

<i>INTERVENTO</i>	AMPLIAMENTO DELL'AULA LUDICA PRESSO LA SCUOLA DELL'INFANZIA "PETER PAN" - MIRA PORTE E PRIMI INTERVENTI DI MESSA A NORMA AI FINI DELL'OTTENIMENTO DEL C.P.I.
<i>OGGETTO</i>	PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO Opere strutturali Relazione di calcolo
<i>INDIRIZZO</i>	Complesso scolastico in via Bernini n.1, 30034 Mira Porte VE
<i>COMMITTENTE</i>	COMUNE DI MIRA - Piazza IX Martiri n.3, 30034 Mira VE - P.I. 00368570271
<i>PROGETTISTA</i>	RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO di PROFESSIONISTI MANDATARIO: Ing. Alessandra Grosso - coordinatore di progettazione MANDANTE: Ing. Giampietro Franzoso MANDANTE: Ing. Stefano Franzoso
<i>RIF.</i>	729 - 2018

ELABORATO
B.4.b

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	FILE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
01	20/10/2018	prima stesura	RdC_729_PeterPan_R01	SF	GF	AG

TIMBRO e FIRMA

INDICE

1. GENERALITA'	2
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	2
3. INTERVENTO IN OGGETTO	2
4. MATERIALI.....	3
4.1. MURATURA.....	4
4.2. ACCIAIO DA CARPENTERIA	5
4.3. BULLONI AD ALTA RESISTENZA - CLASSE 8.8	5
5. AZIONI DI PROGETTO.....	6
5.1. CARICHI VERTICALI SUI SOLAI.....	6
6. COMBINAZIONI DELLE AZIONI	6
7. VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI.....	7
7.1. VERIFICA DI RIPRISTINO DI RIGIDEZZA – SETTI MURARI	7
7.2. VERIFICA PIEDRITTI D'ACCIAIO	10
7.3. VERIFICA TRAVE D'ACCIAIO	10
8. CONCLUSIONI	10

1. GENERALITA'

La presente relazione riguarda la progettazione e il calcolo delle opere strutturali relative ai lavori di ampliamento dell'aula ludica presso la scuola per l'infanzia "Peter Pan" in Mira Porte VE, via Bernini n.1.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Il progetto di cui sopra è conforme alle norme di leggi vigenti; in particolare la verifica è condotta secondo le prescrizioni dettate dalle seguenti norme:

- **D.M. del 17/01/2018 – Nuove norme tecniche per le costruzioni** (G.U. n. 42 del 20/02/2018 suppl. ord. n.8)
- **D.M. del 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni** (G.U. n. 29 del 04/02/2008 suppl. ord. n.30)
- **Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. del 02.02.2009 n. 617** - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.
- **Documento "Orientamenti interpretativi in merito ad interventi locali o di riparazione in edifici esistenti"** del 03/10/2012 redatto dal Comitato Tecnico Scientifico - Regione Toscana.

3. INTERVENTO IN OGGETTO

Allo stato attuale, si individuano due pareti finestate, come riportato nelle foto sottostanti



Foto 1 – Parete oggetto di intervento – vista dall'esterno



Foto 2 – Parete oggetto di intervento – vista dall'interno



Foto 3 – Parete oggetto di intervento – vista dall'esterno



Foto 4 – Parete oggetto di intervento – vista dall'interno

Ditta: Comune di Mira – P.zza IX Martiri n.3, 30034 Mira Porte VE
Progetto: Ampliamento dell'aula ludica presso la scuola per l'infanzia "Peter Pan" in Mira Porte VE

L'intervento strutturale in oggetto consiste nelle seguenti lavorazioni:

- apertura di due fori di luce 5.00 m circa sulle pareti che delimitano l'attuale area ludica della scuola di infanzia "Peter Pan";
- realizzazione di due pareti finestate a chiusura del nuovo perimetro della sala ludica della scuola dell'infanzia

Ai fini di valutare se un intervento che prevede la creazione di nuove aperture all'interno di un edificio in muratura sia da classificarsi come "intervento locale" oppure richieda verifiche di livello superiore, si può fare riferimento al criterio secondo cui:

- facendo riferimento alla "unità immobiliare" oggetto degli interventi, si definisce l'area della muratura resistente nelle due direzioni principali nello stato attuale A_{x1} e A_{y1} ;
- Analogamente, si definisce l'area della muratura resistente nelle due direzioni principali nello stato di progetto prescindendo dalle opere di rinforzo previste o già realizzate con precedenti interventi, A_{x2} e A_{y2} ;
- se $A_{x2}/A_{x1} > 85\%$ e $A_{y2}/A_{y1} > 85\%$ l'intervento può essere considerato come locale.

Nel caso in esame:

DIREZIONE X - STATO di FATTO				DIREZIONE X - STATO di PROGETTO				DIREZIONE Y - STATO di FATTO				DIREZIONE Y - STATO di PROGETTO									
dir	setto	l [mm]	t [mm]	A [mm²]	dir	setto	l [mm]	t [mm]	A [mm²]	dir	setto	l [mm]	t [mm]	A [mm²]	dir	setto	l [mm]	t [mm]	A [mm²]		
X 1		3100	300	930000	X 1		3100	300	930000	Y 1		3100	300	930000	Y 1		3100	300	930000		
X 2		800	300	240000	X 2		800	300	240000	Y 2		800	300	240000	Y 2		800	300	240000		
X 3		800	300	240000	X 3		800	300	240000	Y 3		300	300	90000	Y 3		300	300	90000		
X 4		700	300	210000	X 4		700	300	210000	Y 4		700	300	210000	Y 4		700	300	210000		
X 5		300	300	90000	X 5		300	300	90000	Y 5		300	300	90000	Y 5		300	300	90000		
X 6		800	300	240000	X 6		800	300	240000	Y 6		1000	300	300000	Y 6		1000	300	300000		
X 7		300	300	90000	X 7		300	300	90000	Y 7		800	300	240000	Y 7		800	300	240000		
X 8		800	300	240000	X 8		800	300	240000	Y 8		1300	300	390000	Y 8		1300	300	390000		
X 9		1000	300	300000	X 9		0	300	0	Y 9		1100	300	330000	Y 9		0	300	0		
X 10		300	300	90000	X 10		0	300	0	Y 10		300	300	90000	Y 10		0	300	0		
X 11		700	300	210000	X 11		0	300	0	Y 11		500	300	150000	Y 11		0	300	0		
X 12		300	300	90000	X 12		0	300	0	Y 12		300	300	90000	Y 12		0	300	0		
X 13		840	300	252000	X 13		0	300	0	Y 13		1000	300	300000	Y 13		0	300	0		
X 14		1300	300	390000	X 14		1300	300	390000	Y 14		1300	300	390000	Y 14		1300	300	390000		
X 15		1300	300	390000	X 15		1300	300	390000	Y 15		1200	300	360000	Y 15		1200	300	360000		
X 16		3000	300	900000	X 16		3000	300	900000	Y 16		2200	300	660000	Y 16		2200	300	660000		
X 17		6950	300	2085000	X 17		6950	300	2085000	Y 17		7100	300	2130000	Y 17		7100	300	2130000		
X 18		3800	300	1140000	X 18		3800	300	1140000	Y 18		3900	300	1170000	Y 18		3900	300	1170000		
X 19		300	300	90000	X 19		300	300	90000	Y 19		300	300	90000	Y 19		300	300	90000		
X 20		840	300	252000	X 20		840	300	252000	Y 20		700	300	210000	Y 20		700	300	210000		
X 21		7000	300	2100000	X 21		7000	300	2100000	Y 21		3250	300	975000	Y 21		3250	300	975000		
X 22		3900	300	1170000	X 22		3900	300	1170000	Y 22		3850	300	1155000	Y 22		3850	300	1155000		
X 23		1300	300	390000	X 23		1300	300	390000	Y 23		800	300	240000	Y 23		800	300	240000		
X 24		1300	300	390000	X 24		1300	300	390000	Y 24		700	300	210000	Y 24		700	300	210000		
X 25		3100	300	930000	X 25		3100	300	930000	Y 25		3100	300	930000	Y 25		3100	300	930000		
X 26		800	300	240000	X 26		800	300	240000	Y 26		700	300	210000	Y 26		700	300	210000		
X 27		300	300	90000	X 27		300	300	90000	Y 27		3750	300	1125000	Y 27		3750	300	1125000		
X 28		700	300	210000	X 28		700	300	210000	Y 28		5250	300	1575000	Y 28		5250	300	1575000		
X 29		5200	300	1560000	X 29		5200	300	1560000	Y 29		3500	300	1050000	Y 29		3500	300	1050000		
X 30		3600	300	1080000	X 30		3600	300	1080000	Y 30		850	300	255000	Y 30		850	300	255000		
X 31		1500	300	450000	X 31		1500	300	450000	Y 31		300	300	90000	Y 31		300	300	90000		
X 32		1200	300	360000	X 32		1200	300	360000	Y 32		500	300	150000	Y 32		500	300	150000		
X 33		300	300	90000	X 33		300	300	90000	Y 33		2300	300	690000	Y 33		2300	300	690000		
X 34		1200	300	360000	X 34		1200	300	360000												
X 35		1200	300	360000	X 35		1200	300	360000												
X 36		800	300	240000	X 36		800	300	240000												
X 37		7950	300	2385000	X 37		7950	300	2385000												
				20874000					19932000	95.49%					17115000					16155000	94.48%

Si può, quindi, considerare l'intervento in oggetto come un **intervento locale** ai sensi del punto 8.4.1 NTC2018.

I maschi murari vengono sostituiti con portali in acciaio in modo che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente.

4. MATERIALI

Il metodo di calcolo e di verifica delle sezioni adottate è quello agli stati limite come previsto dalla Normativa Italiana D.M. 17.01.2018.

4.1. Muratura

Al fine di identificare la tipologia di muratura, la qualità di ammassamento presente tra elementi verticali contigui e di valutare le caratteristiche di ammassamento tra gli elementi verticali e i solai di piano, sono state eseguite verifiche in situ limitate, basate su rilievi di tipo visivo.

In particolare si annota:

- La muratura è costituita di blocchi laterizi semipieni, con percentuale di foratura inferiore al 45 %; la tipologia di muratura identificata è a due paramenti, senza riempimento a sacco, con collegamenti trasversali e verticali in malta cementizia, ritenuta in buone condizioni.

L'impalcato di piano e la copertura sono costituiti da solai a travetti in laterocemento. Si ritiene, tenendo conto della qualità della connessione interna e trasversale, che i setti in muratura abbiano la capacità di assumere un comportamento monolitico in presenza delle azioni orizzontali.

