

Regione PIEMONTE - Città Metropolitana di TORINO

COMUNE DI ALBIANO D'IVREA

RISANAMENTO CONSERVATIVO DI LOCALI AD USO MAGAZZINO
COMUNALE SITI IN VIA XX SETTEMBRE n. 14

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Committente: Comune di Albiano D'Ivrea

Elaborato : **Relazione Specialistica e di Calcolo
inerente l'intervento di rinforzo**

Scala :

Data : Giugno 2019

il Responsabile del Procedimento
Geom. Giovanna Ubertino

il Progettista
Arch. Giuseppe Peano

ELAB.

PDE2

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	ANALISI STORICO-CRITICA	4
3	RESISTENZE E MATERIALI STRUTTURALI	5
4	SCHEMA DI CALCOLO	6
5	VOLTA ALLO STATO DI FATTO	7
5.1	VERIFICA A COMPRESSIONE	8
5.2	VERIFICA A SCORRIMENTO	9
6	VOLTA DI PROGETTO	11
6.1	VERIFICA A COMPRESSIONE	12
6.2	VERIFICA A SCORRIMENTO	12
7	CONCLUSIONI	13

RELAZIONE DI CALCOLO

1 PREMESSA

E' intenzione dell'amministrazione Comunale di Albiano d'Ivrea eseguire il risanamento conservativo dei locali ad uso magazzino comunale siti nel Comune di Albiano d'Ivrea in via XX settembre n. 14, con riferimenti catastali Fig. 16 part. 1211 sub.2.



Figura 1 - Foto aerea del fabbricato

Scopo di questa relazione è la verifica statica delle volte a tutto sesto ribassate di tale immobile a cui sono applicati i carichi permanenti, propri e variabili di progetto nella condizione di stato di fatto e di progetto relativo all'intervento locale di rinforzo dell'estradosso delle volte.



Figura 2 - Vista esterna del fabbricato

2 ANALISI STORICO-CRITICA

L'unità strutturale oggetto di studio, facente parte di un conglomerato edilizio in linea, presenta pianta a forma quasi rettangolare a due piani di cui solo il primo è completamente tamponato.

