



**COMUNE DI RAVENNA**  
AREA INFRASTRUTTURE CIVILI  
**SERVIZIO EDILIZIA**



Sistema di Qualità certificato per  
Progettazione, programmazione,  
affidamento, direzione lavori  
dei lavori pubblici  
e delle manutenzioni ordinarie;  
gestione espropri.

**PARCO 1° MAGGIO – PINETA DI CLASSE – FOSSO GHIAIA**

**INTERVENTO: RIFUNZIONALIZZAZIONE E RESTAURO DELL'EDIFICIO DENOMINATO CA' AIE  
ADIACENTE ALLA CASA DEL CUSTODE  
PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**



Segretario Generale DOTT. PAOLO NERI		Assessore ai LL.PP.: ROBERTO GIOVANNI FAGNANI		Sindaco MICHELE DE PASCALE	
Capo Servizio: Ing. CLAUDIO BONDI			Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI		
Firme:					
<b>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Claudio Bondi</b>					
PROGETTISTA COORDINATORE: Arch. Michele Berti					
COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE: Arch. Michele Berti					
PROGETTISTA OPERE EDILI: Arch. Michele Berti					
COLLABORATORE DI PROGETTO: Arch. Sara Gagliardi					
Geom. Silvia Galassini					
Geom. Lamberto Corbara					
Geom. Patrizia Cicognani					
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI: Ing. Elisa Trombini					
PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI: P.I. Andrea Mazzoni					
PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI: Ing. Michela Marchetti					
RILIEVI ED ELABORAZIONE GRAFICA: Geom. Serena Franzel					
I.P. Claudia Majoli					
0	EMISSIONE	E.Trombini	M. Berti	C.Bondi	
Rev	Descrizione	Redatto:	Controllato	Approvato:	Data:

ELABORATO:

**16 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**

Codice Intervento:	Codice Edificio:	Codice Fase:	Codice Elaborato:
<b>Fascicolo: 133/2016</b>	<b>E001</b>	<b>DE</b>	<b>RCS</b>
Scala:	File:	Data:	Revisione:
<b>/</b>	E001 2016 06.05 133-DE-RCS-R0	<b>SETTEMBRE 2018</b>	<b>R0</b>



# 0. INDICE DEGLI ELABORATI

<b>0. INDICE DEGLI ELABORATI .....</b>	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....</b>	<b>4</b>
2.1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE .....	4
a) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO.....	4
b) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA.....	4
c) NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI .....	5
d) PARAMETRI DI PROGETTO .....	5
e) MATERIALI .....	10
f) ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE.....	11
g) INDICAZIONI DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI.....	14
h) INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI.....	15
i) CRITERI DI VERIFICA.....	15
j) RAPPRESENTAZIONE DEFORMATE E SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE.....	15
k) CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO.....	17
l) STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	18
m) CATEGORIA DI INTERVENTO E MOTIVAZIONE SCELTA ADOTTATA .....	19
n) ANALISI STORICO CRITICA ED ESITI DEL RILIEVO GEOMETRICO- STRUTTURALE.....	19
o) LIVELLO DI CONOSCENZA, FATTORE DI CONFIDENZA E PROPRIETA' MECCANICHE DEI MATERIALI ESISTENTI.....	20
p) CONFRONTO STATO ATTUALE E DI PROGETTO .....	20
2.2. TABULATI DI CALCOLO E VERIFICHE .....	22
<b>3. RELAZIONE SUI MATERIALI .....</b>	<b>93</b>
<b>4. ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI .....</b>	<b>94</b>
<b>5. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA .....</b>	<b>95</b>
5.1. MANUALE D'USO.....	95
5.2. MANUALE DI MANUTENZIONE.....	96
TRAVI IN LEGNO.....	100
5.3. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	102
TRAVI IN LEGNO.....	106
<b>6. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI .....</b>	<b>110</b>
6.1. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....	110
6.2. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DEL TERRENO.....	110
6.3. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA 'PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE' DEL SITO DI COSTRUZIONE.....	110
<b>7. ELABORATI GRAFICI DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>110</b>

<b>8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA.....</b>	<b>112</b>
<b>9. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>114</b>

# 1. PREMESSA

Il progetto prevede interventi di restauro dell'edificio denominato Cà Aie sita all'interno del Parco I° Maggio della Pineta di Classe in località Fosso Ghiaia di Ravenna.

La presente relazione tecnica viene redatta per lo svolgimento del progetto definitivo/esecutivo relativo al restauro dell'intero edificio mediante interventi sulle pareti portanti, il rinforzo delle fondazioni, la demolizione e ricostruzione del solaio di piano e della copertura e la realizzazione di una nuova scala interna.

Gli interventi in progetto rientrano al punto 8.4.3 c) delle NTC, pertanto sarebbero inquadrabili come "interventi di adeguamento", ma l'edificio ricade tra i beni di interesse culturale e pertanto ai sensi del DLgs 22/01/2004 n.42 art.29 comma 4, per l'edificio in oggetto ci si limiterà ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza allo stato attuale.

L'edificio denominato Cà Aie, con struttura portante in muratura ordinaria, presenta pianta iscrivibile in un rettangolo con dimensioni massime planimetriche pari a 12.60x17.55m a due piani fuori terra. L'edificio presenta una porzione a quota più elevata, con altezza massima in gronda pari a circa 6.0m dal piano campagna, e una zona (sempre a due piani fuori terra) ma di altezza leggermente più bassa, con altezza massima in gronda pari a circa 5.50m. sul fronte del fabbricato è presente un portico coperto che si sviluppa lungo tutta la facciata. I solai di piano sono in legno e tavolato, le coperture sono in legno e tavelle e le fondazioni sono di tipo continuo in muratura e solo in alcune zone presentano un allargamento rispetto allo spessore delle pareti soprastanti.

