

COMUNE DI RAVELLO
(PROVINCIA DI SALERNO)

DENUNCIA DEI LAVORI PER
AUTORIZZAZIONE SISMICA

*(ai sensi dell' art 2 L. R. 7/1/83 n. 9 e s.m.i., artt. 93 e 65 del D.P.R. 6/6/2001 n. 380,
art. 17 L.R. 2/2/74 n.64, art. 4 L. 5711/71 n.1086)*

TABULATO DEI CALCOLI E VERIFICHE

LAVORI DI ADEGUAMENTO STATICO E FUNZIONALE
DEL FABBRICATO PARROCCHIALE S.S. COSMA E DAMIANO

Sommario

PREMESSA	3
1. Proprietà dei materiali.....	4
□ Acciaio da Carpenteria.....	4
2. Analisi dei carichi statici di progetto	5
2.1. Analisi dei carichi solaio tipo.....	5
3. Progetto e verifica nuove piattabande in acciaio	7
4. Progetto e verifica nuova cerchiatura in acciaio.....	8
Conclusioni.....	11

PREMESSA

Con la presente relazione si vuole descrivere gli interventi per la realizzazione di nuovi vani porta al piano primo e secondo del fabbricato parrocchiale S.S. Cosma e Damiano. Si prevede l'inserimento di una cerchiatura completa in acciaio da carpenteria ai fini del ripristino della rigidità laterale il più possibile simile alla situazione pre-intervento ed il controllo della resistenza e della capacità di spostamento post che devono essere non minori della situazione pre-intervento. E' prevista inoltre la realizzazione di n. 3 piattabande in acciaio.

L'intervento rientra nella tipologia di intervento locale. Si osserva infatti che l'insieme delle opere di ristrutturazione e consolidamento:

- a) non ampliano né sopraelevano la precedente struttura;
- b) non incrementano in maniera superiore al 20% i carichi accidentali originari e l'incremento dei carichi permanenti che si registra complessivamente per l'edificio legato alle opere di consolidamento e rinforzo, non varia il comportamento strutturale di trasferimento dei carichi al suolo;
- c) gli interventi strutturali sono volti al consolidamento dell'edificio esistente nella sua attuale morfologia e non all'ottenimento di un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d) il comportamento globale dell'edificio rimane immutato e/o migliorato: l'intervento ha previsto l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio (prioritariamente apertura/chiusura varchi in murature portanti) con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

1. Proprietà dei materiali

Qui di seguito vengono riportate tutte le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione del modello relativo allo stato di progetto. Per la realizzazione delle piattabande e della cerchiatura si è optato per l'impiego di elementi in acciaio da carpenteria.

❖ Acciaio da Carpenteria

L'orditura delle travi di rinforzo sarà realizzata in **acciaio da carpenteria S275**. Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche definite dalle NTC18 alla Tabella 11.3.IX:

- *modulo di elasticità normale e tangenziale:*

$$E = 210.000 \text{ MPa}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

- *resistenza caratteristica ultima:*

$$f_u = 430 \text{ MPa} \quad (\text{membrature con spessore } t \leq 40 \text{ mm})$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} \quad (\text{membrature con spessore } 40 \text{ mm} \leq t \leq 100 \text{ mm})$$

- *resistenza caratteristica a snervamento:*

$$f_y = 275 \text{ MPa} \quad (t \leq 40 \text{ mm})$$

$$f_y = 255 \text{ MPa} \quad (40 \text{ mm} \leq t \leq 100 \text{ mm})$$

- *resistenza di calcolo a snervamento:*

$$f_{yd} = f_y / \gamma_A = 261.90 \text{ MPa} \quad (t \leq 40 \text{ mm})$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_A = 242.80 \text{ MPa} \quad (40 \text{ mm} \leq t \leq 100 \text{ mm})$$

dove γ_A è il coefficiente parziale di sicurezza utilizzato pari a 1.05 (NTC 18 § 4.2.4.1.1).

2. Analisi dei carichi statici di progetto

Si è proceduto in questo paragrafo a definire i carichi di progetto da assegnare.

2.1. Analisi dei carichi solaio tipo

➤ Carichi permanenti strutturali:

le azioni permanenti da inserire nelle combinazioni di carico che verranno utilizzate in seguito per la determinazione delle interazioni massime cui è soggetta la struttura, comprendono il peso della soletta e dei travetti realizzati in conglomerato cementizio armato. L'analisi viene effettuata considerando un metro quadrato di solaio ed i carichi sono determinati a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione. Il valore caratteristico dei carichi permanenti sarà indicato con il simbolo G_{k1} così come indicato dalla normativa.

Di seguito sono riportati i calcoli di progetto:

- soletta: $0.04 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 1.00 \text{ kN}$
- travetti: $(0.10 \text{ m} \cdot 0.20 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3) \cdot 2 = 1.00 \text{ kN}$
- pignatte: 0.18 kN

Si ricorda che il calcolo dei pesi propri della soletta, dei travetti e delle pignatte è riferito al singolo m^2 di solaio; quindi ciascuno di essi è espresso in kN; siccome occorre riferirsi alle dimensioni reali del solaio, si può scrivere il peso permanente strutturale G_{k1} in kN/m^2 per ottenere così l'analogo dell'intero solaio moltiplicandolo semplicemente per i m^2 reali. Quindi risulta:

$$G_{k1} = 2.20 \text{ kN/m}^2$$

➤ Carichi permanenti non strutturali:

Comprende il peso dei carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, cioè quello relativo ai divisori interni, massetto, pavimento e intonaco.

- intonaco intradosso: 0.30 kN
- massetto: $0.04 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 1.00 \text{ m} \cdot 15 \text{ kN/m}^3 = 0.60 \text{ kN}$
- pavimento: 0.40 kN

$$G_{k2} = 1.30 \text{ kN/m}^2$$

➤ Carichi variabili:

come precedentemente descritto, risulta:

$$Q_{k1} = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

E' possibile, a questo punto, riassumere l'analisi dei carichi nella seguente tabella:

ELEMENTO	G_{k1} (kN/m²)	G_{k2} (kN/m²)	Q_{k1} (kN/m²)
impalcato tipo	2.10	1.30	2.00

3. Progetto e verifica nuove piattabande in acciaio

Trattandosi di un elemento resistente secondario, l'architrave sarà progettata in fase elastica verificando che le tensioni normali e taglianti associate ai carichi di esercizio nonché la freccia elastica siano convenientemente inferiori ai valori massimi. In particolare l'acciaio S275 ha una tensione normale ammissibile pari a ($\gamma_s = 1,5$)

$$\sigma_{amm} = f_{yk} / \gamma_s = 235 / 1,5 = 156,7 \text{ N/mm}^2$$

mentre per quella tangenziale, assumendo il criterio di von Mises, risulta

$$\tau_{amm} = 156,9 / \sqrt{3} = 90,6 \text{ N/mm}^2$$

Infine, il valore massimo ϕ_{amm} della freccia è pari a $l/500$.