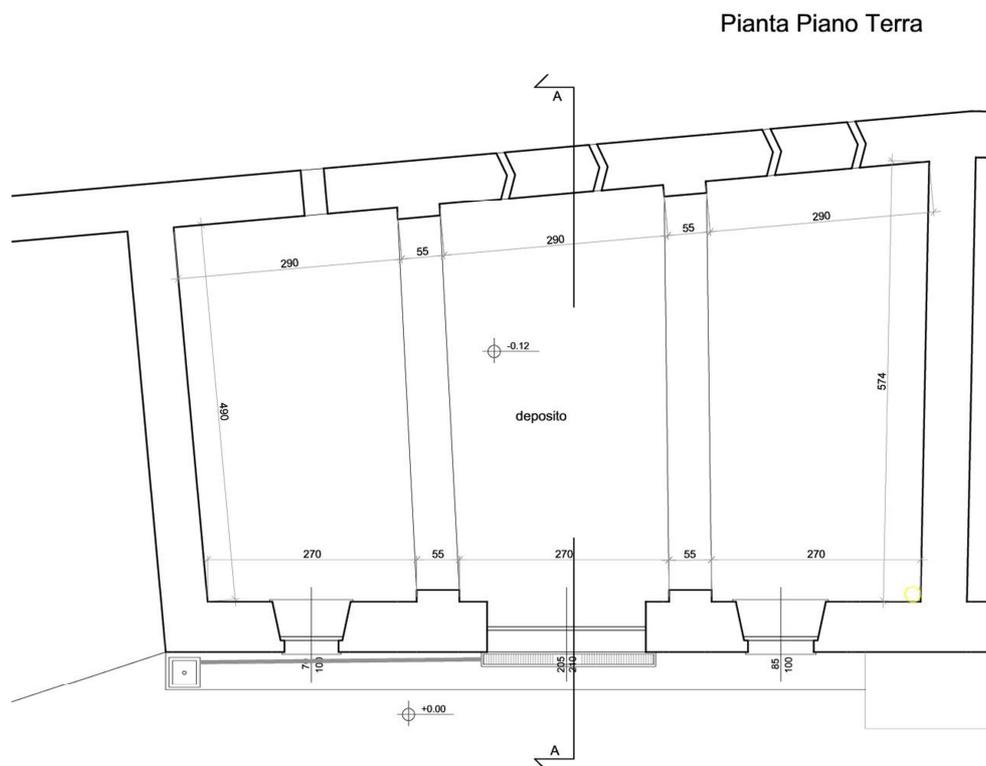


Figura 3 - Pianta fabbricato

Due archi interni disposti parallelamente al lato minore dell'immobile e le pareti perimetrali sorreggono le tre volte a vela che fungono da piano di calpestio del piano superiore.



Figura 4 - Vista interna di una volta

La copertura a doppia falda con struttura in legno e manto in coppi di laterizio poggia sulle colonne in muratura verso il cortile interno e sulla muratura sul lato opposto. Dal rilievo e dalle indagini visive eseguite parrebbe che esista un unico processo di realizzazione e che lo stato della struttura versi in condizioni discrete.

3 RESISTENZE E MATERIALI STRUTTURALI

Le caratteristiche meccaniche delle murature sono state desunte dalla Tabella C8.5.1 della Circolare 7 del 21/01/2019 la quale riporta per il comportamento delle tipologie murarie più ricorrenti, indicazioni, non vincolanti, sui possibili valori dei parametri meccanici, identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi e relativi, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte, muratura non consolidata;

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	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(kN/m ³)				
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

Dato il livello di informazione disponibile sui materiali si è adottato un "Livello di Conoscenza limitata" (LC1) con un conseguente Fattore di Confidenza (FC) pari ad "1,35".

I valori di progetto, in accordo con il livello di conoscenza LC1, corrispondono alla resistenza minima dell'intervallo della Tabella C8.5.1 e ai relativi moduli elastici medi come da par. C.8.5.4.1 della Circolare 7 del 21/01/2019:

Muratura in mattoni pieni

$$f_m = 2,6 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_0 = 0,5 \text{ N/mm}^2 \quad E = 1500 \text{ N/mm}^2 \quad G = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 18 \text{ kN/m}^3 \quad FC = 1,35 \text{ (fattore di conoscenza materiale)} \quad \gamma_m = 2 \text{ (coefficiente di sicurezza del materiale)}$$

4 SCHEMA DI CALCOLO

La verifica statica della volta è avvenuta considerando un metro di larghezza di volta e rappresentandola come un arco a tre cerniere in accordo alla teoria di Mèry e Heyman la quale fa ricorso al calcolo a rottura (teorema statico e teorema cinematico).

Il metodo di Mèry può essere giustificato sulla base del:

TEOREMA STATICO (formulazione intuitiva)

“Una struttura è in grado di sopportare determinati carichi se si può dimostrare che può equilibrarli in regime di sforzi ammissibile per il materiale”.

IPOSTESI: duttilità, assenza di fenomeni di instabilità

Con il metodo di Mèry si cerca l'esistenza di questo regime di sforzi, sintetizzato dalla curva delle pressioni. La struttura ad arco, 3 volte iperstatica, viene resa isostatica introducendo tre cerniere, in corrispondenza delle quali si assumono momenti iperstatici nulli.

La posizione delle cerniere viene variata alla ricerca di un regime di sforzi ammissibile.

La rottura dell'arco avviene solitamente come illustrato in figura; in base a questa constatazione il Mèry suggerisce di render isostatico l'arco introducendo le tre cerniere di figura.