## **2. RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**

### ***2.1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE***

#### ***a) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO***

Il fabbricato oggetto di intervento si trova all'interno della pineta di Classe, parco I° Maggio in località Fosso Ghiaia. Questo territorio della pianura presenta pendenza media  $<15^\circ$  per cui non sono previsti effetti di amplificazione legati alla topografia. Il fattore  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica) è valutato quindi pari a 1.0.

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito si rimanda al capitolo 6 della presente relazione.

#### ***b) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA***

Il progetto prevede i seguenti interventi:

- rinforzo e consolidamento delle fondazioni esistenti mediante realizzazione di cordoli in c.a. laterali rispetto alla base dei muri collegati tra loro da una soletta in c.a. di spessore pari a 10 cm armata con rete elettrosaldata, collegata ai muri stessi;
- consolidamento dei muri esistenti mediante interventi di scuci-cuci, risarciture localizzate, ispessimento, spicconatura e rifacimento dell'intonaco e si interverrà, inoltre sulle pareti portanti realizzando nuove aperture e chiudendone nel contempo altre (totalmente o parzialmente) attraverso l'utilizzo di elementi in laterizio di tipo pieno ben ammorsati alle strutture esistenti in modo tale da ripristinare la continuità muraria;
- demolizione del solaio esistente in legno di piano primo e sua ricostruzione con struttura portante in legno e cemento. In particolare i nuovi solai saranno formati da travi in legno massello, tavolato singolo e soletta di sp. 5cm in cemento alleggerito armato con rete elettrosaldata  $\phi 6$  maglia 20x20cm opportunamente collegata alle travi in legno mediante connettori e opportunamente collegata alle pareti perimetrali mediante spinotti innestati a resina (riferimento "Conessioni a taglio nelle murature" Tengattini C.G., Marini A. Giuriani E. 2006), in modo da realizzare un diaframma in grado di ripartire delle azioni orizzontali fra i muri di controventamento;
- demolizione della scala esistente di collegamento tra piano terra e piano primo e rifacimento della stessa in acciaio nella stessa zona della scala originaria;

- il nuovo solaio che si andrà a realizzare in corrispondenza del vano scala sarà di tipo misto acciaio-calcestruzzo; in particolare saranno previste travi in acciaio, tavolato singolo e soletta di sp. 5cm in cemento alleggerito armato con rete elettrosaldata  $\phi 6$  maglia 20x20cm opportunamente collegata alle travi in acciaio mediante connettori e opportunamente collegata alle pareti perimetrali mediante spinotti innestati a resina (riferimento “Connessioni a taglio nelle murature” Tengattini C.G., Marini A. Giuriani E. 2006), in modo da realizzare un diaframma in grado di ripartire delle azioni orizzontali fra i muri di controventamento;
- demolizione di tutti i controsoffitti in cannucciato in avanzato stato di degrado;
- demolizione della copertura esistente e ricostruzione della stessa in legno massello con orditura principale nel senso non spingente, travicelli e tavelle; l’impalcato sarà adeguatamente collegato ai muri mediante barre e cordoli formati da piattine metalliche.
- miglioramento del comportamento scatolare del fabbricato mediante l’inserimento di piattine metalliche a cordolatura del solaio, disposte a coronamento della sommità dei muri e collegate ad essi con barre innestate a resina;

A margine di tali interventi saranno eseguite anche alcune modifiche sulla disposizione dei muri divisorii di tamponamento mediante demolizioni e nuove costruzioni.

Gli interventi di rinforzo delle pareti, quali la ristilatura dei giunti e rifacimento dell’intonaco sarà eseguito solo al piano terra. Al piano primo gli unici interventi sulle pareti saranno la modifica delle aperture e la chiusura di cavità con la tecnica del cuci-scuci.

#### c) *NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI*

- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle “*Norme tecniche delle costruzioni*”
- Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 “*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”
- La progettazione è stata redatta nella piena osservanza delle Leggi 64/74 e 1086/71 e dei relativi decreti attuativi.

#### d) *PARAMETRI DI PROGETTO*

In considerazione della ordinarietà delle opere si assume:

- *vita nominale  $V_N = 50$  anni;*
- *classe d’uso II;*
- *periodo di riferimento  $V_R = 50$ anni*
- *categoria sottosuolo D;*

- categoria topografica  $T1$ ;
- amplificazione topografica  $S_s=1.771$   
 $C_c=2.354$

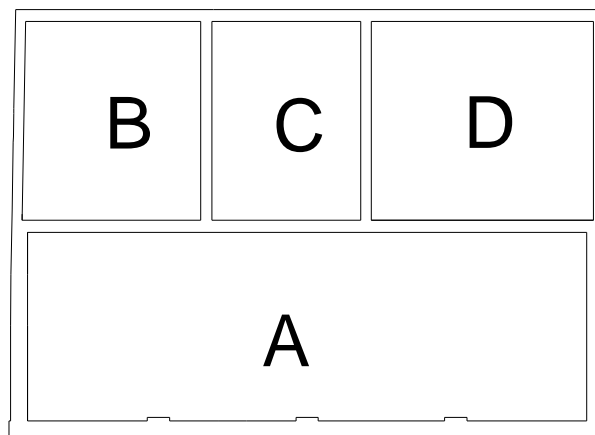
L'intervento è ubicato in zona sismica 3:

- Sito di costruzione: Parco I° Maggio, Pineta di Classe – Fosso Ghiaia (Ravenna)  
 LON. 12.265049- LAT. 44.358296

*Foto aerea*



AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE  
 STATO ATTUALE





**Copertura A - D:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi diagonali	22	
	- travi 16x12 i=100cm	12	
	- travetti 8x4 i=32cm	6	
	- tabelle	54	
	-permanenti non strutturali		
	- coppi	80	kg/mq
	- carichi variabili (neve)	120	"