PIATTABANDA N. 1

ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE: DATI

SOLLECITAZIONI

Luca netta dell'architrave:	L	<input type="text" value="1000"/>	[mm]
Spessore della muratura sopra l'architrave:	S	<input type="text" value="700"/>	[mm]
Distanza del solaio sovrastante l'architrave dall'architrave stesso:	hq	<input type="text" value="1000"/>	[mm]
Luca del solaio sovrastante l'architrave, nel verso dell'orditura	L,sol	<input type="text" value="3700"/>	[mm]
Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:	G1	<input type="text" value="2,1"/>	[kN/m ²]
Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:	G2	<input type="text" value="1,3"/>	[kN/m ²]

Definire il variabile dovuto all'affollamento:

Cat. A: Ambienti ad uso residenziale

Definire appoggio dell'architrave sulla muratura esistente: L,app [mm]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

profilo	<input type="text" value="HEB 180"/>
Materiale	<input type="text" value="S275 JR"/>
Numero di profili utilizzati per l'architrave:	<input type="text" value="3"/>

TIPOLOGIA DELLA MURATURA

Muratura irregolare di pietra tenera

Livello di conoscenza	LC	<input type="text" value="LC1"/>
Fattore di confidenza	FC	<input type="text" value="1,35"/>

OSS: Per il livello LC3 si considerano cautelativamente i valori medi delle caratteristiche meccaniche della muratura.

stato di fatto	Malta buona (solo se la malta è >2MPa)	<input type="text" value="si"/>
	Ricorsi o listature	<input type="text" value="no"/>
	Connessione trasversale	<input type="text" value="no"/>
int. di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	<input type="text" value="no"/>
	Intonco Armato	<input type="text" value="no"/>
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	<input type="text" value="no"/>
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	<input type="text" value="no"/>
Rigidità fessurata (100% = "non fessurato")		<input type="text" value="100%"/>
Tipo di analisi		<input type="text" value="lineare"/>

Coefficiente di sicurezza γ_m

2

COEFFICIENTE DA UTENTE

Inserire i coefficienti correttivi manualmente?
(Opzione da usare con cautela)

no

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

fm (N/cm²)

1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

τ_0 (N/cm²)

1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

f_{v0} (N/cm²)

1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

	Malta buona
--	-------------

E (N/mm²)

1

stato di fatto	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

G (N/mm²)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

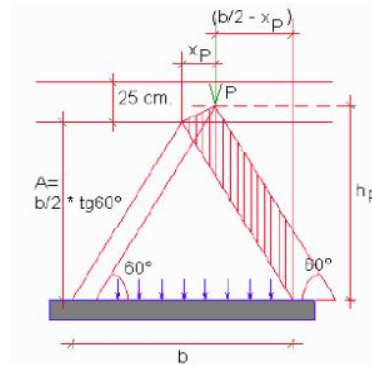
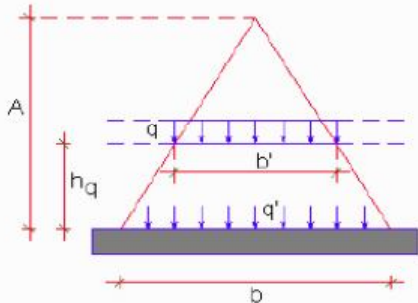
w (kN/m³)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

CALCOLO DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE

Per valutare i carichi agenti sull'architrave vengono seguite le indicazioni della norma DIN 1053 (dicembre 1952). Sostanzialmente il problema viene semplificato ipotizzando che sopra di esso si generi un effetto di volta scaricantesi ai lati, quindi si considerano gravanti solo il peso della porzione di muratura inclusa in un triangolo equilatero al di sopra dell'architrave avente per lato la luce dell'architrave stesso. I carichi uniformemente distribuiti, al di sopra del triangolo di carico, dovuti ad eventuali solai sono trascurati nel calcolo dell'architrave, mentre i carichi dei solai che agiscono all'interno del triangolo di carico si considerano solo per il tratto intercettato dal triangolo di carico. Se entro la luce della trave agiscono carichi concentrati essi dovranno essere considerati ammettendo una distribuzione del carico a 60°, anche se il loro punto d'applicazione è al di fuori del triangolo ma sia tuttavia al di sotto della linea orizzontale posta 25cm al di sopra della sommità del triangolo stesso. Dovrà essere inoltre aggiunto il peso della muratura.



ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULL'ARCHITRAVE

Luce netta dell'architrave:
 Luce di calcolo dell'architrave:
 Altezza del triangolo di carico:
 Spessore della muratura sopra l'architrave:
 Distanza del solaio sovrastante rispetto all'architrave:
 Larghezza di scarico del solaio
 Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:
 Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:
 Carichi accidentali agenti sul solaio:
 Luce totale del solaio:
 Interasse
 Carico distribuito
 Carico trasmesso dal solaio sull'architrave:
 Carico trasmesso dalla muratura:
 Peso specifico della muratura

	L =	1000	[mm]
	b = 1,05 * L =	1050	[mm]
	A =	909	[mm]
	t =	700	[mm]
	h _q =	1000	[mm]
	b' =	105	[mm]
	G ₁ =	2,10	[kN/m ²]
	G ₂ =	1,30	[kN/m ²]
	Q _{k,folia} =	2,00	[kN/m ²]
	L _{sol} =	3700	[mm]
	i = L _{sol} / 2 =	1850	[mm]
	F _d = i * (γ _{g1} * G _{1k} + γ _{g2} * G _{2k} + γ _q * Q _{k,folia}) =	14,21	[kN/m]
	F _d * b' / b =	1,42	[kN/m]
	F _m = γ _{g1} * w * t * A =	18,20	[kN/m]
	w =	22	[kN/m ³]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

Tipo di profilato
 Numero di profili
 Altezza della sezione trasversale
 Larghezza della sezione trasversale
 Spessore dell'anima
 Spessore delle ali
 Raggio di raccordo
CARATTERISTICHE MECCANICHE
 Altezza tra le ali
 Area della sezione trasversale
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo z
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo y
 Momento d'inerzia attorno all'asse forte
 Momento d'inerzia attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole
 Momento statico asse baricentrico
 Peso a metro lineare

	HEB 180	S275 JR	
	n	3	
	h	180,00	[mm]
	b	180,00	[mm]
	t _w	8,50	[mm]
	t _f	14,00	[mm]
	r	15,00	[mm]
	h _i	152,00	[mm]
	A	65,3	[cm ²]
	A _{vz}	20,24	[cm ²]
	A _{vy}	50,40	[cm ²]
	I _{yy}	3831	[cm ⁴]
	I _{zz}	1363	[cm ⁴]
	W _{el,yy}	425,7	[cm ³]
	W _{el,zz}	151,4	[cm ³]
	W _{pl,yy}	481,4	[cm ³]
	W _{pl,zz}	231,0	[cm ³]
	S _y	240,7	[cm ³]
	ρ	0,51	[kN/m]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio

$$f_y = 275 \quad [\text{MPa}]$$

Tipo di acciaio

S275 JR

Coefficiente ϵ

$$\epsilon = 0,92 \quad [-]$$

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi

$$c = 122,00 \quad [\text{mm}]$$

Spessore dell'anima

$$t_w = 8,50 \quad [\text{mm}]$$

Rapporto tra altezza e spessore

$$c/t_w = 14,35 \quad [-]$$

Classificazione dell'anima per flessione

CLASSE 1

Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi

$$c = 70,75 \quad [\text{mm}]$$

Spessore delle ali

$$t_f = 14,00 \quad [\text{mm}]$$

Rapporto tra semi larghezza e spessore

$$c/t_f = 5,05 \quad [-]$$

Classificazione delle ali per flessione

CLASSE 1

SOLLECITAZIONI

Per il calcolo delle sollecitazioni massime, l'architrave viene assimilato ad una trave semplicemente appoggiata caricata da un carico uniformemente distribuito, dato dalla somma del carico dovuto al solaio e quello dovuto al peso proprio del profilo utilizzato, e da un carico triangolare dovuto al peso proprio della muratura sovrastante.