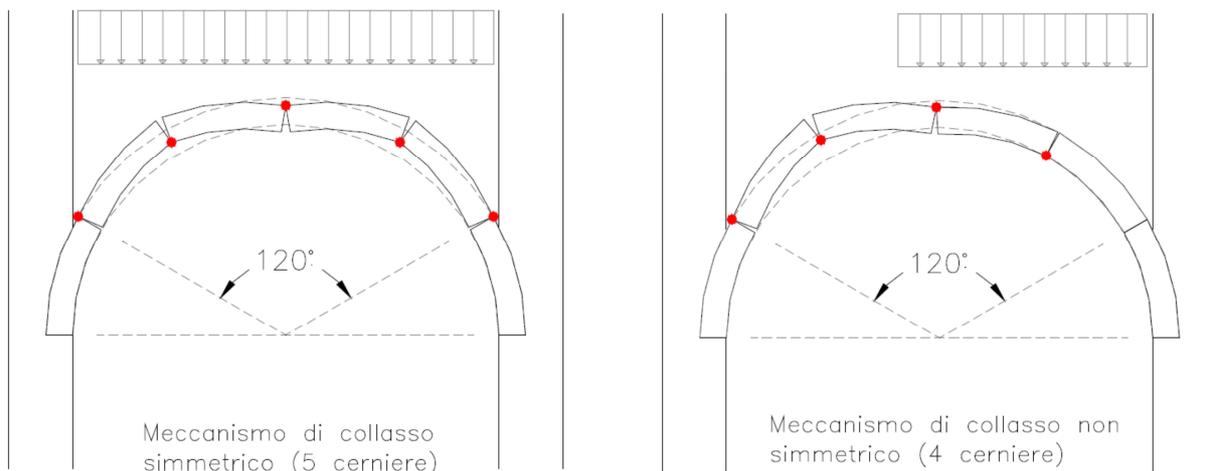


Figura 5 - Meccanismi di collasso

Pertanto, la verifica consiste nella:

1. Suddivisione dell'arco in conci;
2. Applicazioni dei carichi;
3. Individuazioni delle risultanti e relativi baricentri dei conci, delle strisce e delle fusioni conci-strisce;
4. Determinazione di una distribuzione possibile della curva di pressione;
5. Verifica a compressione della chiave;
6. Verifica a compressione e a taglio del concio d'imposta;

5 VOLTA ALLO STATO DI FATTO

Il manufatto possiede allo stato di fatto le seguenti caratteristiche:

- *Struttura in mattoni pieni in laterizio*: costituito dai mattoni pieni in laterizio disposti di taglio per uno spessore complessivo di 12 cm, con un peso volumico medio $\varphi = 18,00 \text{ kN/m}^3$;

Non è presente attualmente alcun riempimento, condizione che ha permesso l'ispezione dell'estradosso delle volte.