Avendo effettuato un rilievo geometrico in accordo a quanto riportato punto C8A.1.A.4 della Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. del 02.02.2009 n. 617, si ritiene che il livello di conoscenza acquisito sia LC1; i valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura sono stati ricavati dalla tabella C8A.2.1

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	τ_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Ditta: Comune di Mira – P.zza IX Martiri n.3, 30034 Mira Porte VE
 Progetto: Ampliamento dell'aula ludica presso la scuola per l'infanzia "Peter Pan" in Mira Porte VE

Tensione media a compressione della muratura	$f_m = 5.00 \text{ MPa}$
Resistenza media a taglio della muratura	$t_o = 0.35 \text{ MPa}$
Valore medio del modulo di elasticità normale	$E = 4500 \text{ MPa}$
Valore medio del modulo di elasticità tangenziale	$G = 1350 \text{ MPa}$
coefficiente di sicurezza per la resistenza di calcolo (azioni sismiche)	$\gamma_{M,E} = 2.00$
coefficiente di sicurezza per la resistenza di calcolo (azioni gravitazionali)	$\gamma_{M,G} = 3.00$
fattore di conoscenza	$FC = 1.35$

4.2. Acciaio da carpenteria

Tipo di acciaio S235 (Fe360)

Tensione caratteristica di rottura ($t < 40 \text{ mm}$)	$f_{tk} \geq 360 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di rottura ($t > 40 \text{ mm}$)	$f_{tk} \geq 360 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento ($t < 40 \text{ mm}$)	$f_{yk} \geq 235 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento ($t > 40 \text{ mm}$)	$f_{yk} \geq 215 \text{ MPa}$
Resilienza	$K_v \geq 27 \text{ J/cm}^2$
Allungamento percentuale a rottura	$\epsilon_t \geq 21 \%$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
Coefficiente di contrazione trasversale	$\nu = 0.3$
Modulo di elasticità tagliante	$G = 80769 \text{ MPa}$
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12.00 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Modulo di elasticità tagliante	$G = 80769 \text{ MPa}$
Densità	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Stati limite Ultimi (S.L.U.)

coefficiente di sicurezza per la resistenza di sezioni di classe 1, 2, 3, 4	$\gamma_{MO} = 1.05$
resistenza di progetto per tensioni normali di sezioni di classe 1, 2, 3, 4	$f_d = 223 \text{ MPa}$
resistenza di progetto per tensioni tangenziali di sezioni di classe 1, 2, 3, 4	$\tau_d = f_d / \sqrt{3} = 130 \text{ MPa}$

Di seguito sono riportati i coefficienti parziali di sicurezza per gli acciai

Tab. 4.2.VII - Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1.05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1.05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1.10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1.25$

La classe di duttilità scelta per la definizione dell'azione sismica, classe di duttilità bassa, prevede l'uso di sezioni di classe 8.8

4.3. Bulloni ad alta resistenza - classe 8.8

Vite: classe 8.8

Tensione di rottura a trazione	$f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
--------------------------------	-------------------------------

Ditta: Comune di Mira – P.zza IX Martiri n.3, 30034 Mira Porte VE
 Progetto: Ampliamento dell'aula ludica presso la scuola per l'infanzia "Peter Pan" in Mira Porte VE

Tensione di snervamento $f_{yb} \geq 640 \text{ MPa}$

Dado: classe 8

Rosette: C50

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8	100 HV min oppure 300 HV min.	
8.8	8 oppure 10		
10.9	10 oppure 12		

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{th} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

5. AZIONI DI PROGETTO

Di seguito sono riportate le analisi dei carichi da considerarsi agenti sulle varie componenti strutturali.

5.1. Carichi verticali sui solai

a) Primo solaio (solaio a travetti)

peso proprio del solaio a travetti	350	[daN/m ²]
carico permanente	200	
Carico permanente G:	550	
Carico accidentale Q (Neve):		100 [daN/m ²]
Totale complessivo carico su solaio		650 [daN/m ²]

b) Peso specifico dei materiali da costruzione

Il valore caratteristico superiore del peso specifico assunto per i materiali strutturali impiegati nella costruzione è:

calcestruzzo:	$\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$
muratura semipiena:	$\gamma_m = 14.00 \text{ kN/m}^3$
legno:	$\gamma_L = 6.00 \text{ kN/m}^3$
acciaio:	$\gamma_s = 78.50 \text{ kN/m}^3$

6. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Stati limite ultimi – Combinazione fondamentale

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \cdot G_{k2} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Stati limite di esercizio

a - rara (irreversibile)	$F_d = G_{k1} + G_{k2} + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$
b – frequente (reversibile)	$F_d = G_{k1} + G_{k2} + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
c – quasi permanente (a lungo termine)	$F_d = G_{k1} + G_{k2} + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. 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 parziali validi per le azioni permanenti.

7. VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

7.1. Verifica di ripristino di rigidezza – Setti Murari

Gli interventi locali si definiscono come interventi che riguardano singole parti e/o elementi della struttura in modo tale da non modificare significativamente il comportamento globale della costruzione; in accordo con le Linee Guida "Orientamenti interpretativi in merito ad interventi locali o di riparazione di edifici esistenti" approvate dalla Regione Toscana con Delibera Regionale n.606 del 21/06/2010, si ritiene e che una modifica accettabile del comportamento strutturale sia valutabile considerando una variazione della rigidezza degli elementi strutturali coinvolti prima e dopo l'intervento: pertanto si prevede di contenere la variazione di rigidezza in un range pari a ± 15 %, come definito nel punto 2.1 delle Linee Guida citate.