$$M_{\max} = F_d * b^2 / 8 + p * b^2 / 8 + F_m * b^2 / 12 = 1,96 \quad [\text{kNm}]$$

$$V_{\max} = F_d * b / 2 + p * b / 2 + F_m * b / 4 = 5,87 \quad [\text{kN}]$$

VERIFICA DI RESISTENZA

Numero di profili utilizzati per l'architrave:

$$n = 3$$

Momento flettente SLU:

$$M_{\max} = M'_{\max} / n = 0,65 \quad [\text{kN m}]$$

Taglio SLU:

$$V_{\max} = V'_{\max} / n = 1,96 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a flessione monoassiale (NTC 4.2.4.1.2)

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 1-2:

$$M_{c,Rd} = W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 3:

$$M_{c,Rd} = W_{el,min} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Momento resistente del singolo profilo:

$$M_{c,Rd} = 126,09 \quad [\text{kN m}]$$

Momento resistente dell'architrave completo:

$$M_{c,Rd} = 378,28 \quad [\text{kN m}]$$

Verifica a flessione:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,005 < 1$$

Verifica a taglio (NTC 4.2.4.1.2)

La resistenza di calcolo a taglio del singolo profilo vale:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \gamma_{M0} / (3^{0,5}) = 306,07 \quad [\text{kN}]$$

La resistenza di calcolo a taglio dell'architrave vale:

$$V_{c,Rd} = 918,22 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a taglio:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0,006 < 1$$

VERIFICA DI DEFORMABILITA' DELL'ARCHITRAVE

Carico: peso proprio muratura

$$F_m = w * A * t = 14,00 \quad [\text{kN/m}]$$

Carico: solaio

$$F_d = (G_{1k} + G_{2k} + Q_k) * i = 9,99 \quad [\text{kN/m}]$$

Calcolo della freccia elastica architrave

$$f_m = b^4 / nEJ * (5 * F_d / 384 + F_m / 120) = 0,01 \quad [\text{mm}]$$

limite freccia

$$L / 500 = 2,1 \quad [\text{mm}]$$

Modulo elastico acciaio

$$E = 210000 \quad [\text{MPa}]$$

Verifica freccia

$$f_m < L / 500 \quad \text{ver}$$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI PER CARICHI CONCENTRATI

Le NTC al punto 4.5.6.2 Verifiche agli stati limite ultimi, suggerisce di effettuare le verifiche facendo riferimento a normative di comprovata validità: Eurocodice 6, D.M. 14.09.2005. Di seguito viene condotta la verifica secondo il D.M. 14.09.2005, punto 5.4.6.2.4.

γ_M è il coef. di sicurezza della muratura

$$\gamma_M = 2,5 \quad [-]$$

Lunghezza dell'appoggio

$$L_{app} = 300 \quad [\text{mm}]$$

A_c è l'area di appoggio;

$$A_c = b * l = 54000 \quad [\text{mm}^2]$$

f_d è la resistenza di progetto della muratura:

$$f_d = f_m / FC / \gamma_M = 2,15 \quad [\text{Mpa}]$$

N_{Rd} è la resistenza di progetto:

$$N_{Rdc} = \beta_c * A_c * f_d = 116,00 \quad [\text{kN}]$$

N_{dc} è il valore di progetto del carico concentrato (taglio):

$$N_{dc} = V_{\max} = 1,96 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a carico concentrato:

$$N_{dc} / N_{Rdc} = 0,017 < 1$$

β_c è un coefficiente di amplificazione per carichi concentrati, valutato in funzione del tipo di muratura, a favore di sicurezza può essere considerato pari a 1;

PIATTABANDA N. 2

ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE: DATI

SOLLECITAZIONI

Luce netta dell'architrave:	L	<input type="text" value="1000"/>	[mm]
Spessore della muratura sopra l'architrave:	S	<input type="text" value="250"/>	[mm]
Distanza del solaio sovrastante l'architrave dall'architrave stesso:	hq	<input type="text" value="1000"/>	[mm]
Luce del solaio sovrastante l'architrave, nel verso dell'orditura	L,sol	<input type="text" value="4200"/>	[mm]
Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:	G1	<input type="text" value="2,1"/>	[kN/m ²]
Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:	G2	<input type="text" value="1,3"/>	[kN/m ²]

Definire il variabile dovuto all'affollamento:

Definire appoggio dell'architrave sulla muratura esistente: L,app [mm]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

profilo	<input type="text" value="IPE 180"/>
Materiale	<input type="text" value="S275 JR"/>
Numero di profili utilizzati per l'architrave:	<input type="text" value="2"/>

TIPOLOGIA DELLA MURATURA

Livello di conoscenza	LC	<input type="text" value="LC1"/>
Fattore di confidenza	FC	<input type="text" value="1,35"/>

OSS: Per il livello LC3 si considerano cautelativamente i valori medi delle caratteristiche meccaniche della muratura.

stato di fatto	Malta buona (solo se la malta è >2MPa)	<input type="text" value="no"/>
	Ricorsi o listature	<input type="text" value="no"/>
	Connessione trasversale	<input type="text" value="no"/>
int. di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	<input type="text" value="no"/>
	Intonco Armato	<input type="text" value="no"/>
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	<input type="text" value="no"/>
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	<input type="text" value="no"/>
Rigidità fessurata (100% = "non fessurato")		<input type="text" value="100%"/>
Tipo di analisi		<input type="text" value="lineare"/>

Coefficiente di sicurezza γ_m

2

COEFFICIENTE DA UTENTE

Inserire i coefficienti correttivi manualmente?
(Opzione da usare con cautela)

no

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

f_m (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

τ_0 (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

f_{v0} (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

	Malta buona
--	-------------

E (N/mm ²)
1

stato di fatto	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

G (N/mm²)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

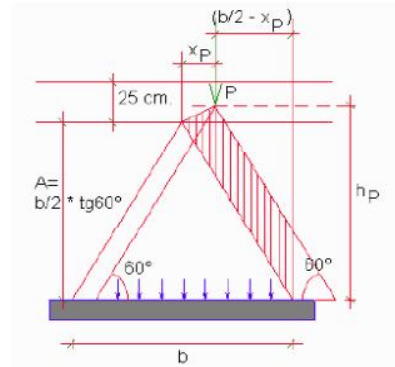
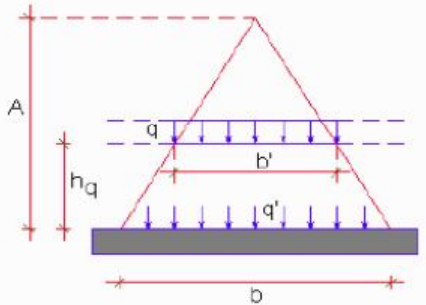
w (kN/m³)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

CALCOLO DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE

Per valutare i carichi agenti sull'architrave vengono seguite le indicazioni della norma DIN 1053 (dicembre 1952). Sostanzialmente il problema viene semplificato ipotizzando che sopra di esso si generi un effetto di volta scaricantesi ai lati, quindi si considerano gravanti solo il peso della porzione di muratura inclusa in un triangolo equilatero al di sopra dell'architrave avente per lato la luce dell'architrave stesso. I carichi uniformemente distribuiti, al di sopra del triangolo di carico, dovuti ad eventuali solai sono trascurati nel calcolo dell'architrave, mentre i carichi dei solai che agiscono all'interno del triangolo di carico si considerano solo per il tratto intercettato dal triangolo di carico. Se entro la luce della trave agiscono carichi concentrati essi dovranno essere considerati ammettendo una distribuzione del carico a 60°, anche se il loro punto d'applicazione è al di fuori del triangolo ma sia tuttavia al di sotto della linea orizzontale posta 25cm al di sopra della sommità del triangolo stesso. Dovrà essere inoltre aggiunto il peso della muratura.



ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULL'ARCHITRAVE

Luce netta dell'architrave:
 Luce di calcolo dell'architrave:
 Altezza del triangolo di carico:
 Spessore della muratura sopra l'architrave:
 Distanza del solaio sovrastante rispetto all'architrave:
 Larghezza di scarico del solaio
 Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:
 Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:
 Carichi accidentali agenti sul solaio:
 Luce totale del solaio:
 Interasse
 Carico distribuito
 Carico trasmesso dal solaio sull'architrave:
 Carico trasmesso dalla muratura:
 Peso specifico della muratura

	L =	1000	[mm]
	b = 1,05 * L =	1050	[mm]
	A =	909	[mm]
	t =	250	[mm]
	h _q =	1000	[mm]
	b' =	105	[mm]
	G ₁ =	2,10	[kN/m ²]
	G ₂ =	1,30	[kN/m ²]
	Q _{k,folia} =	2,00	[kN/m ²]
	L _{sol} =	4200	[mm]
	i = L _{sol} / 2 =	2100	[mm]
	F _d = i * (γ _{g1} * G _{1k} + γ _{g2} * G _{2k} + γ _q * Q _{k,folia}) =	16,13	[kN/m]
	F _d * b' / b =	1,61	[kN/m]
	F _m = γ _{g1} * w * t * A =	6,50	[kN/m]
	w =	22	[kN/m ³]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

Tipo di profilato
 Numero di profili
 Altezza della sezione trasversale
 Larghezza della sezione trasversale
 Spessore dell'anima
 Spessore delle ali
 Raggio di raccordo
CARATTERISTICHE MECCANICHE
 Altezza tra le ali
 Area della sezione trasversale
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo z
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo y
 Momento d'inerzia attorno all'asse forte
 Momento d'inerzia attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole
 Momento statico asse baricentrico
 Peso a metro lineare

	IPE 180	S275 JR	
	n	2	
	h	180,00	[mm]
	b	91,00	[mm]
	t _w	5,30	[mm]
	t _f	8,00	[mm]
	r	9,00	[mm]
	h _i	164,00	[mm]
	A	23,9	[cm ²]
	A _{vz}	11,25	[cm ²]
	A _{vy}	14,56	[cm ²]
	I _{yy}	1317	[cm ⁴]
	I _{zz}	101	[cm ⁴]
	W _{el,yy}	146,3	[cm ³]
	W _{el,zz}	22,2	[cm ³]
	W _{pl,yy}	166,4	[cm ³]
	W _{pl,zz}	34,6	[cm ³]
	S _y	83,2	[cm ³]
	ρ	0,19	[kN/m]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio

$$f_y = 275 \text{ [MPa]}$$

Tipo di acciaio

$$S275 \text{ JR}$$

Coefficiente ϵ

$$\epsilon = 0,92 \text{ [-]}$$

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi

$$c = 146,00 \text{ [mm]}$$

Spessore dell'anima

$$t_w = 5,30 \text{ [mm]}$$

Rapporto tra altezza e spessore

$$c/t_w = 27,55 \text{ [-]}$$

Classificazione dell'anima per flessione

CLASSE 1

Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi

$$c = 33,85 \text{ [mm]}$$

Spessore delle ali

$$t_f = 8,00 \text{ [mm]}$$

Rapporto tra semi larghezza e spessore

$$c/t_f = 4,23 \text{ [-]}$$

Classificazione delle ali per flessione

CLASSE 1

SOLLECITAZIONI

Per il calcolo delle sollecitazioni massime, l'architrave viene assimilato ad una trave semplicemente appoggiata caricata da un carico uniformemente distribuito, dato dalla somma del carico dovuto al solaio e quello dovuto al peso proprio del profilo utilizzato, e da un carico triangolare dovuto al peso proprio della muratura sovrastante.

$$M_{\max} = F_d * b^2 / 8 + p * b^2 / 8 + F_m * b^2 / 12 = 0,85 \text{ [kNm]}$$

$$V_{\max} = F_d * b / 2 + p * b / 2 + F_m * b / 4 = 2,68 \text{ [kN]}$$

VERIFICA DI RESISTENZA

Numero di profili utilizzati per l'architrave:

$$n = 2$$

Momento flettente SLU:

$$M_{\max} = M'_{\max} / n = 0,43 \text{ [kN m]}$$

Taglio SLU:

$$V_{\max} = V'_{\max} / n = 1,34 \text{ [kN]}$$

Verifica a flessione monoassiale (NTC 4.2.4.1.2)

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 1-2:

$$M_{c,Rd} = W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 3:

$$M_{c,Rd} = W_{el,min} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Momento resistente del singolo profilo:

$$M_{c,Rd} = 43,58 \text{ [kN m]}$$

Momento resistente dell'architrave completo:

$$M_{c,Rd} = 87,17 \text{ [kN m]}$$

Verifica a flessione:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,010 < 1$$

Verifica a taglio (NTC 4.2.4.1.2)

La resistenza di calcolo a taglio del singolo profilo vale:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \gamma_{M0} / (3^{0,5}) = 170,13 \text{ [kN]}$$

La resistenza di calcolo a taglio dell'architrave vale:

$$V_{c,Rd} = 340,26 \text{ [kN]}$$

Verifica a taglio:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0,008 < 1$$

VERIFICA DI DEFORMABILITA' DELL'ARCHITRAVE

Carico: peso proprio muratura

$$F_m = w * A * t = 5,00 \text{ [kN/m]}$$

Carico: solaio

$$F_d = (G_{1k} + G_{2k} + Q_k) * i = 11,34 \text{ [kN/m]}$$

Calcolo della freccia elastica architrave

$$f_m = b^4 / nEJ * (5 * F_d / 384 + F_m / 120) = 0,04 \text{ [mm]}$$

limite freccia

$$L / 500 = 2,1 \text{ [mm]}$$

Modulo elastico acciaio

$$E = 210000 \text{ [MPa]}$$

Verifica freccia

$$f_m < L / 500 \text{ ver}$$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI PER CARICHI CONCENTRATI

Le NTC al punto 4.5.6.2 Verifiche agli stati limite ultimi, suggerisce di effettuare le verifiche facendo riferimento a normative di comprovata validità: Eurocodice 6, D.M. 14.09.2005. Di seguito viene condotta la verifica secondo il D.M. 14.09.2005, punto 5.4.6.2.4.

γ_M è il coef. di sicurezza della muratura

$$\gamma_M = 2,5 \text{ [-]}$$

Lunghezza dell'appoggio

$$L_{app} = 300 \text{ [mm]}$$

A_c è l'area di appoggio;

$$A_c = b * l = 27300 \text{ [mm}^2\text{]}$$

f_d è la resistenza di progetto della muratura:

$$f_d = f_m / FC / \gamma_M = 2,15 \text{ [Mpa]}$$

N_{Rdc} è la resistenza di progetto:

$$N_{Rdc} = \beta_c * A_c * f_d = 58,64 \text{ [kN]}$$

N_{dc} è il valore di progetto del carico concentrato (taglio):

$$N_{dc} = V_{\max} = 1,34 \text{ [kN]}$$

Verifica a carico concentrato:

$$N_{dc} / N_{Rdc} = 0,023 < 1$$

β_c è un coefficiente di amplificazione per carichi concentrati, valutato in funzione del tipo di muratura, a favore di sicurezza può essere considerato pari a 1;