**Copertura B-C:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- trave 25x25	21	
	- travi 18x18 i=100cm	20	
	- travetti 8x4 i=32cm	6	
	- tabelle	54	
	-permanenti non strutturali		
	- coppi	80	kg/mq
	- controsoffitto canniciato	35	
	- carichi variabili (neve)	120	"

**Solaio piano primo A - D:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi i=vario	35	
	- tavolato	18	
	-permanenti non strutturali	/	kg/mq
	- carichi variabili (cat. A)	200	"

**Solaio piano primo B-C:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi principali (circa 15x30 i=vario)	19	
	- travi secondarie (circa 15x30 i=vario)	19	
	- tavolato	18	
	-permanenti non strutturali		kg/mq
	- sabbia (2-3cm)	42	
	- pavimento in laterizio	54	
	- tramezzi	120	
	- carichi variabili (cat. A)	200	"

Attualmente in corrispondenza dei solai A e D sono presenti le sole travi in legno principali, ma per la presenza di finestre, porte di accesso e camini si ritiene che la demolizione parziale di tali aree sia avvenuto in tempi relativamente recenti, e che originariamente tali zone fossero normalmente fruibili, per cui nell'analisi dei carichi per i solai A e D sono stati considerati i soli pesi delle travi e del tavolato e i carichi variabili, non sono stati considerati pesi non strutturali derivanti da sottofondi e pavimenti anche se si ritiene fossero congruenti a quelli presenti nei vani B e C.

STATO DI PROGETTO

**Copertura A - D:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi diagonali 30x35	16	
	- travi 20x20 i=100cm	24	
	- travetti 8x8 i=32cm	12	
	- tabelle	54	
	-permanenti non strutturali		kg/mq
	- coppi	80	
	- isolante	15	
	- carichi variabili (neve)	120	"

**Copertura B-C:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi 20x25 i=100cm	30	
	- travetti 8x8 i=32cm	12	
	- tabelle	54	
	-permanenti non strutturali		
	- coppi	80	kg/mq
	- isolante	15	
	- carichi variabili (neve)	120	"

**Solaio piano primo A – B – D:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi 25x25 i=(105-110-125cm)	36	
	- tavolato sp.2.5cm	12	
	- soletta in cls alleggerito	88	
	-permanenti non strutturali		kg/mq
	- massetto impianti	50	
	- massetto + pavimento	150	
	- carichi variabili (cat. B2)	300	"

**Solaio piano primo C:**

analisi dei carichi:	- peso proprio		kg/mq
	- travi in acciaio (circa 430kg)	30	
	- tavolato sp.2.5cm	12	
	- soletta in cls alleggerito	88	
	-permanenti non strutturali		kg/mq
	- massetto impianti	50	
	- massetto + pavimento	150	
	- carichi variabili (cat. B2)	300	"

Variazione carichi in fondazione:

STATO ATTUALE:

Murature: (tot. 351695.50kg)

piano terra:

$$[(17.20*2+6.15*4)*0.3*3.21+(5.50*2+17.35)*0.45*3.46+5.8*0.15*3.21]*1800=186751.20\text{kg}$$

piano primo:

$[(11.45*0.3*2.12)+(17.30*0.3*4.16)+(6.15*0.3*(4.16+2.12)/2)*2+(5.80*0.3*2.85)+(6.15*0.3*(2.85+4.55)/2)*2+(5.50*0.45*(4.16+1.90)/2)*2+(17.35*0.45*1.90)+5.80*0.15*(4.16+2.12)/2]*1800=164944.30\text{kg}$

Aperture: (tot. 46573.87kg)

piano terra:

$[(0.8*0.8*4+0.8*0.4+0.7*2.50+0.86*2.36+1.05*2.05+1.2*2.05+0.8*2.05*2+0.7*1.96)*0.3+(3.50*2.95+3.50*2.6*2+2.04*2.73)*0.45+0.7*2*0.15]*1800=36593.32\text{kg}$

piano primo:

$[(0.85*1.45+0.55*0.9+0.8*1.2+0.85*1.65*2+0.8*2+0.7*2+0.9*1.8)*0.3+(0.8*0.9*2+1.5*2)*0.45+(0.7*1.6+0.92*2.5)*0.15]*1800=9980.55\text{kg}$

Solaio piano primo: (tot. 55266.40kg)

A:  $(35+18+200)*89.90=22744.70\text{kg}$

B:  $(19+19+18+42+54+200)*30=10560\text{kg}$

C:  $(19+19+18+42+54+120+200)*20.5=9676\text{kg}$

D:  $(35+18+200)*37.70=9538.10\text{kg}$

Scala:  $(120+400)_{\text{pedata}}*4.73+(120)_{\text{alzata}}*2.4=2747.60\text{kg}$

Copertura: (tot. 63111.30kg)

A:  $(22+12+6+54+80+120)*103.00=30282\text{kg}$

B:  $(20+6+54+80+35+120)*34.60=10899\text{kg}$

C:  $(21+20+6+54+80+35+120)*28.30=9508.80\text{kg}$

D:  $(22+12+6+54+80+120)*42.25=12421.50\text{kg}$

**TOTALE:**  $351695.50-46573.87+55266.40+63111.30=423499.30\text{kg}$

STATO DI PROGETTO :

Murature: (tot. 341751.40kg)

piano terra:  $[(17.20*2+6.15*4)*0.3*3.21+(5.50*2+17.35)*0.45*3.46]*1800=181724.30\text{kg}$

piano primo:

$[(11.45*0.3*2.12)+(17.30*0.3*4.16)+(6.15*0.3*(4.16+2.12)/2)*2+(5.80*0.3*2.85)+(6.15*0.3*(2.85+4.55)/2)*2+(5.50*0.45*(4.16+1.90)/2)*2+(17.35*0.45*1.90)]*1800=160027.10\text{kg}$

Aperture: (tot. 47390.89kg)

piano terra:

$[(0.8*0.8*5+0.7*2.50+0.86*2.36+1.05*2.05+1.2*2.05+0.8*2.05*3)*0.3+(3.50*2.95+3.50*2.6*2+2.04*2.73)*0.45]*1800=36537.64\text{kg}$

piano primo:

$[(0.85*1.45+0.80*0.9*2+0.8*1.25+0.85*1.65*2+0.8*2.1*2+0.9*2.10)*0.3+(0.8*0.9*2+1.5*2+0.85*1.45)*0.45]*1800=10816.65\text{kg}$

Solaio piano primo: (tot. 109808.70kg)

A:  $(30+12+88+200+300)*89.90=56637\text{kg}$

B:  $(34+12+88+200+300)*30=19020\text{kg}$

C:  $(30+12+88+200+300)*16.15=10174.5\text{kg}$

D:  $(36+12+88+200+300)*37.70=23977.2\text{kg}$

Scala:  $(40+120+400)*10.08=5644.80\text{kg}$

Copertura: (tot. 66187.15kg)

A:  $(16+24+12+54+15+80+120)*103.00=33063\text{kg}$

B:  $(30+12+54+15+80+120)*34.60=10760.6\text{kg}$

C:  $(30+12+54+15+80+120)*28.30=8801.30\text{kg}$

D:  $(16+24+12+54+15+80+120)*42.25=13562.25\text{kg}$

**TOTALE:**  $341751.40+47354.29+109808.7+66187.15= 470392.96\text{kg}$

**TOTALE PROGETTO/TOTALE ATTUALE =  $470392.96/423499.30 = 1.110$**  -> incremento dei carichi in fondazione pari al 11%

Si sottolinea che l'incremento di carico superiore al 10% in fondazione e che comporterebbe l'adeguamento del fabbricato è dovuto principalmente alla somma di due scelte operative: non considerare a piano primo i pesi non strutturali allo stato attuale per i solai A e D e considerare tutto il piano primo accessibile, anche nelle zone in cui l'altezza di interpiano è inferiore a 180cm. Se allo stato attuale si fossero considerati i pesi non strutturali per i solai A e D pari a quelli dei solai B e C l'incremento di carico in fondazione sarebbe stato pari al 8% e si sarebbe ridotto ulteriormente se non si fossero considerati i carichi accidentali nelle porzioni di solaio di piano primo in corrispondenza di altezze di interpiano <180cm.

In ogni caso l'edificio ricade tra i beni di interesse culturale e pertanto ai sensi del DLgs 22/01/2004 n.42 art.29 comma 4, per l'edificio in oggetto, ci si limiterà ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza allo stato attuale.

#### *e) MATERIALI*

##### **Per quanto riguarda i materiali si prescrivono:**

- calcestruzzo per i getti delle fondazioni
  - $R_{ck} 300 \text{ kg/cm}^2$
  - classe di esposizione XC2
  - classe di consistenza del getto S4

- *dimensione aggregato max 16-25 mm*
- calcestruzzo per i getti in elevazione
  - *LC 30/33 alleggerito*
  - *classe di esposizione XC1*
  - *classe di consistenza del getto S5*
  - *dimensione aggregato max 0-4 mm*
- acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento
- mattoni pieni fbk>80 kg/cm<sup>2</sup>
- malta di calce tipo M5 (minimo)
- laterizio forato (percentuale di foratura >55%) o cartongesso
- acciaio S235 JR controllato in stabilimento
- bulloni cl.8.8 e dadi classe 6S
- legno massello C24 e C30

### **Prescrizioni per la posa**

#### 1. Stagionatura dei getti

- *Durata della stagionatura protetta: 3 giorni*
- *Protezione della stagionatura:*
  - *non rimuovere i casseri*
  - *copertura con teli di plastica*
  - *rivestimento con teli umidi*
  - *nebulizzare acqua in superficie*
  - *applicare prodotti stagionanti che formano una membrana protettiva superficiale*

#### 2. Rimozione dei casseri

### *f) ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE*

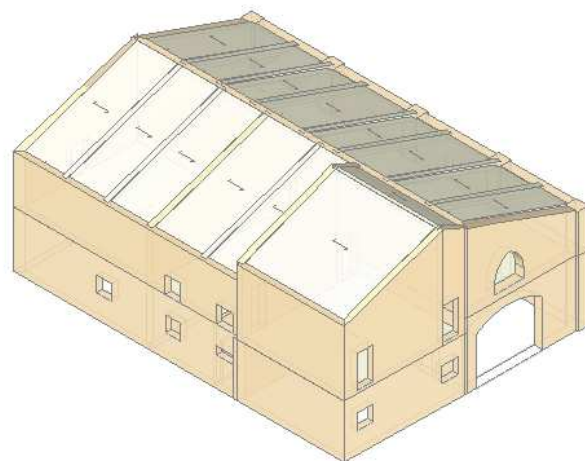
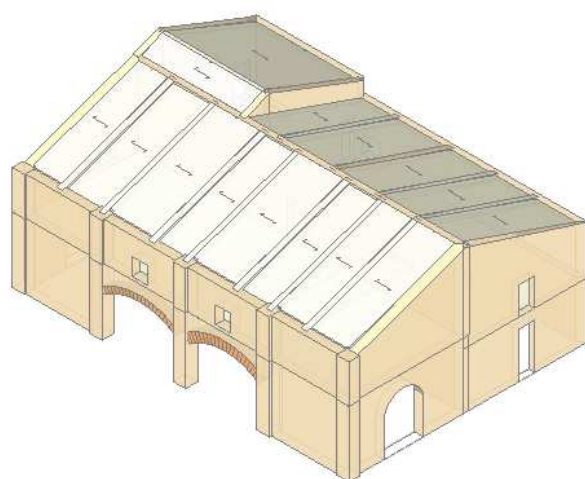
Gli interventi sul fabbricato rientrano nella categoria “**miglioramento**” ai sensi della normativa vigente per cui:

- per il calcolo e la verifica globale del fabbricato si sono seguite le prescrizioni del punto 8.7.1 del D.M. 17/01/2018, mediante analisi statica non lineare. Il fabbricato è stato modellato come assemblaggio tridimensionale di telai equivalenti (pareti murarie) e orizzontamenti (solai) utilizzando il codice di calcolo PCM di Aedes. Nel calcolo si è considerata la rigidità degli elementi in fase fessurata. I solai sono stati modellati come elementi finiti ortotropi a comportamento membranale considerando rigido il piano primo e non rigida la copertura. Alla base si sono assunti incastri perfetti in ogni nodo: tale approssimazione, ai fini dell’analisi sismica eseguita, risulta trascurabile ai fini del comportamento globale dell’edificio. Le azioni sismiche di progetto in base alle quali si valuterà il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiranno a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito, come previsto dalle normative

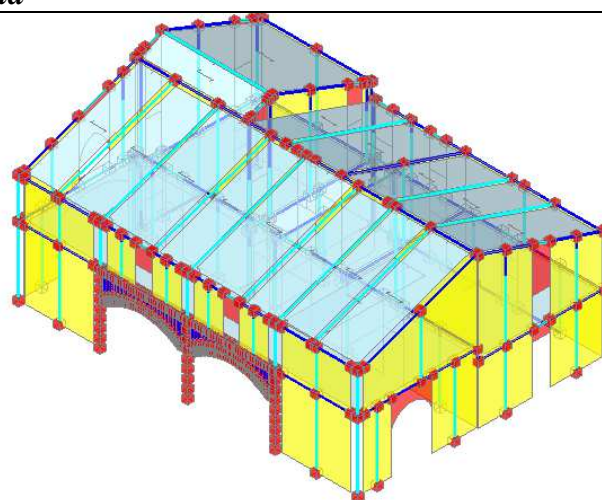
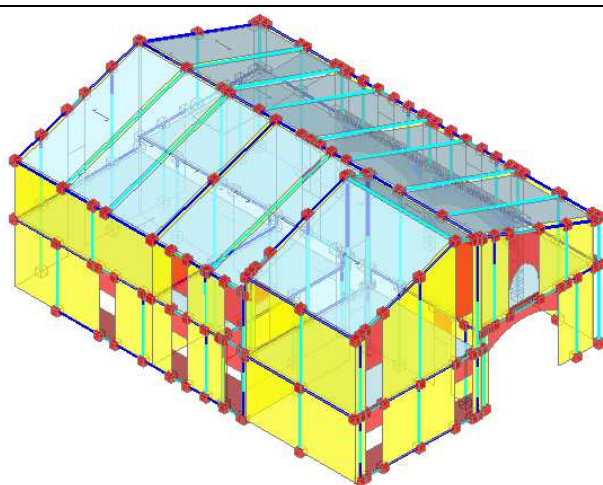
vigenti. La “pericolosità sismica” è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. Nel caso in esame si adotterà come Vita Nominale dell’opera strutturale un valore pari a 50 anni, e si assumerà una Classe d’uso II, per cui il coefficiente CU risulta pari a 1,0. Si adotterà un periodo di riferimento VR pari a 50 anni. Per la categoria del suolo di fondazione è stata adottata la categoria di sottosuolo tipo D. L’azione sismica verrà valutata separatamente in ciascuna delle direzioni principali X e Y, ed in entrambi i possibili versi (positivo e negativo). Nel calcolo, oltre all’eccentricità effettiva tra baricentro delle masse e quello delle rigidezze, è stato considerato l’effetto di un’ulteriore eccentricità accidentale di valore costante ai vari piani come prescrive la Norma. La valutazione della sicurezza per i due modelli analizzati (quello rappresentativo delle condizioni esistenti e quello dovuto all’intervento) verrà svolta confrontando i valori in termini di spostamento della capacità offerta dal sistema strutturale rispetto alla domanda richiesta dalle azioni per ciascun stato limite considerato;

- per il calcolo e la verifica delle travi in legno del solaio e della copertura che si andranno a realizzare/consolidare si è utilizzato un foglio di calcolo excel, che esegue il progetto e le verifiche statiche richieste dal D.M. 14/1/2008;
- per il calcolo e la verifica dei solai di piano primo in legno e cls si è utilizzato un foglio di calcolo excel messo a disposizione dalla ditta al-fer (dopo aver svolto un predimensionamento manuale considerando il cls solo come peso);
- per il calcolo e la verifica dei solai in ferro e cls è stata eseguita sia una modellazione attraverso il programma di calcolo strutturale MIDAS Gen (versione 2018 v1.2) in cui si è considerato il peso della soletta in cls come non collaborante, sia il software TecnariaAcciaio 4.0.2.4 distribuito da Tecnaria per il calcolo dei connettori per rendere collaborante la struttura acciaio-cls;
- per il calcolo dei meccanismi di primo modo si è utilizzato il foglio di calcolo excel CINE 1.0.4 realizzato e messo a disposizione da ReLUIS;
- per il calcolo e la verifica delle travi in acciaio che compongono la scala è stato eseguito un calcolo manuale ai soli carichi statici seguendo schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell’ambito della Scienza delle Costruzioni. Il calcolo è stato eseguito nello spirito del metodo degli Stati Limite considerando le combinazioni delle condizioni di carico statiche che agiscono sulla struttura secondo il DM . 14/01/2008;