VERIFICA INTERVENTO LOCALE - NTC2018

1- DATI PROGETTO

versione Ottobre 2018

1,1- DATI MURATURA

NTC 2018 - §8.4.1. Riparazione o intervento locale

TIPOLOGIA MURATURA : Muratura in blocchi laterizi semipieni (percentuale foratura ≤ 45 %) ▼

CONDIZIONI MURATURA : Muratura Regolare ▼

Resistenza media a compressione	$f_m^d =$	2.50	MPa	Fattore di confidenza	FC =	1.35	LC 1
Resistenza media a taglio	$\tau_0^d =$	0.18	MPa	Coeff. di sicurezza (sisma)	$\gamma_m =$	2.00	
Valore medio Modulo di Young	$E_d =$	4500	MPa	Altezza foro	$h_{netta} =$	2.40	m
Valore medio Mod. elasticità tagliante	$G_d =$	1350	MPa	Lunghezza foro	$L_{netta} =$	5.75	m
Peso specifico medio	$W =$	12.00	kN/m ³	Spessore muratura	$t_{netta} =$	0.30	m

1,2- CARICHI

Categoria A Ambienti ad uso residenziale ▼

carichi di progetto		$\gamma_{a,SLU}$	$\gamma_{a,SLE}$	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
peso proprio	$G_{1k} =$	20.06	kN/m	1.3	1.0	-
carichi non permanenti	$G_{2k} =$	9.30	kN/m	1.5	1.0	-
carichi accidentale	$Q_k =$	4.65	kN/m	1.5	1.0	0.7

1,3- DATI SETTI PRE - INTERVENTO

$f_d^{SLV} =$ 30.75 kN/m

SETTO	t [mm]	L [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	E [MPa]	G [MPa]	K^0 [N/mm]
1	300	300	2700	90000	6.75E+08	4500	1350	1765
2	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128
3	300	760	2700	228000	1.10E+10	4500	1350	22862
4	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128
5	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128

31011

SETTO	L_{inf} [m]	f_{t0}^E [kN/m]	σ_{t0} [MPa]	b	f_{td} [MPa]	V_t^0 [kN]	K^0 [N/mm]	δu^0 [mm]
1	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	18.57	1765	
2	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	
3	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	47.05	22862	
4	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	
5	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	

125.05 31011 6.05

2- DEFINIZIONE CERCHIATURA

2.1- DIMENSIONE VARCO - CERCHIATURA

Base netta varco	b =	5750	mm	$K_{\text{piedritti}}^{\text{MIN}} =$	31011	N/mm
altezza netta varco	h =	2400	mm	Modulo elasticità cerchiatura	E =	210000 MPa
				$n_{\text{piedritti}} =$	2	

definizione del momento di inerzia minimo per singolo piedritto per ripristinare la rigidità

INCASTRO - INCASTRO	$J_{\text{min}} =$	8.51E+07	mm ⁴ =	8506	cm ⁴	con trave inferiore
INCASTRO - CERNIERA	$J_{\text{min}} =$	3.40E+08	mm ⁴ =	34023	cm ⁴	senza trave inferiore

2.2- DEFINIZIONE PIEDRITTI

MATERIALE CERCHIATURA: Acciaio - S235 JR

TIPO ADOTTATA: HEA

SEZIONE ADOTTATA: HEA 240

HEA	A	G	h	b	t _w	t _f	W _x	J _x
	[cm ²]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ³]	[cm ⁴]
HEA 240	76.8	60.3	230	240	7.5	12	675	7763

2.3- DATI SETTI NETTI POST - INTERVENTO

$f_d^{\text{SLV}} =$ 30.75 kN/m

SETTO	t [mm]	L [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	E [MPa]	G [MPa]	K ² [N/mm]
1	300	0	2700	0.0033	3.33E-14	4500	1350	0
0								

SETTO	L _{inf} [m]	f _d ^E [kN/m]	σ ₀ [MPa]	b	f _{td} [MPa]	V _t ² [kN]	K ² [N/mm]	δu [mm]
1	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	0.00	0	
0.00							0	#####

2.4- RIEPILOGO DATI

K ⁰ [N/mm]	K ² [N/mm]	ΔK [N/mm]	ΔK [%]
31011	28303	-2708	-8.73
V _t ⁰ [kN]	V _t ² [kN]	ΔV _t [kN]	ΔV _t [%]
125	519	394	315.39
δ _{ut} ⁰ [mm]	δ _{ut} ² [mm]	Δδ _{ut} [mm]	Δδ _{ut} [%]
6.05	27.53	21.48	355.13

peggioremento complessivamente della rigidità di parete del 8.73 % < 15 % - ok

Capacità a taglio migliorata rispetto alla cond. iniziale del 315.39 %

Spostamento ultimo aumentato rispetto alla condizione iniziale di 21.48 mm

La variazione di rigidità tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, a seguito della realizzazione della cerchiatura in acciaio è pari al 8.73 %, compreso all'interno del range di accettabilità riportato nelle Linee Guida della Regione Toscana; a seguito dell'intervento, quindi, si otterrà una minima riduzione della rigidità e un aumento della resistenza a taglio della parete.

L'intervento non modificherà significativamente il comportamento globale della struttura.

7.2. Verifica piedritti d'acciaio

PROFILO : HEA 240				MATERIALE : Acciaio - S235 JR			
altezza	h	23.00	cm	momento d'inerzia	J	7763.00	cm ⁴
base	b	24.00	cm	modulo di resistenza	W _{EL}	675.00	cm ³
spessore anima	t _w	0.75	cm	area sezione	A	76.80	cm ²
spessore ali	t _f	1.20	cm	area a taglio sezione	A _v	20.10	cm ²

VERIFICA AD INSTABILITA'				Resistenza Sezioni - instabilita'	γ_{M1}	1.05
Tabella 4.3.93 - Curve d'instabilita' per varie tipologie di sezioni e classi di acciaio per calcoli europei				Carico critico Euleriano	N _{cr}	27934 kN
				snellezza adimensionale	λ	0.25
				curva di instabilita'	a	
				fattore d'imperfezione	χ	0.21
					ϕ	0.54
					χ	0.99
				Resistenza Instabilita' asta	N _{b,Rd}	1698.22 kN
				Sollecitazione SLU	N _{SLU}	139.15 kN
				N _{sd} / N _{b,Rd} = 0.08 ≤ 1 ok!		
				Limitazioni snellezza	λ_{max}	200
				raggio d'inerzia sezione	i _y	10.05 cm
				snellezza	λ	23.87 ≤ 200 ok!

