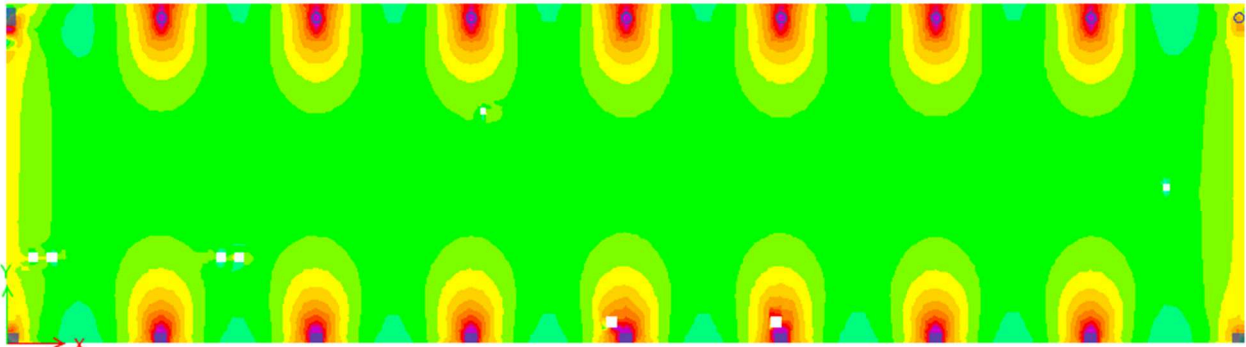


Carico accidentale Q1 (cat.Neve < 1000 mslm)

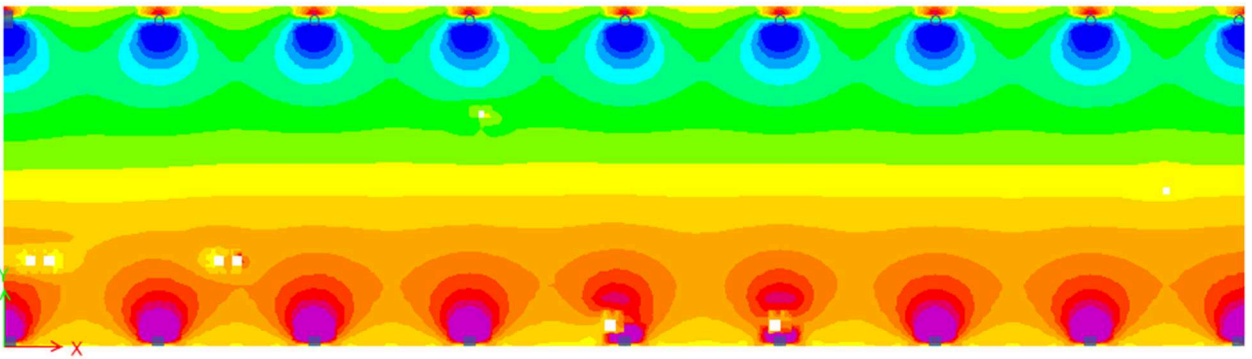
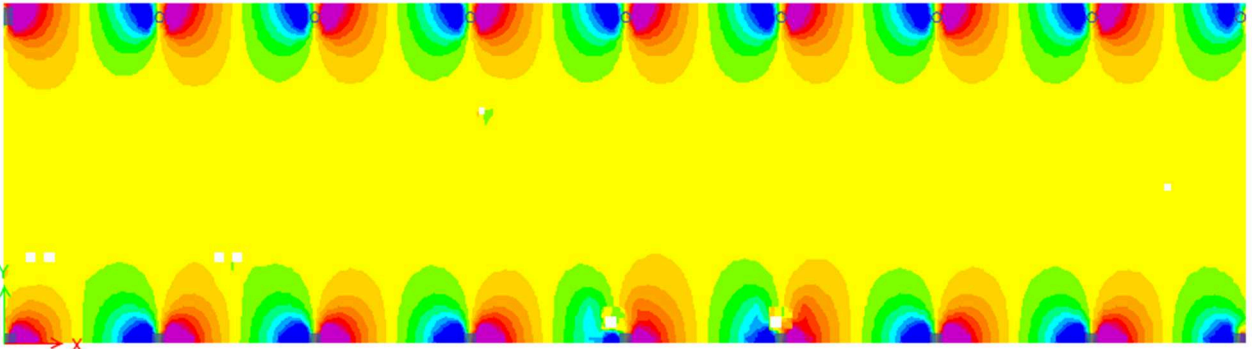