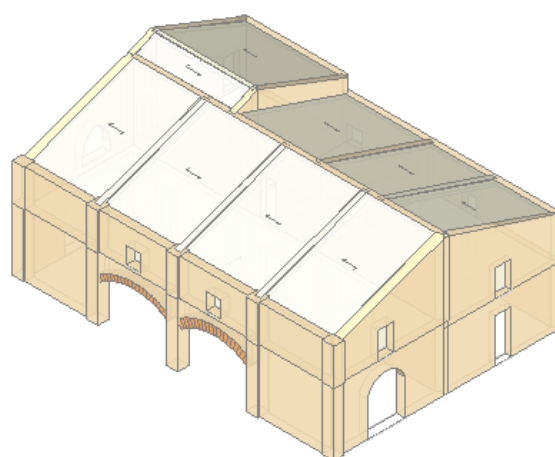
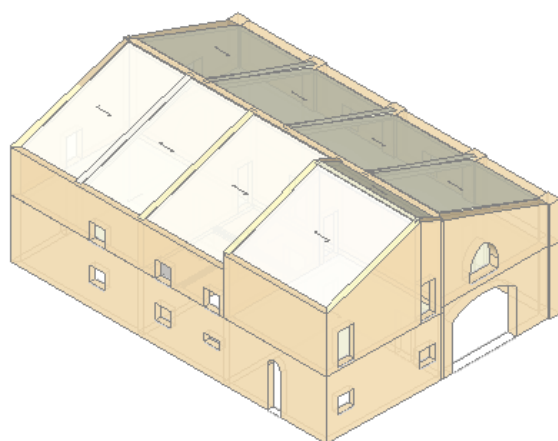
*Modello geometrico\_ stato attuale*



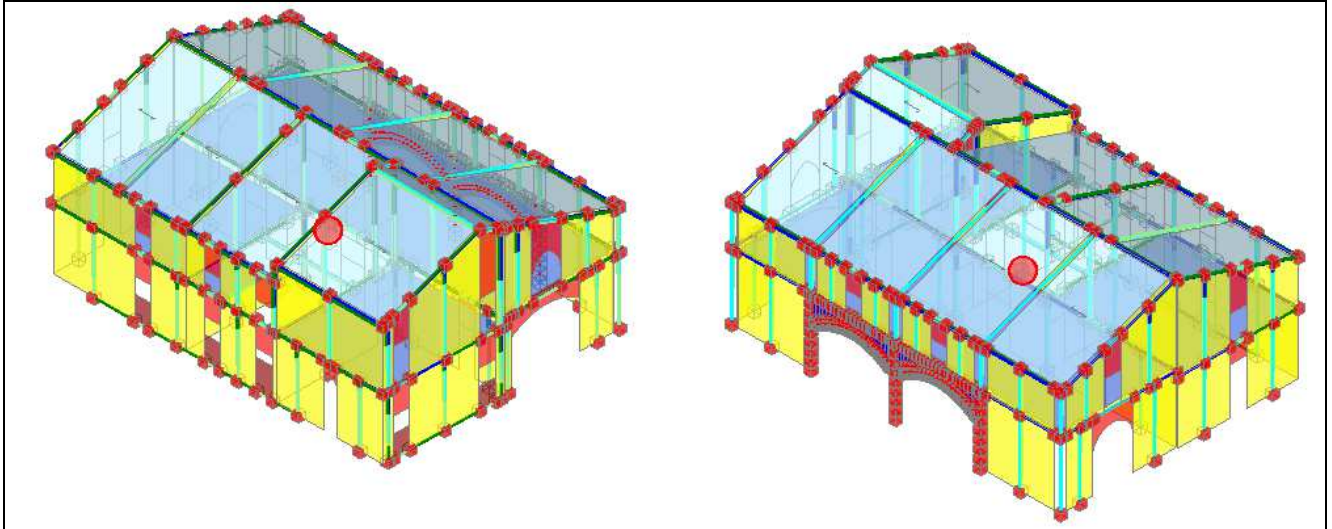
*Schema*



*Modello geometrico\_ stato di progetto*



### Schema



Il corpo di fabbrica è stato schematizzato mediante struttura spaziale considerando un fattore di struttura pari a  $q=1$  ed assumendo un rapporto  $\alpha_0/\alpha_1=1$  (vedi cap. C8.7.1.2 della circolare) poiché si tratta di un edificio in muratura esistente.

Il calcolo è stato eseguito nello spirito del metodo degli Stati Limite considerando i seguenti gruppi di combinazioni di carico :

- 1) combinazioni di carico comprendenti gli effetti del sisma (agli SLD e SLV);
- 2) combinazioni delle condizioni di carico statiche che agiscono sulla struttura.

Per il dettaglio delle combinazioni di carico adottate si vedano i tabulati di calcolo allegati.

#### g) INDICAZIONI DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI

Le combinazioni di carico adottate nelle analisi sono le seguenti:

- per le verifiche di resistenza agli (SLU) si è utilizzata la combinazione fondamentale (2.5.1) del D.M. 17/01/2018

$$1,3G_1 + 1,5G_2 + 1,5(Q_k + \psi_{01}Q_{k2})$$

- per le verifiche a deformabilità, fessurazione, tensioni di esercizio (nella struttura e in fondazione) sono state utilizzate le seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara (2.5.2) del D.M. 14/01/2008

$$G_1 + G_2 + Q_k + \psi_{02}Q_{k2}$$

- combinazione frequente (2.5.3) del D.M. 14/01/2008

$$G_1 + G_2 + \psi_{11}Q_k + \psi_{12}Q_{k2}$$

- combinazione quasi permanente (2.5.4) del D.M. 14/01/2008

$$G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_k + \psi_{22}Q_{k2}$$



- per le verifiche sismiche si è utilizzata la combinazione sismica (2.5.5) del D.M. 14/01/2008

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_k + \psi_{22}Q_{k2}$$

Dove:

	$\Psi_{0i}$	$\Psi_{1i}$	$\Psi_{2i}$
per ambienti uffici	0.7	0.5	0.3
per coperture e sottotetti	0.0	0.0	0.0
per neve a quota <1000m s.l.m.	0.5	0.2	0.0

#### *h) INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI*

*Omesso*

#### *i) CRITERI DI VERIFICA*

Le verifiche degli elementi strutturali, saranno eseguite mediante il metodo degli Stati Limite; per gli elementi strutturali non soggetti ad elevate sollecitazioni è stata omessa la verifica perché si ritiene manifestamente soddisfatta.