Figura 6 - Vista superiore della volta

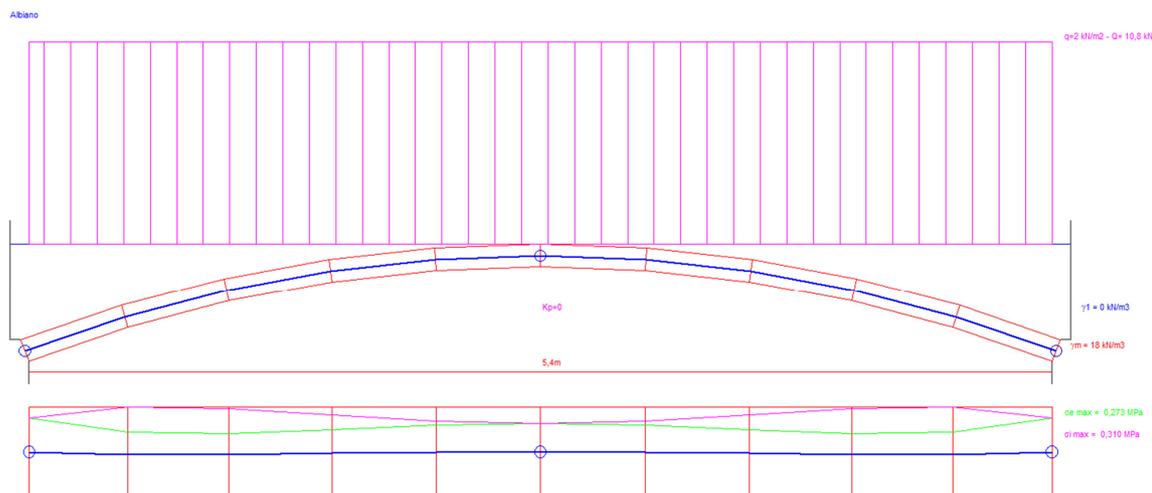


Figura 7 – Rappresentazione curva di pressione

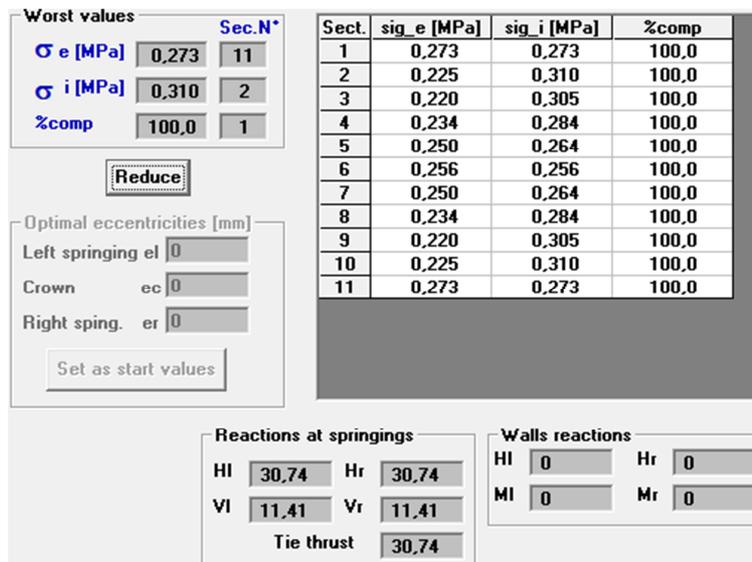


Figura 8 - Tensioni di compressione nei vari conci

L'analisi statica dell'arco viene completata controllando che le resistenze di calcolo a compressione e a scorrimento presentino in ogni sezione un valore inferiore a quello della resistenza dei materiali.

5.1 VERIFICA A COMPRESSIONE

VERIFICA COMPRESSIONE CONCI ESTERNI						
Concio	Compressione di progetto	Resistenza a compressione muratura			Resistenza a compressione di calcolo	Verifica compressione
n°	σ _{max}	σ ₀	F _c	γ _s	σ _r	σ _{max} < σ ₀
[-]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]	[-]	[daN/cm ²]	[-]
1	2,7	26	1,35	2	9,63	Verificato
2	2,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
3	2,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
4	2,3	26	1,35	2	9,63	Verificato
5	2,5	26	1,35	2	9,63	Verificato
6	2,5	26	1,35	2	9,63	Verificato
7	2,5	26	1,35	2	9,63	Verificato
8	2,3	26	1,35	2	9,63	Verificato
9	2,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
10	2,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
11	2,7	26	1,35	2	9,63	Verificato

VERIFICA COMPRESIONE CONCI INTERNI						
Concio	Compressione di progetto	Resistenza a compressione muratura			Resistenza a compressione di calcolo	Verifica compressione
n°	σ_{max}	σ_0	Fc	γ_s	σ_r	$\sigma_{max} < \sigma_0$
[-]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]	[-]	[daN/cm ²]	[-]
1	2,7	26	1,35	2	9,63	Verificato
2	3,1	26	1,35	2	9,63	Verificato
3	3	26	1,35	2	9,63	Verificato
4	2,8	26	1,35	2	9,63	Verificato
5	2,6	26	1,35	2	9,63	Verificato
6	2,5	26	1,35	2	9,63	Verificato
7	2,6	26	1,35	2	9,63	Verificato
8	2,8	26	1,35	2	9,63	Verificato
9	3	26	1,35	2	9,63	Verificato
10	3,1	26	1,35	2	9,63	Verificato
11	2,7	26	1,35	2	9,63	Verificato