6.1.4 SOLLECITAZIONI MASSIME PER LA COMBINAZIONE SLU

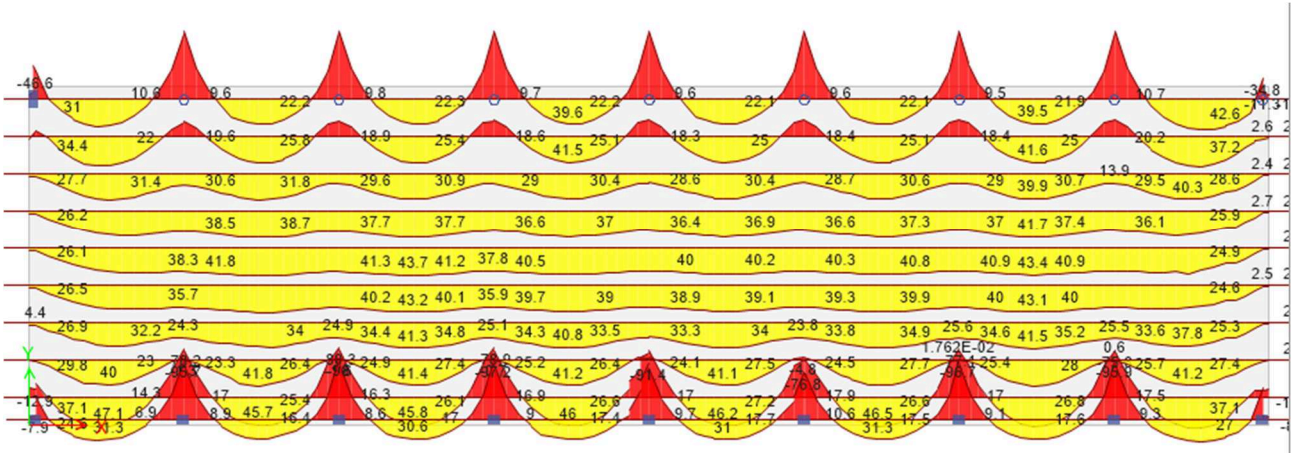
Mxx e Myy comb SLU



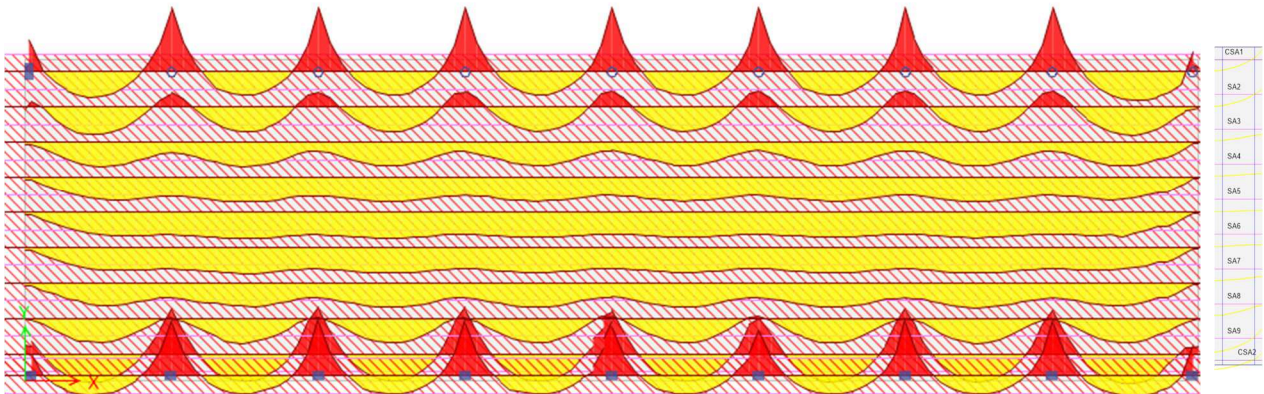
Vxx e Vyy comb SLU



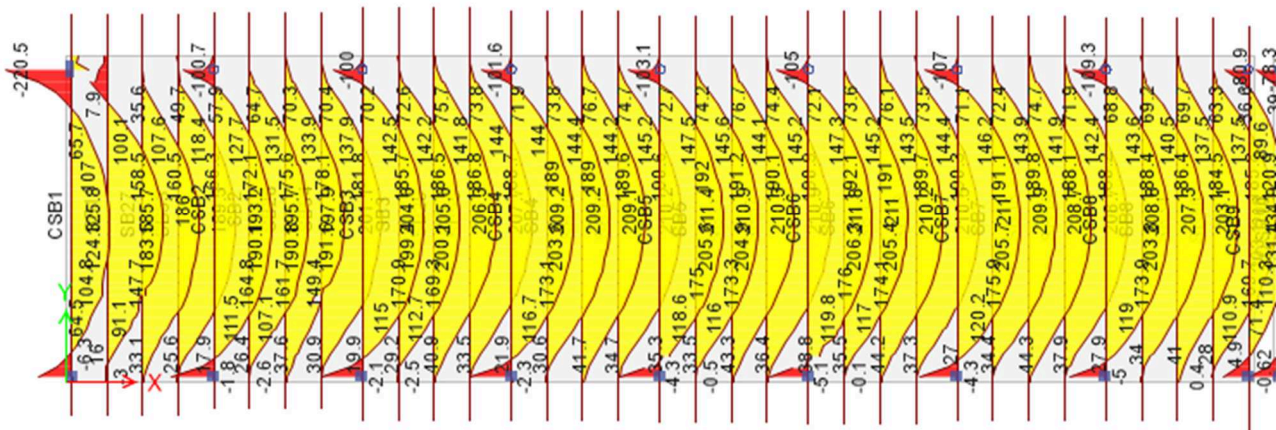
6.1.5 MASSIMI MOMENTI FLETTENTI PER LA COMB. SLU IN DIREZIONE X



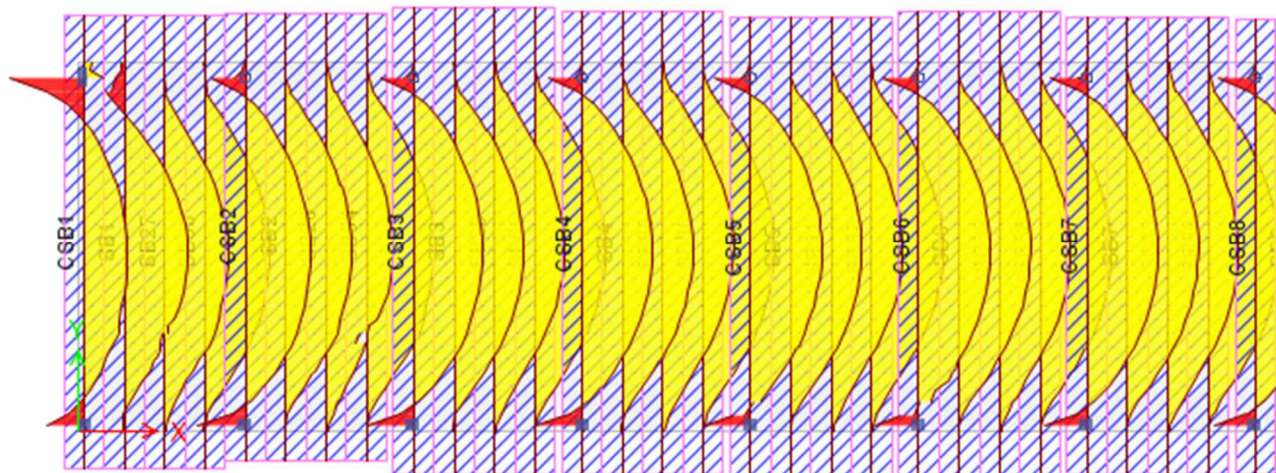
Denominazione delle sezioni di calcolo in direzione x (strips larghe 120 cm sulle quali viene integrato il Momento flettente ed il taglio sollecitante):