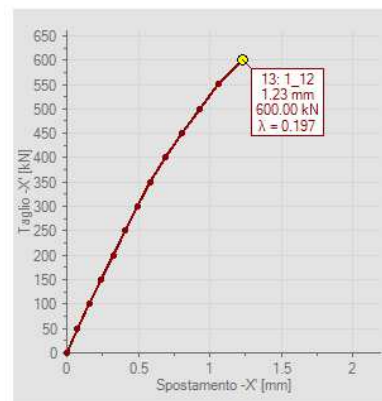
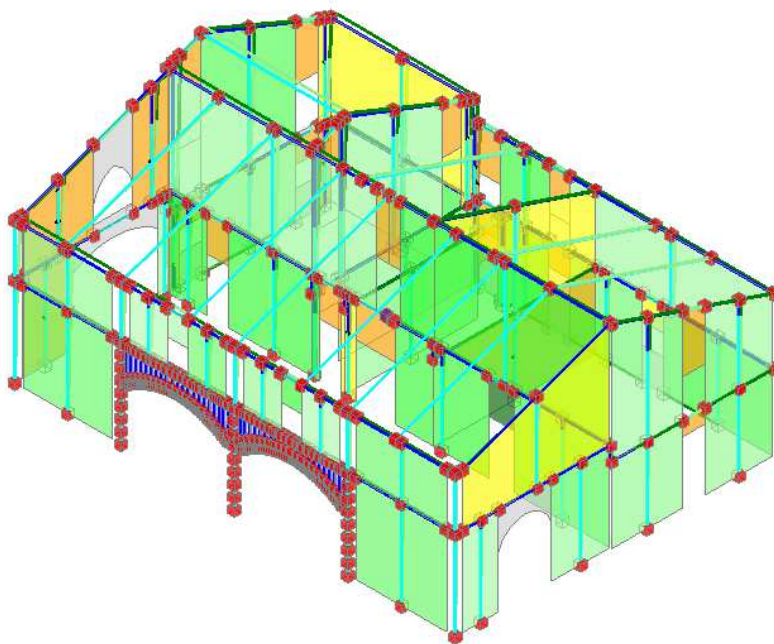
#### *j) RAPPRESENTAZIONE DEFORMATE E SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE*

##### **STATO ATTUALE**

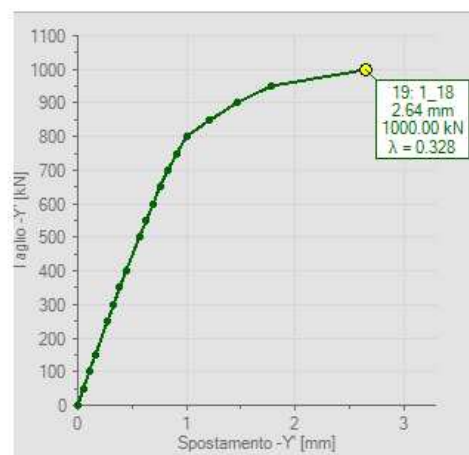
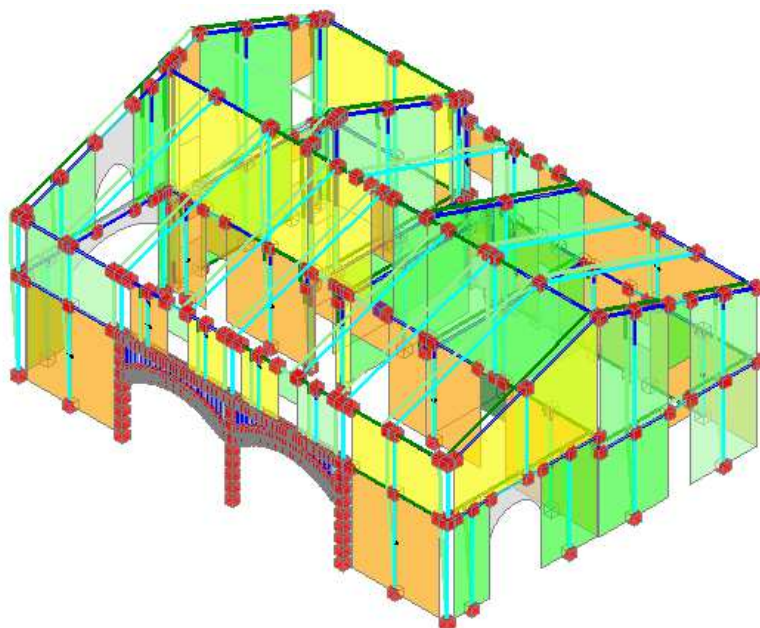
10 su 24 analisi condotte presentano indice di sicurezza maggiore di 1 allo SLV, quindi le prime crisi dei setti murari avvengono per deformazioni calcolate inferiori rispetto alle deformazioni ultime dell'edificio, e i setti murari entrano in crisi per valori di accelerazione inferiori a quello di SLV adottato ottenuto considerando una Vita Nominale dell'opera strutturale un valore pari a 50 anni, e una Classe d'uso II (CU= 1,0).

Di seguito vengono mostrate le rappresentazioni grafiche delle deformate e delle principali caratteristiche di sollecitazione delle pareti maggiormente sollecitate per l'analisi più gravosa per tali pareti.