PIATTABANDA N. 3

ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE: DATI

SOLLECITAZIONI

Luce netta dell'architrave:	L	<input type="text" value="2400"/>	[mm]
Spessore della muratura sopra l'architrave:	S	<input type="text" value="250"/>	[mm]
Distanza del solaio sovrastante l'architrave dall'architrave stesso:	hq	<input type="text" value="1000"/>	[mm]
Luce del solaio sovrastante l'architrave, nel verso dell'orditura	L,sol	<input type="text" value="4200"/>	[mm]
Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:	G1	<input type="text" value="2,1"/>	[kN/m ²]
Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:	G2	<input type="text" value="1,3"/>	[kN/m ²]

Definire il variabile dovuto all'affollamento:

Cat. A: Ambienti ad uso residenziale

Definire appoggio dell'architrave sulla muratura esistente: L,app [mm]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

profilo	<input type="text" value="IPE 180"/>
Materiale	<input type="text" value="S275 JR"/>
Numero di profili utilizzati per l'architrave:	<input type="text" value="2"/>

TIPOLOGIA DELLA MURATURA

Muratura a blocchi lapidei squadrate

Livello di conoscenza	LC	<input type="text" value="LC1"/>
Fattore di confidenza	FC	<input type="text" value="1,35"/>

OSS: Per il livello LC3 si considerano cautelativamente i valori medi delle caratteristiche meccaniche della muratura.

stato di fatto	Malta buona (solo se la malta è >2MPa)	<input type="text" value="no"/>
	Ricorsi o listature	<input type="text" value="no"/>
	Connessione trasversale	<input type="text" value="no"/>
int. di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	<input type="text" value="no"/>
	Intonaco Armato	<input type="text" value="no"/>
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	<input type="text" value="no"/>
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	<input type="text" value="no"/>
Rigidità fessurata (100% = "non fessurato")		<input type="text" value="100%"/>
Tipo di analisi		<input type="text" value="lineare"/>

Coefficiente di sicurezza γ_m

2

COEFFICIENTE DA UTENTE

Inserire i coefficienti correttivi manualmente?
(Opzione da usare con cautela)

no

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

f_m (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

τ_0 (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

stato di fatto	Malta buona
	Ricorsi o listature
	Connessione trasversale

f_{v0} (N/cm ²)
1
1
1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti
	Muratura armata
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

1
1
1
1

	Malta buona
--	-------------

E (N/mm ²)
1

stato di fatto	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

G (N/mm²)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

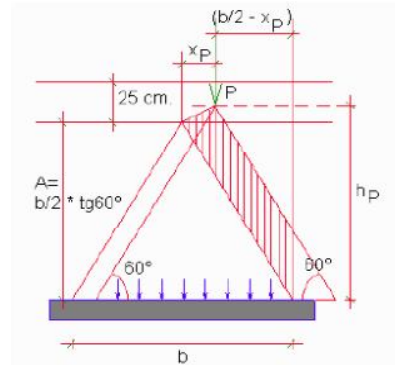
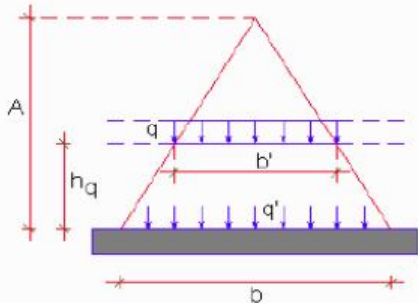
w (kN/m³)

stato di fatto	Malta buona	1
	Ricorsi o listature	1
	Connessione trasversale	1

interventi di consolidamento	Iniezioni di miscele leganti	1
	Muratura armata	1
	Ristilatura armata con connessione dei paramenti	1
	Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	1

CALCOLO DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO SU MURATURA ESISTENTE

Per valutare i carichi agenti sull'architrave vengono seguite le indicazioni della norma DIN 1053 (dicembre 1952). Sostanzialmente il problema viene semplificato ipotizzando che sopra di esso si generi un effetto di volta scaricantesi ai lati, quindi si considerano gravanti solo il peso della porzione di muratura inclusa in un triangolo equilatero al di sopra dell'architrave avente per lato la luce dell'architrave stesso. I carichi uniformemente distribuiti, al di sopra del triangolo di carico, dovuti ad eventuali solai sono trascurati nel calcolo dell'architrave, mentre i carichi dei solai che agiscono all'interno del triangolo di carico si considerano solo per il tratto intercettato dal triangolo di carico. Se entro la luce della trave agiscono carichi concentrati essi dovranno essere considerati ammettendo una distribuzione del carico a 60°, anche se il loro punto d'applicazione è al di fuori del triangolo ma sia tuttavia al di sotto della linea orizzontale posta 25cm al di sopra della sommità del triangolo stesso. Dovrà essere inoltre aggiunto il peso della muratura.



ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULL'ARCHITRAVE

Luce netta dell'architrave:
 Luce di calcolo dell'architrave:
 Altezza del triangolo di carico:
 Spessore della muratura sopra l'architrave:
 Distanza del solaio sovrastante rispetto all'architrave:
 Larghezza di scarico del solaio
 Carichi permanenti strutturali agenti sul solaio:
 Carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio:
 Carichi accidentali agenti sul solaio:
 Luce totale del solaio:
 Interasse
 Carico distribuito
 Carico trasmesso dal solaio sull'architrave:
 Carico trasmesso dalla muratura:
 Peso specifico della muratura

	L =	2400	[mm]
	$b = 1,05 * L$	2520	[mm]
	A =	2182	[mm]
	t =	250	[mm]
	h _q =	1000	[mm]
	b' =	1365	[mm]
	G ₁ =	2,10	[kN/m ²]
	G ₂ =	1,30	[kN/m ²]
	Q _{k,folia} =	2,00	[kN/m ²]
	L _{sol} =	4200	[mm]
	i = L _{sol} / 2 =	2100	[mm]
	F _d = i * (γ _{g1} * G _{1k} + γ _{g2} * G _{2k} + γ _q * Q _{k,folia}) =	16,13	[kN/m]
	F _d * b' / b =	8,74	[kN/m]
	F _m = γ _{g1} * w * t * A =	15,60	[kN/m]
	w =	22	[kN/m ³]

CARATTERISTICHE DELL'ARCHITRAVE IN ACCIAIO

Tipo di profilato
 Numero di profili
 Altezza della sezione trasversale
 Larghezza della sezione trasversale
 Spessore dell'anima
 Spessore delle ali
 Raggio di raccordo
CARATTERISTICHE MECCANICHE
 Altezza tra le ali
 Area della sezione trasversale
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo z
 Area della sezione resistente a taglio agente lungo y
 Momento d'inerzia attorno all'asse forte
 Momento d'inerzia attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte
 Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole
 Momento statico asse baricentrico
 Peso a metro lineare

	IPE 180	S275 JR	
n	2		
h	180,00	[mm]	
b	91,00	[mm]	
t _w	5,30	[mm]	
t _f	8,00	[mm]	
r	9,00	[mm]	
h _i	164,00	[mm]	
A	23,9	[cm ²]	
A _{vz}	11,25	[cm ²]	
A _{vy}	14,56	[cm ²]	
I _{yy}	1317	[cm ⁴]	
I _{zz}	101	[cm ⁴]	
W _{el,yy}	146,3	[cm ³]	
W _{el,zz}	22,2	[cm ³]	
W _{pl,yy}	166,4	[cm ³]	
W _{pl,zz}	34,6	[cm ³]	
S _y	83,2	[cm ³]	
ρ	0,19	[kN/m]	