6.1.6 MASSIMI MOMENTI FLETTENTI PER LA COMB. SLU IN DIREZIONE Y



Denominazione delle sezioni di calcolo in direzione y (strips larghe 120 cm sulle quali viene integrato il Momento flettente ed il taglio sollecitante):



6.1.7 VERIFICHE DUAL 5+28+6

	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB

DATI MATERIALI

Calcestruzzo:

Classe		C28/35	
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	28	MPa
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	35	MPa
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo	γ_c	1.5	
Resistenza di progetto	f_{cd}	15.87	MPa
Resistenza media cilindrica	f_{cm}	36.00	MPa
Modulo elastico istantaneo	E_{cm}	32308	MPa

Acciaio

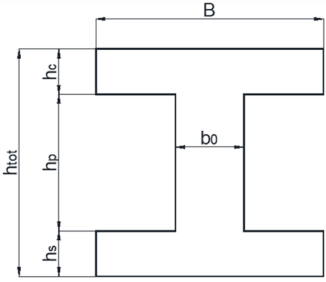
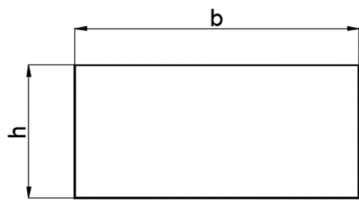
Tipo		B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio	γ_s	1.15	
Resistenza di progetto	f_{yd}	391.3	MPa
Modulo elastico	E_s	200000	MPa


GEOMETRIA SEZIONE ALLEGGERITA

Base	B
Altezza	H
Larghezza anima	b_0
Spessore ala	s

GEOMETRIA SEZIONE PIENA

Base	b
Altezza	h

 <small>ESSE TEAM SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA</small>	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB

PROGRESSIVO	1			
STRIP	SB28			
STATION	+			
SEZIONE	ALLEGGERITA			
TIPO	1			

ARMATURE	N	Ø	A _s	Y
Layer Top 1	0	0	0	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	6	18	1527	40
Layer Bottom 1	6	5	118	30

GEOMETRIA			
Base	1200	mm	
Altezza	390	mm	
Larghezza anima	400	mm	
Spessore ala	60	mm	

STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)
Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)
Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed}	198.0	kNm
M _{Rd}	215.8	kNm
U.F.	92%	OK

Momento resistente
CHECK

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)
SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori)
Apertura fessure

M _{Ed,SLE,fr}	136.6	kNm
w	0.137	mm
w _{lim}	0.400	mm
U.F.	34%	OK

Apertura fessure limite
CHECK

SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori)
Apertura fessure

M _{Ed,SLE,qp}	134.0	kNm
w	0.134	mm
w _{lim}	0.300	mm
U.F.	45%	OK

Apertura fessure limite
CHECK

Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)
Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori)
Tensione di compressione del calcestruzzo

M _{Ed,SLE,ra}	150.5	kNm
σ _c	8.2	MPa
σ _{c,max}	16.8	MPa
U.F.	49%	OK

Tensione massima di compressione del calcestruzzo
CHECK

SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori)
Tensione di compressione del calcestruzzo


M _{Ed,SLE,qp}	134.0	kNm
σ _c	7.3	MPa
σ _{c,max}	12.6	MPa
U.F.	58%	OK


Tensione massima di compressione del calcestruzzo
CHECK

Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori)
Tensione di trazione nell'acciaio

M _{Ed,SLE,ra}	150.5	kNm
σ _s	296.6	MPa
σ _{s,max}	360.0	MPa
U.F.	82%	OK

Tensione massima di trazione nell'acciaio
CHECK

	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB
PROGRESSIVO	2			
STRIP	SB65			
STATION	+			
SEZIONE	ALLEGGERITA			
TIPO	1			
ARMATURE				
	N	∅	A _s	Y
Layer Top 1	0	0	0	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	6	18	1527	40
Layer Bottom 1	6	5	118	30
GEOMETRIA				
	Base	1200	mm	
	Altezza	390	mm	
	Larghezza anima	400	mm	
	Spessore ala	60	mm	
STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)				
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)				
<i>Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)</i>				
<i>Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori)</i>	M _{Ed}	211.0	kNm	
<i>Momento resistente</i>	M _{Rd}	215.8	kNm	
CHECK	U.F.	98%		OK
STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)				
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)				
<i>SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Apertura fessure</i>	M _{Ed,SLE,fr}	146.3	kNm	
	w	0.148	mm	
<i>Apertura fessure limite</i>	w _{lim}	0.400	mm	
CHECK	U.F.	37%		OK
<i>SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Apertura fessure</i>	M _{Ed,SLE,qp}	143.0	kNm	
	w	0.144	mm	
<i>Apertura fessure limite</i>	w _{lim}	0.300	mm	
CHECK	U.F.	48%		OK
Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)				
<i>Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)</i>				
<i>SLE rara (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di compressione del calcestruzzo</i>	M _{Ed,SLE,ra}	160.0	kNm	
	σ _c	8.7	MPa	
<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo</i>	σ _{c,max}	16.8	MPa	
CHECK	U.F.	52%		OK
<i>SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di compressione del calcestruzzo</i>	M _{Ed,SLE,qp}	143.0	kNm	
	σ _c	7.8	MPa	
<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo</i>	σ _{c,max}	12.6	MPa	
CHECK	U.F.	62%		OK
<i>Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)</i>				
<i>SLE rara (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di trazione nell'acciaio</i>	M _{Ed,SLE,ra}	160.0	kNm	
	σ _s	315.3	MPa	
<i>Tensione massima di trazione nell'acciaio</i>	σ _{s,max}	360.0	MPa	
CHECK	U.F.	88%		OK