5.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

Ai fini della verifica a taglio del concio d'imposta si considera:

$$N_i = H_i \cos \alpha_i - V_i \sin \alpha_i$$

$$T_i = -H_i \sin \alpha_i - V_i \cos \alpha_i$$

essendo:

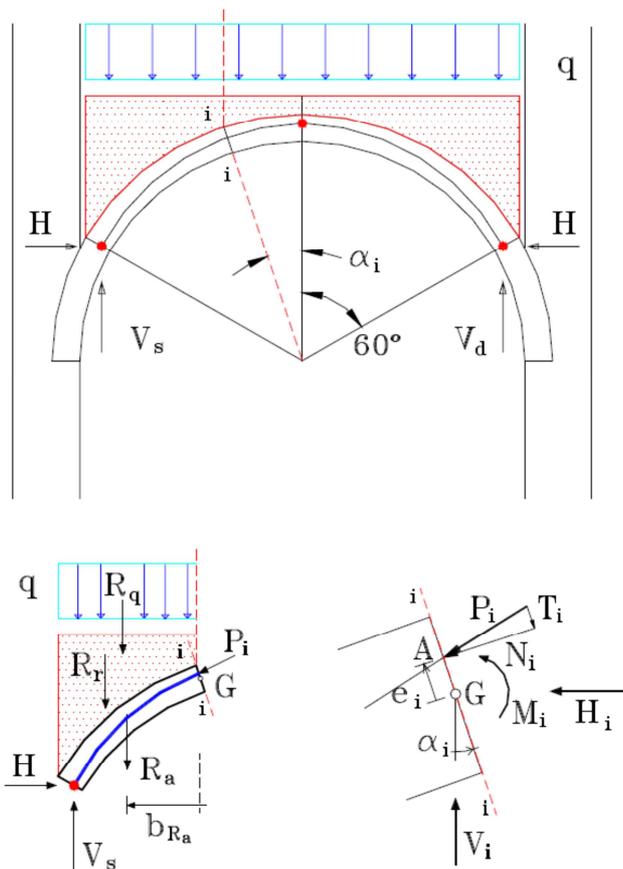


Figura 9 - Schema delle forze di ogni concio

$$H_1 = 30,8 \text{ kN}$$

$$V_1 = 11,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_1 = 4,2^\circ$$

CONCIO	ANGOLO		sen α	cos α	H _i	V _i	N _i	T _i
	[°]	[RAD]						
1	4,2	0,07	0,07	1,00	30,8	11,5	29,88	-13,72

VERIFICA TAGLIO - SCORRIMENTO												
Concio	Compressione	Taglio di progetto	Resistenza a compressione muratura	Resistenza a taglio muratura	Base	Altezza sezione	Compressione di progetto			Resistenza taglio di calcolo	Taglio	Verifica punzonamento
n°	N	V	σ_0	τ_0	a	b	σ_n	Fc	γ_s	f _v	τ_m	$\tau_m < f_v$
[-]	[daN]	[daN]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[cm]	[cm]	[daN/cm ²]			[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]
1	2987,50	1372,49	25	5	100	12	2,5	1,35	2	2,221	1,144	Verificato

La modellazione della volta secondo le ipotesi dello stato di fatto ha portato a condizioni tensionali idonee con i materiali di costruzione. Risulta, in ogni caso la snellezza eccessiva.

6 VOLTA DI PROGETTO

La condizione di progetto prevede il rinforzo all'estradosso della volta attraverso un getto di materiale alleggerito opportunamente collegato all'esistente al fine di ridurre la snellezza e aumentare la sezione reagente a taglio agli appoggi.