7.3. Verifica trave d'acciaio

PROFILO : HE 240 B				MATERIALE : Acciaio - S235 JR			
altezza	h	240	cm	momento d'inerzia	J	11260	cm ⁴
base	b	240	cm	modulo di resistenza	W _{EL}	938	cm ³
spessore anima	t _w	10.00	cm	area sezione	A	106.00	cm ²
spessore ali	t _f	17.00	cm	area a taglio sezione	A _v	33.23	cm ²

4.1- VERIFICA TRAVE - SLE			
ORDITURA TRAVE : Solai in generale			
SLE - LIMITI DI DEFORMABILITA'			
δ_{max}	L / 250 =	23.00	mm
$\delta_{2,max}$	L / 300 =	19.17	mm
SLU - Sollecitazioni di calcolo		Verifica Campo Elastico - SLU	
Momento massimo di calcolo	M _{max,SLU}	198.70	kNm
taglio massimo di calcolo	V _{max,SLU}	361.84	kN
		σ_{max}	211.76 MPa 0.90 ≤ 1 ok!
		τ_{max}	108.89 MPa 0.27 ≤ 1 ok!

8. CONCLUSIONI

L'intervento si classifica come un intervento locale; la variazione di rigidezza tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, a seguito della realizzazione della cerchiatura in acciaio, è pari all'8.73 %, compreso all'interno del range di accettabilità riportato nelle Linee Guida della Regione Toscana; a seguito dell'intervento, quindi, si otterrà una minima riduzione della rigidezza e un corrispondente aumento della resistenza a taglio della parete da cui si può dedurre che l'intervento non modificherà significativamente il comportamento globale della struttura

Il tecnico:
 ing. Giampietro Franzoso

coordinatore di progettazione
 ing. Alessandra Grosso

VERIFICA INTERVENTO LOCALE - NTC2018

1 - DATI PROGETTO

versione Ottobre 2018

1,1 - DATI MURATURA

NTC 2018 - §8.4.1. Riparazione o intervento locale

TIPOLOGIA MURATURA : Muratura in blocchi laterizi semipieni (percentuale foratura $\leq 45\%$)

CONDIZIONI MURATURA : Muratura Regolare

Resistenza media a compressione	$f_m^d =$	2.50	MPa	Fattore di confidenza	FC =	1.35	LC 1
Resistenza media a taglio	$\tau_0^d =$	0.18	MPa	Coeff. di sicurezza (sisma)	$\gamma_m =$	2.00	
Valore medio Modulo di Young	$E_d =$	4500	MPa	Altezza foro	$h_{netta} =$	2.40	m
Valore medio Mod. elasticità tagliante	$G_d =$	1350	MPa	Lunghezza foro	$L_{netta} =$	5.75	m
Peso specifico medio	$W =$	12.00	kN/m ³	Spessore muratura	$t_{netta} =$	0.30	m

1,2 - CARICHI

Categoria A Ambienti ad uso residenziale

carichi di progetto			$\gamma_{a,SLU}$	$\gamma_{a,SLE}$	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
peso proprio	$G_{1k} =$	20.06 kN/m	1.3	1.0	-	-	-
carichi non permanenti	$G_{2k} =$	9.30 kN/m	1.5	1.0	-	-	-
carichi accidentale	$Q_k =$	4.65 kN/m	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3

1,3 - DATI SETTI PRE - INTERVENTO

$f_d^{SLV} = 30.75$ kN/m

SETTO	t [mm]	L [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	E [MPa]	G [MPa]	K^0 [N/mm]
1	300	300	2700	90000	6.75E+08	4500	1350	1765
2	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128
3	300	760	2700	228000	1.10E+10	4500	1350	22862
4	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128
5	300	320	2700	96000	8.19E+08	4500	1350	2128

31011

SETTO	L_{inf} [m]	f_D^E [kN/m]	σ_0 [MPa]	b	f_{td} [MPa]	V_t^0 [kN]	K^0 [N/mm]	δu^0 [mm]
1	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	18.57	1765	
2	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	
3	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	47.05	22862	
4	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	
5	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	19.81	2128	

125.05

31011

6.05

1,4- DATI SETTI POST - INTERVENTO

$f_D^{SLV} = 30.75 \text{ kN/m}$

SETTO	t [mm]	L [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	E [MPa]	G [MPa]	K ¹ [N/mm]
1	300	0	2700	0.0033	3.33E-14	4500	1350	0

0

SETTO	L _{inf} [m]	f _D ^E [kN/m]	σ ₀ [MPa]	b	f _{td} [MPa]	V _t ¹ [kN]	K ¹ [N/mm]	δu [mm]
1	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	0.00	0	

0.00 0 #####

1,5- RIEPILOGO DATI

Variazione > 15 % - SERVE RIPRISTINARE RIGIDEZZA e RESISTENZA - in accordo a Linee Guida Regione Toscana

K ⁰ [N/mm]	K ¹ [N/mm]	ΔK [N/mm]	ΔK [%]
31011	0	-31011	-100.00
V _t ⁰ [kN]	V _t ¹ [kN]	ΔV _t [kN]	ΔV _t [%]
125	0	-125	-100.00
δ _{ut} ⁰ [mm]	δ _{ut} ¹ [mm]	Δδ _{ut} [mm]	Δδ _{ut} [%]
6.05	#####	#####	#####

no!