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio

$$f_y = 275 \quad [\text{MPa}]$$

Tipo di acciaio

$$S275 \text{ JR}$$

Coefficiente ϵ

$$\epsilon = 0,92 \quad [-]$$

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi

$$c = 146,00 \quad [\text{mm}]$$

Spessore dell'anima

$$t_w = 5,30 \quad [\text{mm}]$$

Rapporto tra altezza e spessore

$$c/t_w = 27,55 \quad [-]$$

Classificazione dell'anima per flessione

CLASSE 1

Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi

$$c = 33,85 \quad [\text{mm}]$$

Spessore delle ali

$$t_f = 8,00 \quad [\text{mm}]$$

Rapporto tra semi larghezza e spessore

$$c/t_f = 4,23 \quad [-]$$

Classificazione delle ali per flessione

CLASSE 1

SOLLECITAZIONI

Per il calcolo delle sollecitazioni massime, l'architrave viene assimilato ad una trave semplicemente appoggiata caricata da un carico uniformemente distribuito, dato dalla somma del carico dovuto al solaio e quello dovuto al peso proprio del profilo utilizzato, e da un carico triangolare dovuto al peso proprio della muratura sovrastante.

$$M_{\max} = F_d * b^2 / 8 + p * b^2 / 8 + F_m * b^2 / 12 = 15,39 \quad [\text{kNm}]$$

$$V_{\max} = F_d * b / 2 + p * b / 2 + F_m * b / 4 = 21,15 \quad [\text{kN}]$$

VERIFICA DI RESISTENZA

Numero di profili utilizzati per l'architrave:

$$n = 2$$

Momento flettente SLU:

$$M_{\max} = M'_{\max} / n = 7,69 \quad [\text{kN m}]$$

Taglio SLU:

$$V_{\max} = V'_{\max} / n = 10,57 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a flessione monoassiale (NTC 4.2.4.1.2)

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 1-2:

$$M_{c,Rd} = W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Resistenza di calcolo a flessione retta classe 3:

$$M_{c,Rd} = W_{el,min} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Momento resistente del singolo profilo:

$$M_{c,Rd} = 43,58 \quad [\text{kN m}]$$

Momento resistente dell'architrave completo:

$$M_{c,Rd} = 87,17 \quad [\text{kN m}]$$

Verifica a flessione:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,177 < 1$$

Verifica a taglio (NTC 4.2.4.1.2)

La resistenza di calcolo a taglio del singolo profilo vale:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \gamma_{M0} / (3^{0,5}) = 170,13 \quad [\text{kN}]$$

La resistenza di calcolo a taglio dell'architrave vale:

$$V_{c,Rd} = 340,26 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a taglio:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0,062 < 1$$

VERIFICA DI DEFORMABILITA' DELL'ARCHITRAVE

Carico: peso proprio muratura

$$F_m = w * A * t = 12,00 \quad [\text{kN/m}]$$

Carico: solaio

$$F_d = (G_{1k} + G_{2k} + Q_k) * i = 11,34 \quad [\text{kN/m}]$$

Calcolo della freccia elastica architrave

$$f_m = b^4 / nEJ * (5 * F_d / 384 + F_m / 120) = 1,81 \quad [\text{mm}]$$

limite freccia

$$L / 500 = 5,04 \quad [\text{mm}]$$

Modulo elastico acciaio

$$E = 210000 \quad [\text{MPa}]$$

Verifica freccia

$$f_m < L / 500 \quad \text{ver}$$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI PER CARICHI CONCENTRATI

Le NTC al punto 4.5.6.2 Verifiche agli stati limite ultimi, suggerisce di effettuare le verifiche facendo riferimento a normative di comprovata validità: Eurocodice 6, D.M. 14.09.2005. Di seguito viene condotta la verifica secondo il D.M. 14.09.2005, punto 5.4.6.2.4.

γ_M è il coef. di sicurezza della muratura

$$\gamma_M = 2,5 \quad [-]$$

Lunghezza dell'appoggio

$$L_{app} = 300 \quad [\text{mm}]$$

A_c è l'area di appoggio;

$$A_c = b * l = 27300 \quad [\text{mm}^2]$$

f_d è la resistenza di progetto della muratura:

$$f_d = f_m / FC / \gamma_M = 2,15 \quad [\text{Mpa}]$$

N_{Rdc} è la resistenza di progetto:

$$N_{Rdc} = \beta_c * A_c * f_d = 58,64 \quad [\text{kN}]$$

N_{dc} è il valore di progetto del carico concentrato (taglio):

$$N_{dc} = V_{\max} = 10,57 \quad [\text{kN}]$$

Verifica a carico concentrato:

$$N_{dc} / N_{Rdc} = 0,180 < 1$$

β_c è un coefficiente di amplificazione per carichi concentrati, valutato in funzione del tipo di muratura, a favore di sicurezza può essere considerato pari a 1;

4. Progetto e verifica nuova cerchiatura in acciaio

La realizzazione del nuovo vano al piano secondo in prossimità della scala di collegamento verticale, necessità della realizzazione di telaio chiuso in acciaio, di rigidità e resistenza tali da ripristinare la condizione preesistente. Questo concetto viene ripreso anche dalle NTC 2018 (punto 8.7.4) e dalla Circolare applicativa n. 7/2019 che al punto C8.7.4.1 recita: “Nel caso di realizzazione di nuove aperture in pareti esistenti, per far fronte alla diminuzione della capacità resistente della parete e all’aumento della sua deformabilità, può essere necessario prevedere rinforzi in grado di collaborare con la muratura esistente attraverso opportune connessioni ripristinando, per quanto possibile, la condizione dell’intera parete in atto prima della realizzazione dell’apertura”.

Tale diminuzione delle capacità della muratura non sono tanto legate alla geometria della porzione che viene asportata, quanto invece alla geometria della parete che rimane ossia quella nello “stato finale” cioè ad apertura effettuata.

Le perdite di rigidità e di resistenza dovute alla realizzazione di un varco, si calcolano quindi come differenza tra i corrispondenti valori delle pareti calcolati nella situazione iniziale e quelli nella situazione finale. A volte, erroneamente, le perdite di rigidità e resistenza vengono calcolate prendendo a riferimento la porzione di muratura da asportare, considerandola, al solito, come una parete vincolata alla “Grinter”; questo procedimento non è corretto perché a parità di larghezza del varco da effettuare, si ha l’assurdo che ad una minore altezza dello stesso corrisponde una maggiore richiesta di rinforzo della parete ossia ad una minore quantità di parete asportata corrisponde un maggior rinforzo da mettere in atto.

Le verifiche per la realizzazione di un’apertura in muro esistente qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità della messa in opera di sistemi costruttivi che garantiscano continuità con il comportamento strutturale originario.

- Il primo criterio è di ripristino della rigidità secondo le indicazioni previste dalla Circolare 7 del 2019, dove viene richiesto che tale rigidità non venga variata significativamente. Ai fini progettuali del seguente documento il limite ‘significativo’ di modifica della rigidità del pannello murario è assunto pari al 15% della rigidità originaria; tale limite è assunto da fonti bibliografiche e normative (Linee Guida Regione Toscana ‘Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti’). La valutazione della rigidità è

condotta mediante la seguenti espressioni. Rigidezza della parete in muratura in corrispondenza dell'apertura:

$$K_m = \frac{G l t}{1,2 h} \frac{1}{1 + \frac{G}{1,2 E_m} \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

con:

G modulo di elasticità tangenziale l lunghezza della parete t spessore della parete h altezza di calcolo

Em modulo di elasticità della muratura

Rigidezza del telaio di rinforzo in corrispondenza dell'apertura:

$$K_t = 2 \frac{12 E J}{h^3}$$

con:

E modulo di elasticità dell'acciaio J momento di inerzia di un singolo montante h altezza di calcolo