Pertanto, i materiali considerati sono:

- *Struttura in mattoni pieni in laterizio*: costituito dai mattoni pieni in laterizio disposti di taglio per uno spessore complessivo di 12 cm, con un peso volumico medio $\varphi = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- *Rinforzo in LECA alleggerito* $\varphi = 14,00 \text{ kN/m}^3$ con un'altezza in chiave di 4 cm;

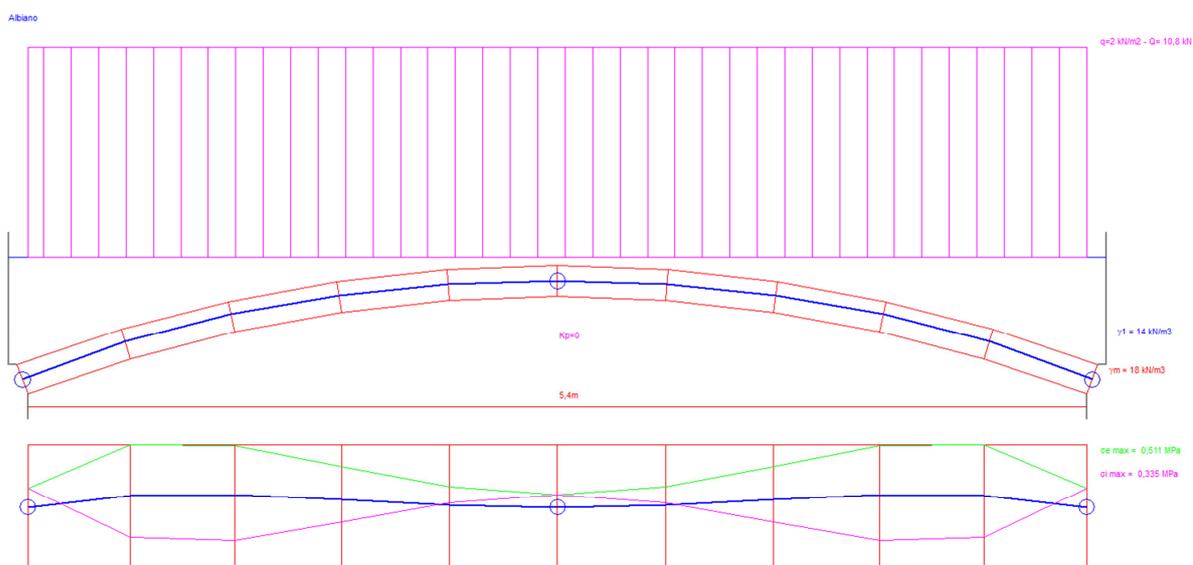


Figura 10 – Rappresentazione curva di pressione

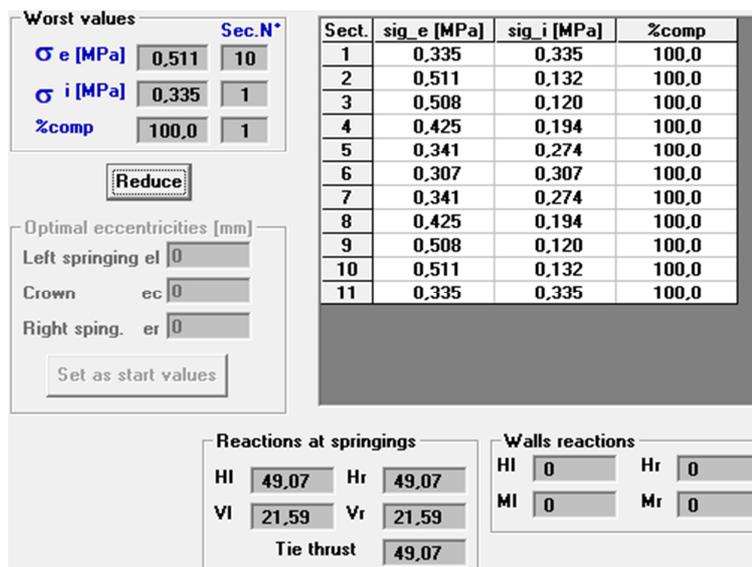


Figura 11 - Tensioni di compressione nei vari conci

L'analisi statica dell'arco, come nel caso dello stato di fatto, viene completata controllando che le resistenze di calcolo a compressione e a scorrimento presentino in ogni sezione un valore inferiore a quello della resistenza dei materiali. A favore di sicurezza, il contributo del calcestruzzo alleggerito sarà considerato, a livello di verifiche e resistenze, come se fosse dello stesso materiale della volta esistente in laterizio.