peggioramento del 100 % > 15 % - necessaria cerchiatura

peggioramento del 100 %

aumento dello spostamento ultimo di 11189340616680.9 mm

2 - DEFINIZIONE CERCHIATURA

2,1 - DIMENSIONE VARCO - CERCHIATURA

Base netta varco	b =	5750	mm	$K_{\text{piedritti}}^{\text{MIN}} =$	31011	N/mm
altezza netta varco	h =	2400	mm	Modulo elasticità cerchiatura	E =	210000 MPa
				$n_{\text{piedritti}} =$	2	

definizione del momento di inerzia minimo per singolo piedritto per ripristinare la rigidità

INCASTRO - INCASTRO	$J_{\text{min}} =$	8.51E+07	mm ⁴ =	8506	cm ⁴	con trave inferiore
INCASTRO - CERNIERA	$J_{\text{min}} =$	3.40E+08	mm ⁴ =	34023	cm ⁴	senza trave inferiore

2,2 - DEFINIZIONE PIEDRITTI

MATERIALE CERCHIATURA: Acciaio - S235 JR

TIPO ADOTTATA: HEA

SEZIONE ADOTTATA: HEA 240

HEA	A	G	h	b	t _w	t _f	W _x	J _x
	[cm ²]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ³]	[cm ⁴]
HEA 240	76.8	60.3	230	240	7.5	12	675	7763

2,3 - DATI SETTI NETTI POST - INTERVENTO

$f_D^{\text{SLV}} =$ 30.75 kN/m

SETTO	t [mm]	L [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	E [MPa]	G [MPa]	K ² [N/mm]
1	300	0	2700	0.0033	3.33E-14	4500	1350	0

0

SETTO	L _{inf} [m]	f_D^E [kN/m]	σ_0 [MPa]	b	f_{td} [MPa]	V_t^2 [kN]	K ² [N/mm]	δu [mm]
1	1.00	30.75	0.10	1.50	0.26	0.00	0	

0.00 0 #####

2,4 - RIEPILOGO DATI

K^0 [N/mm]	K ² [N/mm]	ΔK [N/mm]	ΔK [%]
31011	28303	-2708	-8.73
V_t^0 [kN]	V_t^2 [kN]	ΔV_t [kN]	ΔV_t [%]
125	519	394	315.39
δ_{ut}^0 [mm]	δ_{ut}^2 [mm]	$\Delta \delta_{ut}$ [mm]	$\Delta \delta_{ut}$ [%]
6.05	27.53	21.48	355.13

peggioramento complessivamente della rigidità di parete del 8.73 % < 15 % - ok!

Capacità a taglio migliorata rispetto alla cond. iniziale del 315.39 %

Spostamento ultimo aumentato rispetto alla condizione iniziale di 21.48 mm

3- VERIFICA PIEDRITTI

PROFILO : HEA 240

MATERIALE : Acciaio - S235 JR

altezza	h	23.00	cm	momento d'inerzia	J	7763.00	cm ⁴
base	b	24.00	cm	modulo di resistenza	W _{EL}	675.00	cm ³
spessore anima	t _w	0.75	cm	area sezione	A	76.80	cm ²
spessore ali	t _f	1.20	cm	area a taglio sezione	A _v	20.10	cm ²

VERIFICA AD INSTABILITA'

Resistenza Sezioni - instabilita' γ_{M1} **1.05**

Tabelle 4.2.VI Curve d'instabilita per varie tipologie di sezioni d'acciaio, per elementi compressi.

Sezione trasversale		Limiti	Indicazioni normative all'uso	Curve di instabilità			
				S235, S275, S355, S420		S450	
Sezioni a I		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	γ_1 S235	b	a	a	
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	γ_1 S235	c	a	a	
		$t_f > 100 \text{ mm}$	γ_1 S235	b	a	a	
		$t_f > 100 \text{ mm}$	γ_1 S235	d	a	a	
Sezioni a T		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	γ_1 S235	b	a	a	
		$t_f > 40 \text{ mm}$	γ_1 S235	d	a	a	
Sezioni a U		Sezioni formate "a caldo"	qualsunque	a	a	a	
		Sezioni formate "a freddo"	qualsunque	c	a	a	
Sezioni a Z		In generale	qualsunque	b	a	a	
		saldate "spese" $s=0,3c$ $b/t_f > 30$; $b/t_w > 50$	qualsunque	c	a	a	
Sezioni ad L			qualsunque	c	a	a	
Sezioni a C			qualsunque	b	a	a	
Curve di instabilità		a	b	c	d		
Fattore di imperfezione α		0.15	0.21	0.34	0.49	0.76	

Carico critico Euleriano	N _{cr}	27934	kN
snellezza adimensionale	λ	0.25	

curva di instabilita' **a**

fattore d'imperfezione	α	0.21	
	Φ	0.54	
	χ	0.99	

Resistenza Instabilita' asta	N _{b,Rd}	1698.22	kN
Sollecitazione SLU	N _{SLU}	139.15	kN

$N_{Sd} / N_{b,Rd} = 0.08 \leq 1 \text{ ok!}$

Limitazioni snellezza λ_{max} **200**

raggio d'inerzia sezione	i _y	10.05	cm
--------------------------	----------------	-------	----

snellezza λ **23.87** $\leq 200 \text{ ok!}$

4- VERIFICA TRAVE

PROFILO : HE 240 B

MATERIALE : Acciaio - S235 JR

altezza	h	240	cm	momento d'inerzia	J	11260	cm ⁴
base	b	240	cm	modulo di resistenza	W _{EL}	938	cm ³
spessore anima	t _w	10.00	cm	area sezione	A	106.00	cm ²
spessore ali	t _f	17.00	cm	area a taglio sezione	A _v	33.23	cm ²

4,1- VERIFICA TRAVE - SLE

ORDITURA TRAVE : Solai in generale

SLE - LIMITI DI DEFORMABILITA'

$\delta_{max} = L / 250 =$	23.00	mm
$\delta_{2,max} = L / 300 =$	19.17	mm

f _{Q.P.} =	L / 292 =	19.66	mm	< L / 250 ok!
f _{Freq} =	L / 284 =	20.22	mm	< L / 250 ok!
f _{RARA} =	L / 277 =	20.78	mm	< L / 250 ok!
f _{Qk} =	L / 31842 =	0.18	mm	< L / 300 ok!