 <small>ESSE TEAM SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA</small>	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB

PROGRESSIVO	3			
STRIP	CSA1			
STATION	+			
SEZIONE	ALLEGGERITA			
TIPO	2			

ARMATURE	N	∅	A _s	Y
Layer Top 1	0	0	0	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	4	12	452	60
Layer Bottom 1	0	5	0	30

GEOMETRIA			
Base	1200	mm	
Altezza	390	mm	
Larghezza anima	400	mm	
Spessore ala	60	mm	

STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)
Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)
Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed}	40.0	kNm
M _{Rd}	63.1	kNm
U.F.	63%	OK

Momento resistente
CHECK

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)
SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed,SLE,fr}	27.8	kNm
w	0.104	mm
w _{lim}	0.400	mm
U.F.	26%	OK

Apertura fessure
Apertura fessure limite
CHECK

SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed,SLE,qp}	27.1	kNm
w	0.101	mm
w _{lim}	0.300	mm
U.F.	34%	OK

Apertura fessure
Apertura fessure limite
CHECK

Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)
Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed,SLE,ra}	30.4	kNm
σ _c	2.9	MPa
σ _{c,max}	16.8	MPa
U.F.	17%	OK

Tensione di compressione del calcestruzzo
Tensione massima di compressione del calcestruzzo
CHECK

SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori)


M _{Ed,SLE,qp}	27.1	kNm
σ _c	2.6	MPa
σ _{c,max}	12.6	MPa
U.F.	21%	OK

Tensione di compressione del calcestruzzo
Tensione massima di compressione del calcestruzzo
CHECK

Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori)

M _{Ed,SLE,ra}	30.4	kNm
σ _s	239.1	MPa
σ _{s,max}	360.0	MPa
U.F.	66%	OK

Tensione di trazione nell'acciaio
Tensione massima di trazione nell'acciaio
CHECK

 <small>ESSE TEAM SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA</small>	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB

PROGRESSIVO	4			
STRIP	SA3			
STATION	+			
SEZIONE	ALLEGGERITA			
TIPO	2			

ARMATURE	N	Ø	A _s	Y
Layer Top 1	0	0	0	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	4	12	452	60
Layer Bottom 1	0	5	0	30

GEOMETRIA			
Base	1200	mm	
Altezza	390	mm	
Larghezza anima	400	mm	
Spessore ala	60	mm	

STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)
Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)
Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed} 39.7 kNm
Momento resistente M_{Rd} 63.1 kNm
CHECK U.F. 63% OK


STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)
SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori)
Apertura fessure M_{Ed,SLE,fr} 27.5 kNm
Apertura fessure limite w 0.103 mm
CHECK w_{lim} 0.400 mm
U.F. 26% OK

SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,qp} 26.8 kNm
Apertura fessure w 0.100 mm
Apertura fessure limite w_{lim} 0.300 mm
CHECK U.F. 33% OK

Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)
Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,ra} 30.0 kNm
Tensione di compressione del calcestruzzo σ_c 2.9 MPa
Tensione massima di compressione del calcestruzzo σ_{c,max} 16.8 MPa
CHECK U.F. 17% OK

SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,qp} 26.8 kNm
Tensione di compressione del calcestruzzo σ_c 2.6 MPa
Tensione massima di compressione del calcestruzzo σ_{c,max} 12.6 MPa
CHECK U.F. 21% OK

Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,ra} 30.0 kNm
Tensione di trazione nell'acciaio σ_s 235.9 MPa
Tensione massima di trazione nell'acciaio σ_{s,max} 360.0 MPa
CHECK U.F. 66% OK

 <small>ESSE TEAM SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA</small>	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB

PROGRESSIVO	5			
STRIP	CSA1			
STATION	-			
SEZIONE	PIENA			
TIPO	3			

ARMATURE	N	Ø	A _s	Y
Layer Top 1	6	14	924	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	4	12	452	40
Layer Bottom 1	0	5	0	30

GEOMETRIA			
Base	1200	mm	
Altezza	390	mm	
Larghezza anima	0	mm	
Spessore ala	0	mm	

STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)
Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)
Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed} -109.5 kNm
Momento resistente M_{Rd} -159.8 kNm
CHECK U.F. 69% OK


STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)
SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,fr} -75.8 kNm
Apertura fessure w 0.221 mm
Apertura fessure limite w_{lim} 0.400 mm
CHECK U.F. 55% OK

SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,qp} -74.1 kNm
Apertura fessure w 0.216 mm
Apertura fessure limite w_{lim} 0.300 mm
CHECK U.F. 72% OK

Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)
Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,ra} -82.9 kNm
Tensione di compressione del calcestruzzo σ_c 4.8 MPa
Tensione massima di compressione del calcestruzzo σ_{c,max} 16.8 MPa
CHECK U.F. 28% OK

SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,qp} -74.1 kNm
Tensione di compressione del calcestruzzo σ_c 4.2 MPa
Tensione massima di compressione del calcestruzzo σ_{c,max} 12.6 MPa
CHECK U.F. 34% OK

Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)
SLE rara (positivo tende fibre inferiori) M_{Ed,SLE,ra} -82.9 kNm
Tensione di trazione nell'acciaio σ_s 218.4 MPa
Tensione massima di trazione nell'acciaio σ_{s,max} 360.0 MPa
CHECK U.F. 61% OK