• Il secondo criterio adottato prevede il ripristino della resistenza alle azioni orizzontali del pannello murario, per questo motivo la resistenza a taglio della muratura originaria è individuata tra il minimo valore della resistenza a taglio per rottura a pressoflessione o per taglio. La resistenza del telaio è valutata in conseguenza dell'applicazione di forze orizzontali e quindi per l'azione tagliente che è in grado di sviluppare al raggiungimento della resistenza ultima a flessione. Resistenza del pannello murario:

$$\min: \left(V_{m,pf} = \frac{l^2 t \sigma_0}{h} \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 f_m} \right) ; V_{m,t} = l t \frac{1,5 \tau_0}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_0}} \right)$$

con:

l lunghezza della parete t spessore della parete b coefficiente correttivo ($b = h/l$, $1 < b < 1,5$)

h altezza di calcolo

σ_0 sforzo di compressione

τ_0 resistenza tangenziale

f_m resistenza a compressione

Resistenza del telaio di rinforzo:

$$V_r = 2 \frac{2 f_{yk} W}{\gamma_{M0} h}$$

con:

f_{yk} resistenza a snervamento dell'acciaio

W modulo di resistenza elastico di un singolo montante

γ_{M0} coefficiente parziale di sicurezza per strutture in acciaio

h altezza di calcolo

- Il terzo criterio riguarda le capacità del pannello murario ed il comportamento dello stesso sia in campo elastico che plastico; lo scopo è di garantire che il rinforzo in opera non irrigidisca troppo la muratura, ma che ripristini le capacità del pannello originario per il suo spostamento ultimo.

Capacità in spostamento del pannello murario al limite elastico e plastico, rispettivamente: per rottura a taglio per rottura a flessione Capacità in spostamento del telaio di rinforzo: Qui di seguito vengono analizzati quindi i singoli interventi di rinforzo.

Dati Muratura prima dell'intervento									
Tipologia Muratura				Livello Conoscenza			Coefficienti correttivi		
Murature a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)				LC1			Nessuno		
Tabella C8A.2.1 NTC 2008									
f_m		τ_o		E		G		w	
[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/m ³]	
10,37		0,21		4000,00		1333,33		1600,00	
Combinazione di carico par. 2.5.4 NTC 2008									
Categoria A - Residenziale				Ψ_{0j}		Ψ_{1j}		Ψ_{2j-s}	
				0,7		0,5		0,3	
Analisi dei carichi		Unità	G1	G2	Q	Q _d	Quantità	P [daN]	
Solaio di copertura		daN/mq	230	130	200	420	28,3553	11909,226	
Maschio piano 2		daN/mc	1580	50	0	1630	9,6879	15791,277	
Solaio piano 2		daN/mq	230	130	200	420	28,3553	11909,226	
Maschio piano 1		daN/mc	1580	50	0	1630	13,2927	21667,101	
		daN/mc	0	0	0	0	0	0	
		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
							Totale	61276,83	
Dati generali del setto Stato di Fatto									
Setto	L [cm]	t [cm]	h [cm]	ρ [daN/cm ³]	K_0 [daN/cm]	V_u [daN]	δ_{u-ante} [cm]	δ [cm]	F_{u-ante} [daN]
Maschio 1	342	25	297	3,39	26446	9177	1,19	0,35	9177
Apertura 1	130	25	260						
Maschio 2	388	25	297	3,3275	31209,21	3897989,5	10320,4865	0,33	1,188
Apertura 2	0	0	0						
Maschio 3	0	0	0						
Apertura 3	0	0	0						
Maschio 4	0	0	0						
Comportamento globale della muratura					57655,56		1,19	0,33	19497,34

Dati Muratura dopo l'intervento									
Tipologia Muratura					Livello Conoscenza		Coefficienti correttivi		
Murature a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)					LC1		Nessuno		
#RIF!									
f_m		τ_o		E		G		w	
[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/cm ²]		[daN/m ³]	
10,37		0,21		4000,00		1333,33		1600,00	
Combinazione di carico par. 2.5.4 NTC 2008									
Categoria A - Residenziale				Ψ_{0j}		Ψ_{1j}		Ψ_{2j-s}	
				0,7		0,5		0,3	
#RIF!		0	0	0	0	Q_d	Quantità	P [daN]	
Solaio di copertura		daN/mq	230	130	200	420	28,3553	11909,226	
Maschio piano 2		daN/mc	1580	50	0	1630	9,6879	15791,277	
Solaio piano 2		daN/mq	230	130	200	420	28,3553	11909,226	
Maschio piano 1		daN/mc	1580	50	0	1630	13,2927	21667,101	
0		daN/mc	0	0	0	0	0	0	
0		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
0		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
0		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
0		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
0		daN/mq	0	0	0	0	0	0	
							Totale	61276,83	
Dati generali del setto Progetto									
Setto	L [cm]	t [cm]	h [cm]	f [daN/cm]	K_0 [daN/cm]	V_u [daN]	δ_{u-post} [cm]	δ [cm]	F_{u-ANTE} [daN]
Maschio 1	50	25	297	5,70	433	424	1,78	0,98	424
Apertura 1	100	25	260						
Maschio 2	192	25	297	4,56	10787	3938	1,19	0,37	3938
Apertura 2	130	25	260						
Maschio 3	176	25	297	5,12	9191	3812	1,19	0,41	3812
Apertura 3	150	25	260						
Maschio 4	62	25	297	6,30	786	582	1,78	0,74	582
Comportamento globale della muratura					21197,45		1,19	0,37	8755,89

Dati Cerchiatura in acciaio

Dati di calcolo generali

Lim. K_0 [%]	ΔK_0 [daN/cm]	ΔK_0 [%]	$\Delta K_{0\text{manc.}}$ [daN/cm]	Larg. Ap. [cm]	Alt. Ap. 1 [cm]	Larg. Ap. 2 [cm]	Alt. Ap. 2 [cm]	Larg. Ap. 3 [cm]	Alt. Ap. 3 [cm]
10,00%	-36458,11	-63,23%	-30692,56	100,00	260,00	130,00	260,00	150,00	260,00