SLU - Sollecitazioni di calcolo

Verifica Campo Elastico - SLU

Momento massimo di calcolo	M _{max,SLU} =	198.70	kNm	σ _{max} =	211.76	MPa	0.90	≤ 1 ok!
taglio massimo di calcolo	V _{max,SLU} =	361.84	kN	τ _{max} =	108.89	MPa	0.27	≤ 1 ok!

VERIFICA SEZIONE TRAVE ACCIAIO - NTC2018

1 - DATI PROGETTO

versione Novembre 2016

1,1 - DATI SEZIONE

trave acciaio HE 240 B - luce 5.75 m e passo 1 m

PROFILO : HE 240 B

PP_{trave} = 83.2 kg/m

Altezza	h	240	mm
Base	b	240	mm
Spessore anima	t _w	10	mm
Spessore ali	t _f	17	mm
Raggio di curvatura	r	21	mm

TIPO ACCIAIO : S235 - Fe360

Tensione a snervamento	f _{yk}	235	MPa
Tensione a rottura	f _{uk}	360	MPa

1,2 - DATI CARICHI

Resistenza Sezioni γ_{M0} 1.05

interasse trave i_{travi} = 1.00 m

luce trave L = 5.75 m

contromonta δ_0 = 0.00 m

asse principale d'inerzia Asse y-y: asse forte d'inerzia

Categoria A Ambienti ad uso residenziale

peso proprio g_{1k} = 20.06 kN/m² = 2005.5 kg/m²

carico non permanenti g_{2k} = 9.30 kN/m² = 930 kg/m²

carico accidentale q_k = 4.65 kN/m² = 465 kg/m²

carichi distribuiti di progetto

			$\gamma_{a,SLU}$	$\gamma_{a,SLE}$	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
peso proprio	G _{1k}	20.89 kN/m	1.3	1.0	-	-	-
carico non permanenti	G _{2k}	9.30 kN/m	1.5	1.0	-	-	-
carico accidentale	Q _k	4.65 kN/m	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3

carichi concentrati di progetto

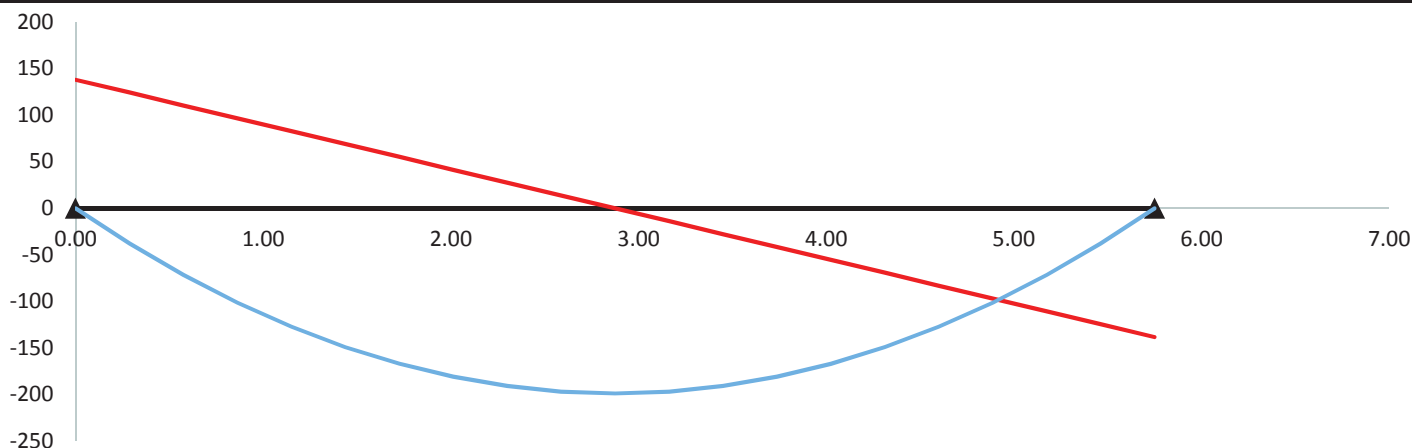
					a [m]	b [m]
peso proprio	F _{1k}	0.00 kN	X _{F1}	0.00 m	0.00	0.00
carico non permanenti	F _{2k}	0.00 kN	X _{F2}	0.00 m	0.00	0.00
carico accidentale	F _{qk}	0.00 kN	X _{F4}	0.00 m	0.00	0.00

coppie di estremità di progetto

					M _{A,k} [kNm]	M _{B,k} [kNm]
peso proprio	M _{A,1k}	0.00 kNm	M _{B,1k}	0.00 kNm	0.00	0.00
carico non permanenti	M _{A,2k}	0.00 kNm	M _{B,2k}	0.00 kNm	0.00	0.00
carico accidentale	M _{A,qk}	0.00 kNm	M _{B,qk}	0.00 kNm	0.00	0.00