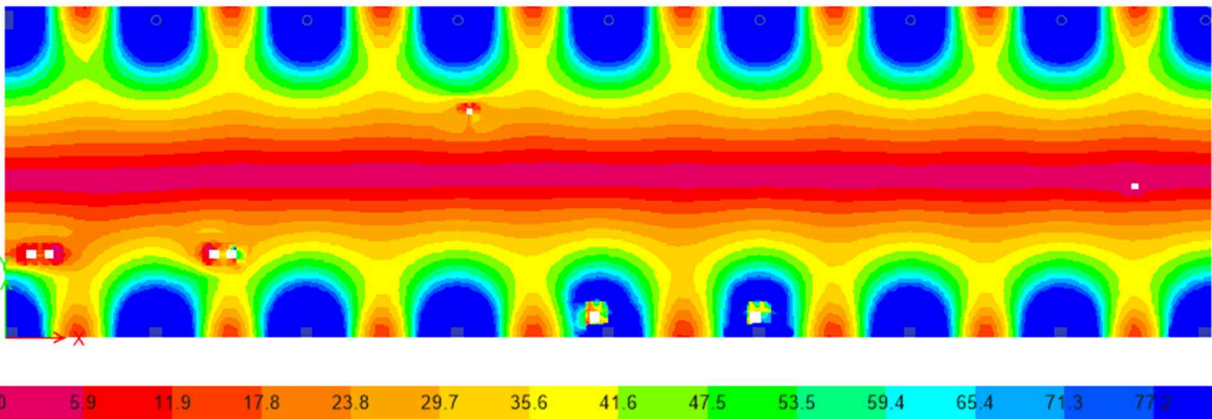
 <small>ESSE TEAM SOLUZIONI COSTRUTTIVE PER L'EDILIZIA</small>	PROGETTO:	ALLODI S.R.L.		
	NUMERO:	61-0024-23	DATA:	31-07-2023
	REDATTO:	MAR	VERIFICATO:	PB
PROGRESSIVO	6			
STRIP	CSA2			
STATION	-			
SEZIONE	PIENA			
TIPO	3			
ARMATURE	N	Ø	A _s	Y
Layer Top 1	6	14	924	350
Layer Top 2	6	8	302	330
Layer Bottom 2	4	12	452	40
Layer Bottom 1	0	5	0	30
GEOMETRIA				
Base	1200	mm		
Altezza	390	mm		
Larghezza anima	0	mm		
Spessore ala	0	mm		
STATI LIMITE ULTIMI (4.1.2.3 NTC 2018)				
Stato limite di resistenza (4.1.2.3.2 NTC 2018)				
<i>Resistenza flessionale (4.1.2.3.4 NTC 2018)</i>				
<i>Momento sollecitante (positivo tende fibre inferiori)</i>	M _{Ed}	-94.7	kNm	
<i>Momento resistente</i>	M _{Rd}	-159.8	kNm	
CHECK	U.F.	59%		OK
STATI LIMITE DI ESERCIZIO (4.1.2.2 NTC 2018)				
Stato limite di fessurazione (4.1.2.2.4 NTC 2018)				
<i>SLE Frequente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Apertura fessure</i>	M _{Ed,SLE,fr}	-65.6	kNm	
	w	0.191	mm	
<i>Apertura fessure limite</i>	w _{lim}	0.400	mm	
CHECK	U.F.	48%		OK
<i>SLE Quasi Permanente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Apertura fessure</i>	M _{Ed,SLE,qp}	-64.1	kNm	
	w	0.187	mm	
<i>Apertura fessure limite</i>	w _{lim}	0.300	mm	
CHECK	U.F.	62%		OK
Stato limite di limitazione delle tensioni (4.1.2.2.5 NTC 2018)				
<i>Calcestruzzo (4.1.2.2.5.1 NTC 2018)</i>				
<i>SLE rara (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di compressione del calcestruzzo</i>	M _{Ed,SLE,ra}	-71.7	kNm	
	σ _c	4.1	MPa	
<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo</i>	σ _{c,max}	16.8	MPa	
CHECK	U.F.	24%		OK
<i>SLE quasi permanente (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di compressione del calcestruzzo</i>	M _{Ed,SLE,qp}	-64.1	kNm	
	σ _c	3.7	MPa	
<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo</i>	σ _{c,max}	12.6	MPa	
CHECK	U.F.	29%		OK
<i>Acciaio (4.1.2.2.5.2 NTC 2018)</i>				
<i>SLE rara (positivo tende fibre inferiori)</i>				
<i>Tensione di trazione nell'acciaio</i>	M _{Ed,SLE,ra}	-71.7	kNm	
	σ _s	188.9	MPa	
<i>Tensione massima di trazione nell'acciaio</i>	σ _{s,max}	360.0	MPa	
CHECK	U.F.	52%		OK

6.1.8 VERIFICA A TAGLIO (SLU)

Verifica per elementi privi di armatura a taglio:

b =	400	mm	d =	345	mm
h =	390	mm	fck =	29.05	MPa
c =	45	mm	k =	1.76	
Rck =	35		γ_c =	1.50	
As tesa =	1524.0	mm ²	ρ_1 =	0.01104	
N comp. =	0	kN	σ_{cp} =	0.00	MPa
V_{rd} =	92.68	kN/120	=	77.24	kN/m

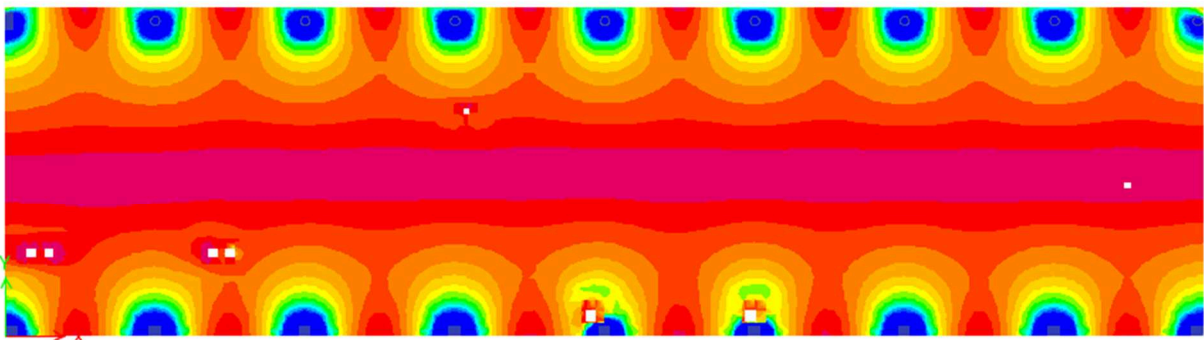
$V_{rd} = 77,24$ kN/m per sezioni non armate a taglio con nervature larghe 20 cm ogni 60 cm.