Acciaio

Tipo acciaio S	f_{yk} [daN/cm ²]	γ_{M0}	E_s [daN/cm ²]
275	2750	1,05	2100000

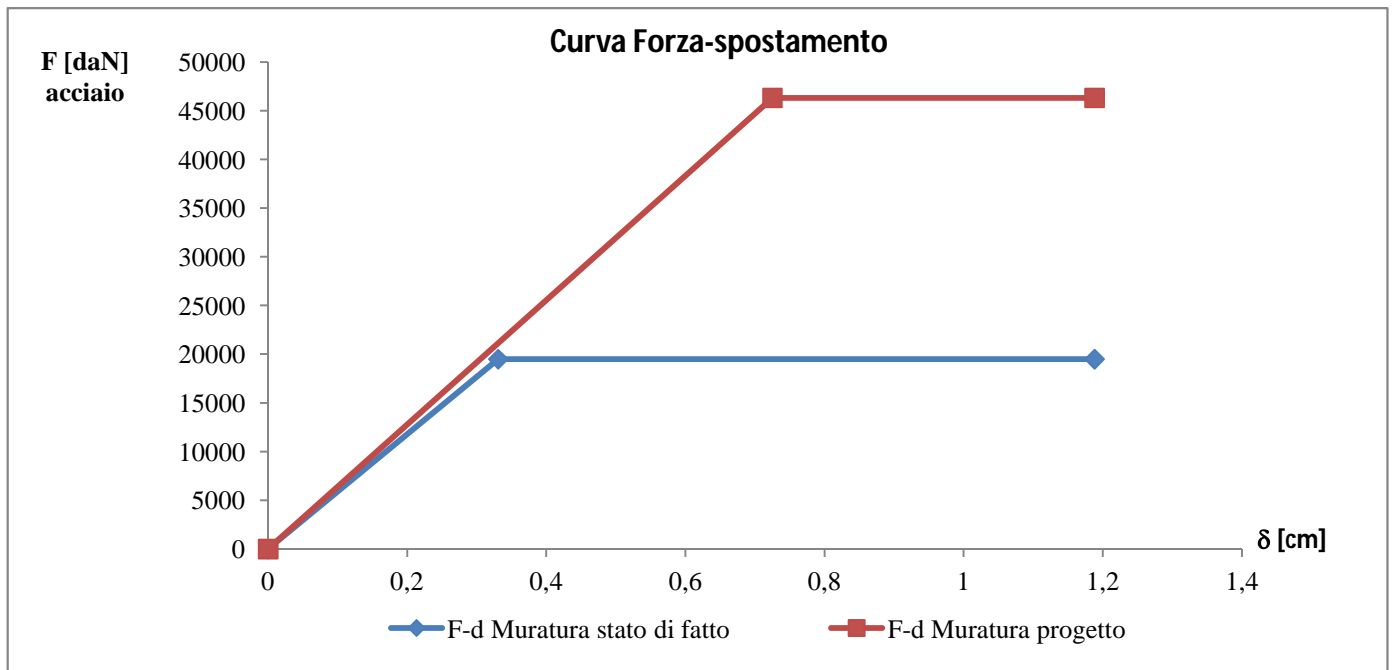
Profilati per colonne

Tipo profilato	Profilo	N. profili	W [cm ³]	A [cm ²]	b [cm]	h [cm]	t_{ala} [cm]	t_{anima} [cm]
HB	HE 160 B	2	155,40	31,42	14,00	13,30	0,85	0,55

Verifiche colonne

K_{0-MUR} [daN/cm]	K_{0-CER} [daN/cm]	K_{0-TOT} [daN/cm]	F_{u-MUR} [daN]	F_{u-CER} [daN]	F_{u-POST} [daN]
21197,45	42700,97	63898,42	8755,89	37569,23	46325,12

Verifica tolleranza rigidità finale	$\Delta K_{0-TOT} \geq 10\%$	Verifica	10,83%	Soddisfatta
Verifica confronto resistenza ultima (Dopo/Prima)	$F_{u-POST} \geq F_{u-ANTE}$	Verifica		Soddisfatta
Verifica confronto spostamenti ultimi (Dopo/Prima)	$\delta_{u-post} \geq \delta_{u-ante}$	Verifica		Soddisfatta
Rottura della muratura		Presso-flessione		



PIATTABANDA 1		PIATTABANDA 2		PIATTABANDA 3	
Tipo acciaio S	355	Tipo acciaio S	275	Tipo acciaio S	275
E_s [daN/cm ²]	2100000	E_s [daN/cm ²]	2100000	E_s [daN/cm ²]	2100000
γ_{M0}	1,05	γ_{M0}	1,05	γ_{M0}	1,05
Profilo scelto	HE 120 A	Profilo scelto	HE 120 A	Profilo scelto	HE 120 A
f_{yk} [daN/cm ²]	3550	f_{yk} [daN/cm ²]	2750	f_{yk} [daN/cm ²]	2750
Inerzia I [cm ⁴]	606,2	Inerzia I [cm ⁴]	606,2	Inerzia I [cm ⁴]	606,2
W [cm ³]	106,3	W [cm ³]	106,3	W [cm ³]	106,3
A [cm ²]	25,34	A [cm ²]	25,34	A [cm ²]	25,34
b [cm]	12	b [cm]	12	b [cm]	12
h [cm]	11,4	h [cm]	11,4	h [cm]	11,4
t_{ala} [cm]	0,8	t_{ala} [cm]	0,8	t_{ala} [cm]	0,8
t_{anima} [cm]	0,5	t_{anima} [cm]	0,5	t_{anima} [cm]	0,5
Lunghezza [cm]	86,7	Lunghezza [cm]	116,7	Lunghezza [cm]	136,7
Numero profili	2	Numero profili	2	Numero profili	2

Verifica SLE q. perm. NTC 2008		Verifica SLE q. perm. NTC 2008		Verifica SLE q. perm. NTC 2008	
$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40	$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40	$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40
$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148	$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148	$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148
G_{2_solaio} [daN/m]	1187	G_{2_solaio} [daN/m]	1187	G_{2_solaio} [daN/m]	0
Q_{solaio} [daN/m]	659	Q_{solaio} [daN/m]	659	Q_{solaio} [daN/m]	0
	1573		1573		188
Freccia massima L/500 [cm]	0	Freccia massima L/500 [cm]	0	Freccia massima L/500 [cm]	0
Freccia in esercizio [cm]	0	Freccia in esercizio [cm]	0	Freccia in esercizio [cm]	0
	Soddisfatta		Soddisfatta		Soddisfatta

Verifica SLU fondamentale NTC 2008		Verifica SLU fondamentale NTC 2008		Verifica SLU fondamentale NTC 2008	
$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40	$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40	$G_{1_profilo}$ [daN/m]	40
$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148	$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148	$G_{2_muratura}$ [daN/m]	148
G_{2_solaio} [daN/m]	1187	G_{2_solaio} [daN/m]	1187	G_{2_solaio} [daN/m]	0
Q_{solaio} [daN/m]	659	Q_{solaio} [daN/m]	659	Q_{solaio} [daN/m]	0
Carico Q_d [daN/m]	3043	Carico Q_d [daN/m]	3043	Carico Q_d [daN/m]	274
$M_{max-camp-inc-inc}$ [daNcm]	9532	$M_{max-camp-inc-inc}$ [daNcm]	17269	$M_{max-camp-inc-inc}$ [daNcm]	2131
$M_{max-app-inc-inc}$ [daNcm]	19064	$M_{max-app-inc-inc}$ [daNcm]	34539	$M_{max-app-inc-inc}$ [daNcm]	4263
$M_{max-camp-app-app}$ [daNcm]	28595	$M_{max-camp-app-app}$ [daNcm]	51808	$M_{max-camp-app-app}$ [daNcm]	6394
V_{max} [daN]	1319	V_{max} [daN]	1776	V_{max} [daN]	187
σ [daN/cm ²]	135	σ [daN/cm ²]	244	σ [daN/cm ²]	30
τ [daN/cm ²]	137	τ [daN/cm ²]	184	τ [daN/cm ²]	19
σ_{id} [daN/cm ²]	272	σ_{id} [daN/cm ²]	401	σ_{id} [daN/cm ²]	45
	Soddisfatta		Soddisfatta		Soddisfatta

Conclusioni

La presente relazione propone lo studio di un intervento su un edificio esistente in muratura con l'obiettivo di garantire i livelli di sicurezza attuali nel rispetto architettonico e dei materiali che tale edificio presenta. Infatti, soprattutto per edifici in muratura aventi una certa età, nei decenni si instaurano degli equilibri molto delicati all'interno della costruzione i quali possono essere stravolti se non si interviene in modo adeguato e cosciente. In base a tale osservazione, sono stati immediatamente esclusi interventi molto invasivi.

Gli interventi introdotti risultano essere economicamente poco influenti mentre in termini di sicurezza strutturale risultano essere molto efficaci.

Dalle analisi svolte si può stabilire che gli interventi previsti dalla denuncia dei lavori che incidono su singoli elementi della costruzione, non producono sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme.

La valutazione della sicurezza ci permette di stabilire infine che l'uso della costruzione possa continuare senza che debba essere modificato l'uso o applicare limitazioni. Inoltre non risulta necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante altri interventi.

IL TECNICO
(Ing. *Naclerio Antonio*)