2 - SOLLECITAZIONI - SLU

carico distribuito di calcolo f_{D,SLU} = 48.08 kN/m



Trave Taglio M. Flettente

R_A = 138.22 kN

V_A = 138.22 kN

M_A = 0.00 kNm

V_{L/2} = 0.00 kN

M_{L/2} = 198.70 kNm

R_B = 138.22 kN

V_B = -138.22 kN

M_B = 0.00 kNm

3 - VERIFICHE A ROTTURA - SLU

3,1 - CARATTERISTICHE A ROTTURA TRAVE

Resistenza Sezioni

γ_{M0} 1.05

PROFILO : HE 240 B					Sezione classe 1 - tipo HE 240 B				
J_{yy}	11260	cm ⁴	J_{zz}	3923	cm ⁴	A	106	cm ²	
$W_{EL,y}$	938	cm ³	$W_{EL,z}$	327	cm ³	$A_{v,z}$	33.23	cm ²	
$W_{PL,y}$	1053	cm ³	$W_{PL,z}$	498	cm ³	$A_{v,y}$	72.77	cm ²	
$M_{Rd,y}^{PL}$	235.67	kNm	$M_{Rd,z}^{PL}$	111.55	kNm	$V_{Rd,z}$	429.39	kN	
$M_{Rd,y}^{EL}$	210.00	kNm	$M_{Rd,z}^{EL}$	73.16	kNm	$V_{Rd,y}$	940.31	kN	

3,2 - VERIFICA A ROTTURA TRAVE

Sollecitazioni di calcolo			Verifica Plastica			Verifica Elastica		
M_{max}^{SLU}	0.00	kNm	M_{Sd} / M_{Rd}	0.00	≤ 1 ok!	σ_{max}	0.00	MPa
V_{Mmax}	-138.22	kN	V_{Sd} / V_{Rd}	0.32	≤ 1 ok!	τ_{max}	41.60	MPa
						σ_{id}	72.05	MPa ≤ 1 ok!
M_{max}^{SLU}	-198.70	kNm	M_{Sd} / M_{Rd}	0.84	≤ 1 ok!	σ_{max}	211.76	MPa
V_{Mmax}	0.00	kN	V_{Sd} / V_{Rd}	0.00	≤ 1 ok!	τ_{max}	0.00	MPa
						σ_{id}	211.76	MPa ≤ 1 ok!
M_{Vmax}	0.00	kNm	M_{Sd} / M_{Rd}	0.00	≤ 1 ok!	σ_{max}	0.00	MPa
V_{max}^{SLU}	138.22	kN	V_{Sd} / V_{Rd}	0.32	≤ 1 ok!	τ_{max}	41.60	MPa
						σ_{id}	72.05	MPa ≤ 1 ok!

4 - VERIFICHE IN ESERCIZIO - SLE

4,1 - VERIFICA DEFORMATA

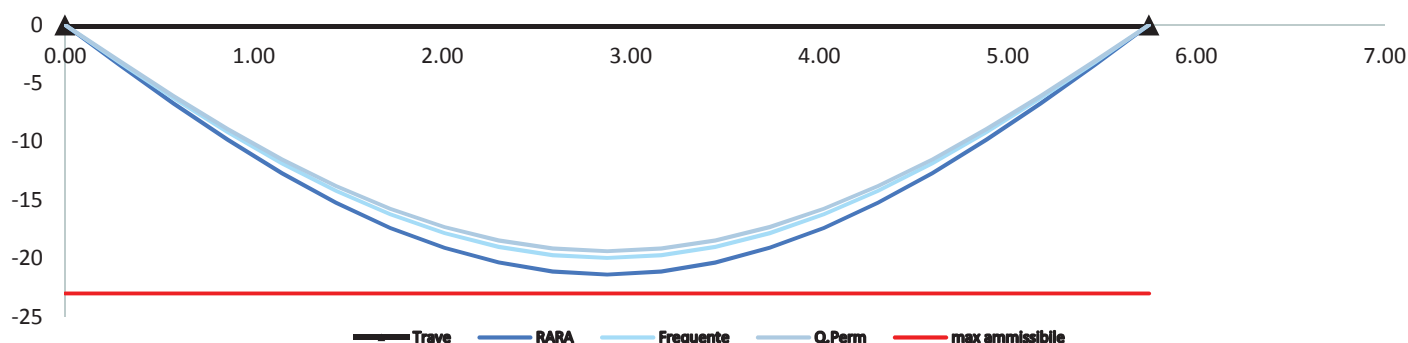
NTC 2018 - § 4.2.4.2.1 - Spostamenti Verticali

ORDITURA TRAVE : Solai in generale

LIMITI DI DEFORMABILITA'

δ_{max}	L / 250 =	23.00	mm
$\delta_{2,max}$	L / 300 =	19.17	mm

$f_{Q.P.}$	L / 297 =	19.38	mm	< L / 250 ok!
f_{Freq}	L / 288 =	19.95	mm	< L / 250 ok!
f_{RARA}	L / 269 =	21.38	mm	< L / 250 ok!
f_{Qk}	L / 2015 =	2.85	mm	< L / 300 ok!



4,2 - VERIFICA TENSIONI

$\sigma_{amm,max}$ 235.00 MPa $\tau_{amm,max}$ 135.68 MPa

- combinazione RARA

$M_{max,RARA} = 143.97$ kNm $V_{max,RARA} = 100.16$ kN

$\sigma_{max} = 153.44$ MPa $\tau_{max} = 30.14$ MPa $\sigma_{ID,max} = 162.08$ MPa ≤ 1 ok!

- combinazione Frequente

$M_{max,FREQ} = 134.37$ kNm $V_{max,FREQ} = 93.47$ kN

$\sigma_{max} = 143.20$ MPa $\tau_{max} = 28.13$ MPa $\sigma_{ID,max} = 151.26$ MPa ≤ 1 ok!

- combinazione Quasi Permanente

$M_{max,Q.P.} = 130.52$ kNm $V_{max,Q.P.} = 90.80$ kN

$\sigma_{max} = 139.11$ MPa $\tau_{max} = 27.32$ MPa $\sigma_{ID,max} = 146.94$ MPa ≤ 1 ok!