Nelle zone dove viene superato il limite è prevista la formazione di fasce piene ottenute per arretramento dell'alleggerimento o con un maggior quantitativo di armatura collaborante a taglio.

VERIFICA A TAGLIO IN CORRISPONDENZA DEL PILASTRO P2
Verifica per elementi privi di armatura a taglio:

b =	1200	mm	d =	380	mm
h =	390	mm	fck =	29.05	MPa
c =	10	mm	k =	1.73	
Rck =	35		γ_c =	1.50	
As tesa =	1524.0	mm ²	ρ_1 =	0.00334	
N comp. =	0	kN	σ_{cp} =	0.00	MPa
Vrd =	201.42	kN/120	=	167.85	kN/m

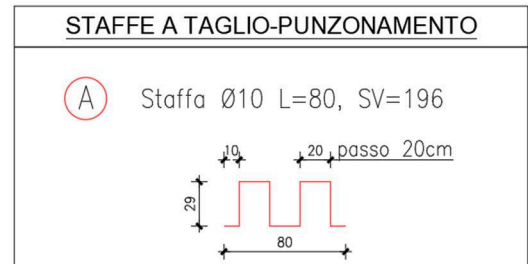
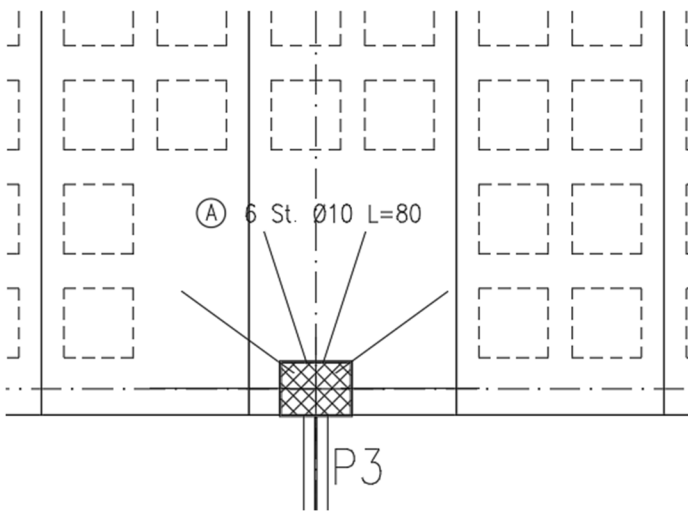

6.1.9 VERIFICA A PUNZONAMENTO

Nelle zone nell'intorno dei pilastri, in particolare dove è necessaria, è prevista apposita armatura a punzonamento e viene eseguita la verifica secondo i criteri previsti nell'EC2 (UNI EN 1992-1-1-2005). Le verifiche vengono eseguite rispetto i contorni di verifica 2d, 4d, 6d ecc... fino a quando non risultano soddisfatte, come previsto dalla Norma, tenendo conto della presenza di fori e della posizione del pilastro (centro, bordo, angolo), armando poi in modo opportuno fino a tale distanza, creando zona piena in tale area. Si studiano i casi più gravosi e significativi.

PILASTRO P3

VERIFICA AL PUNZONAMENTO DI PILASTRO SECONDO L'EUROCODICE 2					
H=	390 mm	h soletta			
LX=	400 mm	lato X			
LY=	300 mm	lato Y			
cX=	20 mm	copriferro asse X			
cY=	30 mm	copriferro asse Y			
Ø barra X=	12 mm				
passo barra X=	200 mm				
Abarra X=	113 mm ²				
Ø barra Y=	14 mm				
passo barra Y=	200 mm				
Abarra Y=	154 mm ²				
Nsd=	401500 N	sforzo assiale sul pilastro			
ey=	-148 mm	eccentricità carico (MX/N)			
Msd,x=	-5.94E+07 Nmm	momento sollecitante (MX)			
ex=	-25 mm	eccentricità carico			
Msd,y=	-9.90E+06 Nmm	momento sollecitante (MY)			
yc=	1.5	per carichi perm. 1,5; per carichi eccezionali 1,2			
CRd,c=	0.12				
dx=	364 mm	altezza utile sezione direzione X			
dy=	341 mm	altezza utile sezione direzione Y (stanno sotto le barre X)			
d=	352.5 mm	altezza utile soletta			
p1x=	0.0016	rapporto geom. di armatura per staffe con passo uguale			
p1y=	0.0022	rapporto geom. di armatura per staffe con passo uguale			
p1=	0.0019	percentuale geometrica di armatura			
k1=	0.1				
k=	1.753				
vmin=	0.44 MPa				
VRd,c=	0.44 MPa	Res. Punz. senza armatura Taglio-Punzonamento			
u0=	1000 mm	perimetro del pilastro			
u1=	3215 mm	perimetro di verifica a distanza 2d dal pilastro			
u2=	5430 mm	perimetro di verifica a distanza 4d dal pilastro			
u3=	7644 mm	perimetro di verifica a distanza 6d dal pilastro			
β=	1.09	parametro che considera l'eccentricità del carico			
Ved0=	1.24 MPa	tensione di punz. lungo il perimetro del pilastro			
Ved1=	0.38 MPa	tensione di punz. lungo il perimetro di verifica a dist. 2d			
v=	0.62				
VRd,max=	5.99 MPa	Massima Resistenza a Taglio-Punzonamento			
VERIFICA LUNGO IL CONTORNO DEL PILASTRO - VRd,max > Ved0					
Ved0=	1.24 MPa				
VRd,max=	5.99 MPa				
verifica=	VERIFICA SODDISFATTA				
VERIFICA LUNGO IL CONTORNO DIST. 2d DA PILASTRO - VRd,c > Ved1					
Ved1=	0.38 MPa	<	$k_{max} V_{Rdc}$	=	0.66 MPa
VRd,c=	0.44 MPa				
verifica=	VERIFICA SODDISFATTA				