6.1 VERIFICA A COMPRESSIONE

VERIFICA COMPRESSIONE CONCI INTERNI						
Concio	Compressione di progetto	Resistenza a compressione muratura			Resistenza a compressione di calcolo	Verifica compressione
n°	σ_{max}	σ_0	Fc	γ_s	σ_r	$\sigma_{max} < \sigma_0$
[-]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]	[-]	[daN/cm ²]	[-]
1	3,35	26	1,35	2	9,63	Verificato
2	1,32	26	1,35	2	9,63	Verificato
3	1,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
4	1,94	26	1,35	2	9,63	Verificato
5	2,74	26	1,35	2	9,63	Verificato
6	3,07	26	1,35	2	9,63	Verificato
7	2,74	26	1,35	2	9,63	Verificato
8	1,94	26	1,35	2	9,63	Verificato
9	1,2	26	1,35	2	9,63	Verificato
10	1,32	26	1,35	2	9,63	Verificato
11	3,35	26	1,35	2	9,63	Verificato

VERIFICA COMPRESSIONE CONCI ESTERNI						
Concio	Compressione di progetto	Resistenza a compressione muratura			Resistenza a compressione di calcolo	Verifica compressione
n°	σ_{max}	σ_0	Fc	γ_s	σ_r	$\sigma_{max} < \sigma_0$
[-]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]	[-]	[daN/cm ²]	[-]
1	3,35	26	1,35	2	9,63	Verificato
2	5,11	26	1,35	2	9,63	Verificato
3	5,08	26	1,35	2	9,63	Verificato
4	4,25	26	1,35	2	9,63	Verificato
5	3,41	26	1,35	2	9,63	Verificato
6	3,07	26	1,35	2	9,63	Verificato
7	3,41	26	1,35	2	9,63	Verificato
8	4,25	26	1,35	2	9,63	Verificato
9	5,08	26	1,35	2	9,63	Verificato
10	5,11	26	1,35	2	9,63	Verificato
11	3,35	26	1,35	2	9,63	Verificato

6.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

CONCIO	ANGOLO		sen α	cos α	H _i	V _i	N _i	T _i
[-]	[°]	[RAD]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	4,2	0,07	0,07	1,00	49,07	21,59	47,36	-25,13

La sezione ai reni della volta può essere amplificata considerando il rinfiacco in alleggerito fino a 40 cm.

VERIFICA TAGLIO - SCORRIMENTO												
Concio	Compressione	Taglio di progetto	Resistenza a compressione muratura	Resistenza a taglio muratura	Base	Altezza sezione	Compressione di progetto			Resistenza taglio di calcolo	Taglio	Verifica punzonamento
n°	N	V	σ_0	τ_0	a	b	σ_n	Fc	γ_s	f_v	τ_m	$\tau_m < f_v$
[-]	[daN]	[daN]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[cm]	[cm]	[daN/cm ²]			[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[-]
1	4735,70	2512,58	25	5	100	40	1,2	1,35	2	2,027	0,628	Verificato

L'intervento di rinforzo permetterà una riduzione dello sforzo tagliante e un aumento della sezione compressa nei vari conci che corrisponde ad un aumento del livello di sicurezza.

7 CONCLUSIONI

L'intervento di rinforzo delle volte, appartenente al risanamento conservativo dei locali ad uso magazzino comunale sito in via XX settembre n. 14 di riferimenti catastali Fg. 16 part. 1211 sub.2 nel Comune di Albiano d'Ivrea, così come ipotizzato, permetterà un aumento delle sezioni reagenti e dei relativi noccioli d'inerzia di ogni singolo concio.

Tale rinforzo rientra negli interventi di cui al par. 8.4.1 del D.M.17/01/2018 in quanto non altera il comportamento della struttura e ne migliora la resistenza media dei materiali.