La verifica risulta soddisfatta. Anche se non necessarie da calcolo, si predispongono 6 staffe $\varnothing 10$ in corrispondenza del pilastro considerato.

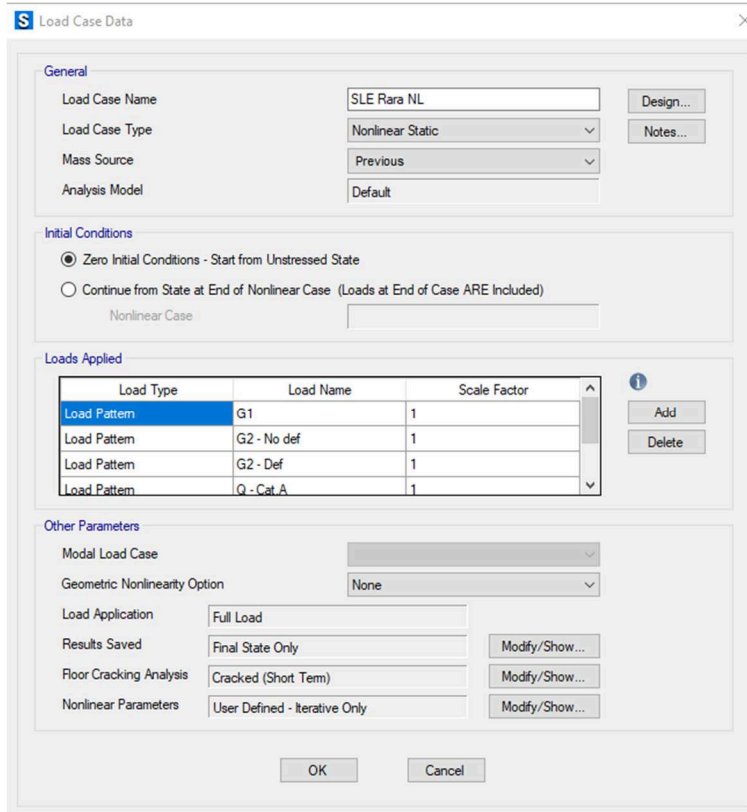


La verifica viene ripetuta per tutte le zone ritenute critiche.

6.1.10 VERIFICA DELLA DEFORMABILITÀ (SLE)

COMBINAZIONE RARA

Combinazione rara: freccia massima per i carichi permanenti più tutto il sovraccarico accidentale prevista per la combinazione di carico in oggetto, eseguita con analisi non lineare, tenendo conto della formazione delle fessure della sezione resistente.



Load Case Data

General

Load Case Name: SLE Rara NL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G1	1
Load Pattern	G2 - No def	1
Load Pattern	G2 - Def	1
Load Pattern	Q - Cat A	1

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: []

Geometric Nonlinearity Option: None

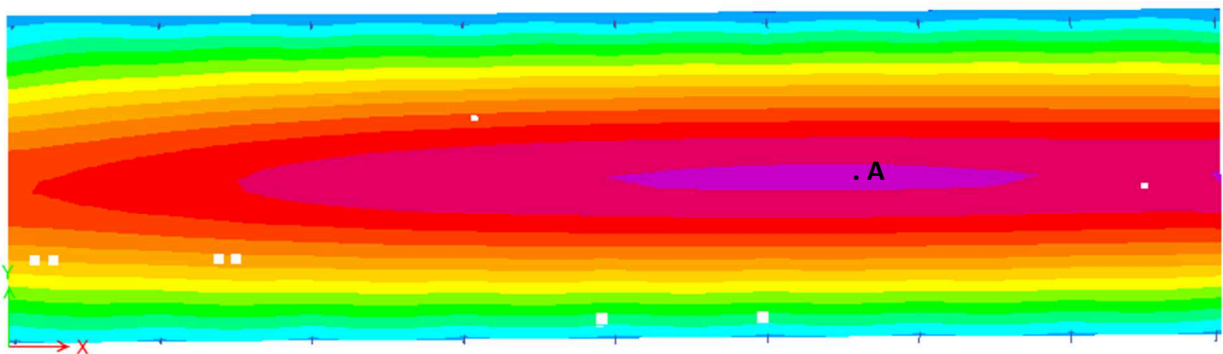
Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: Cracked (Short Term) [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Only [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]



Massimo abbassamento per la Comb. SLE rara: $D_z = 33 \text{ mm}$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Combinazione quasi permanente a tempo infinito: freccia massima per i carichi permanenti non completamente definiti più la quota parte di sovraccarico accidentale prevista per la combinazione di carico in oggetto, a tempo infinito, eseguita con analisi non lineare, tenendo conto della formazione delle fessure della sezione resistente.

S Load Case Data

General

Load Case Name: SLE Quasi Permanente NL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: _____

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G1	1
Load Pattern	G2 - Def	1
Load Pattern	G2 - No def	1
Load Pattern	Q - Cat. A	0.2

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: _____

Geometric Nonlinearity Option: None

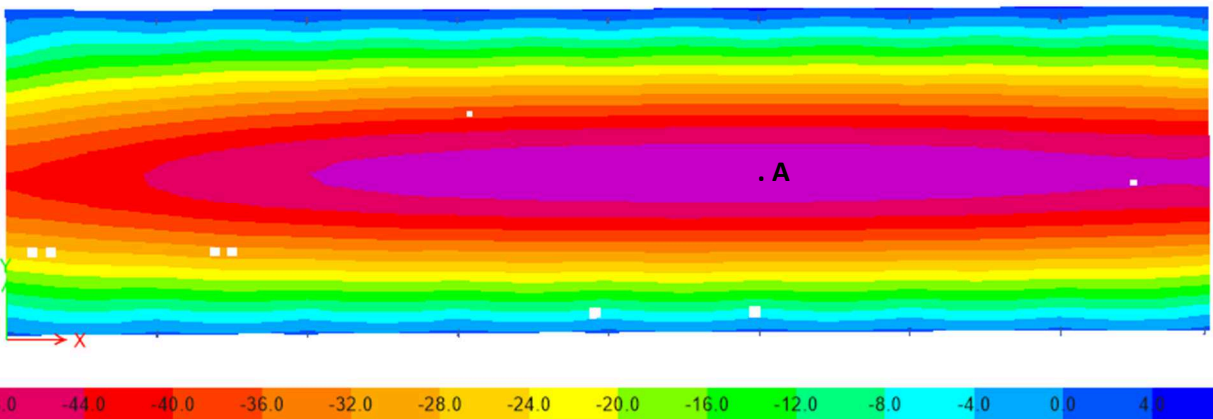
Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: Cracked (Long Term) [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Only [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]



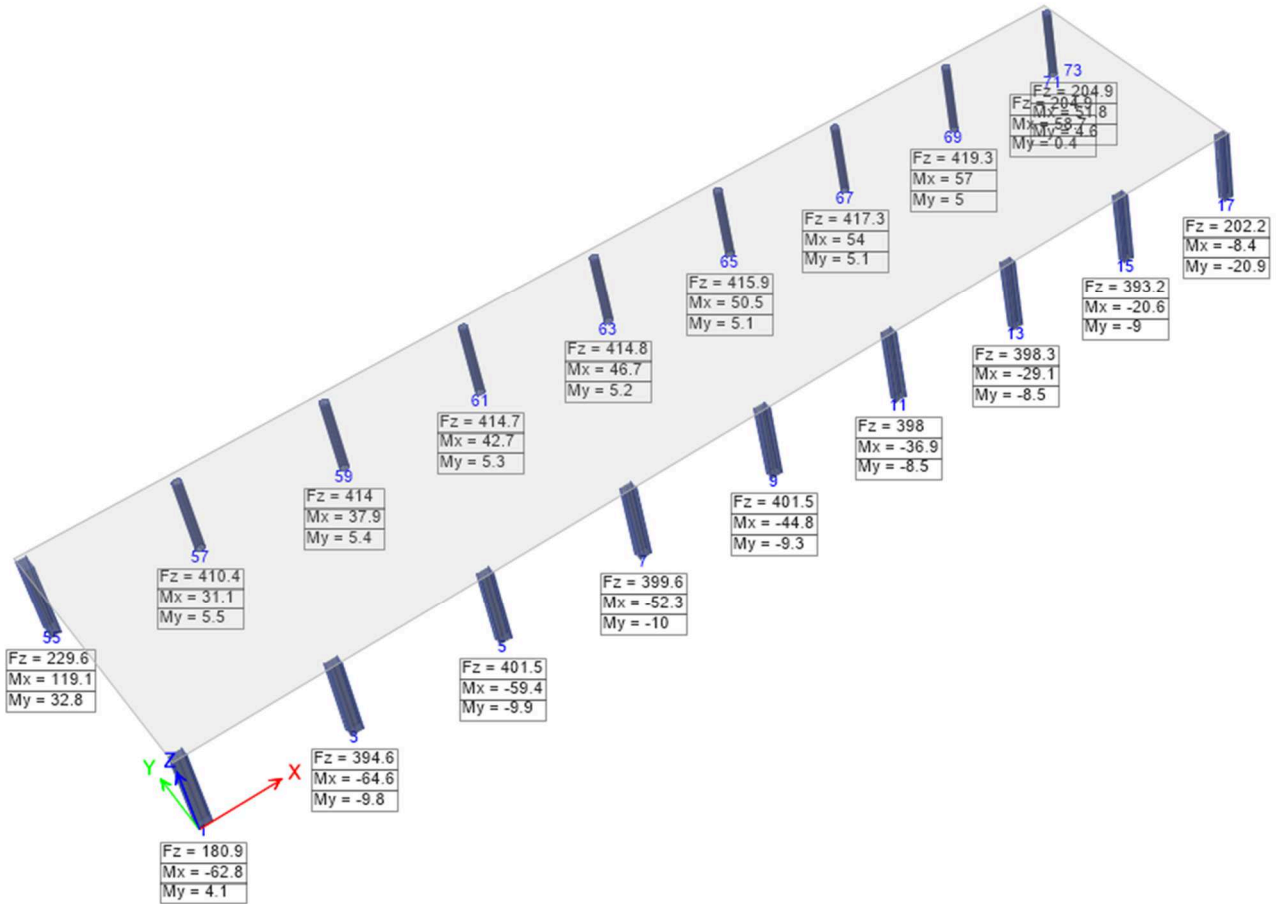
Massimo abbassamento per la Comb. SLE quasi permanente: $Dz = 50 \text{ mm}$

I valori delle deformazioni ottenuti vengono controbilanciati dalla controfreccia di posa realizzata secondo lo schema indicato negli elaborati grafici di progetto costruttivo del solaio.

6.1.11 REAZIONI VINCOLARI

Si riportano i valori delle reazioni vincolari per le differenti combinazioni di carico sui pilastri:

COMBINAZIONE DI CARICO SLU



COMBINAZIONE DI CARICO SLE