### Analisi 9 distr. B direzione -X-e



### Analisi 21 distr. E direzione -Y

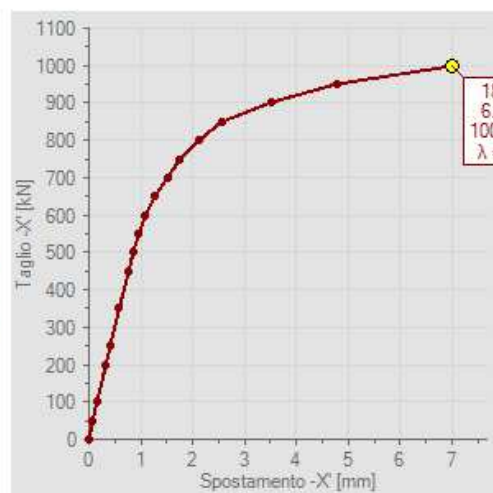
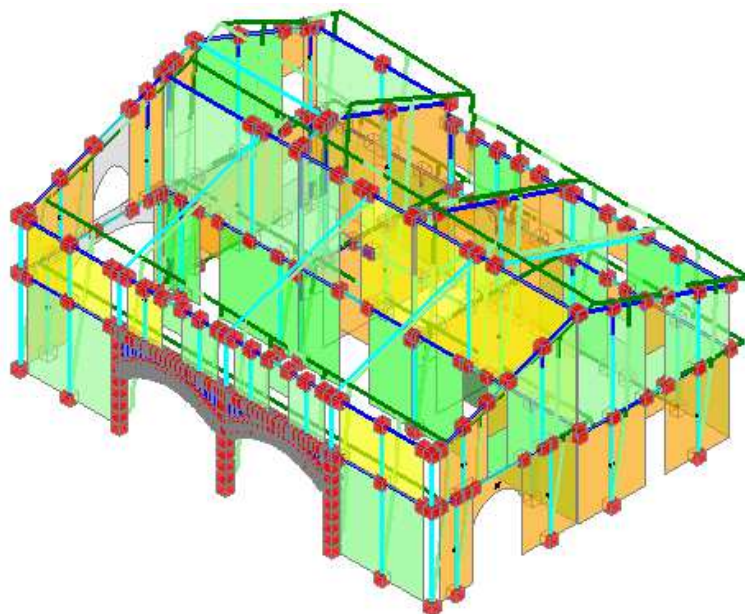


### STATO DI PROGETTO

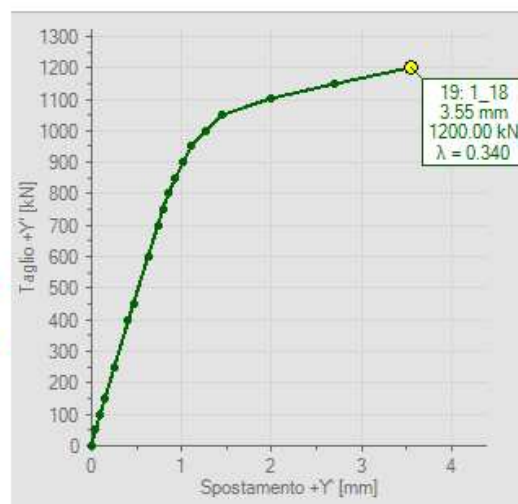
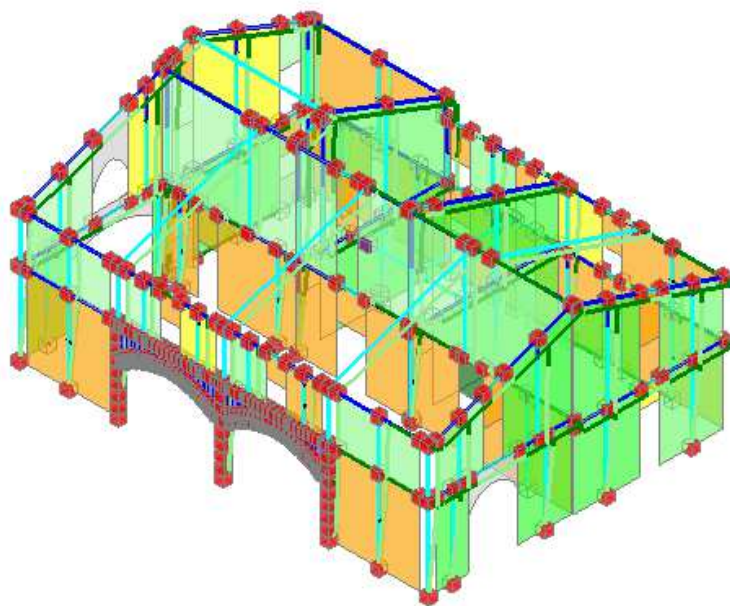
10 su 24 analisi condotte presentano indice di sicurezza maggiore di 1 allo SLV, quindi le prime crisi dei setti murari avvengono per deformazioni calcolate inferiori rispetto alle deformazioni ultime dell'edificio, e i setti murari entrano in crisi per valori di accelerazione inferiori a quello di SLV adottato ottenuto considerando una Vita Nominale dell'opera strutturale un valore pari a 50 anni, e una Classe d'uso II (CU= 1,0).

Di seguito vengono mostrate le rappresentazioni grafiche delle deformate e delle principali caratteristiche di sollecitazione delle pareti maggiormente sollecitate per l'analisi più gravosa per tali pareti.

#### Analisi 7 distr. B direzione -X



#### Analisi 18 distr. E direzione +Y-E



#### k) CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

I calcoli e le verifiche sono stati eseguiti sugli schemi riportati nelle figure presenti nei paragrafi seguenti mediante l'ausilio dell'elaboratore elettronico utilizzando:

- il codice di calcolo PCM, prodotto da Aedes Software snc. Il programma è stato ideato per eseguire analisi statiche, sismiche globali (modali, pushover, statica lineare) e analisi cinematiche (meccanismi locali) degli edifici in muratura secondo quanto indicato nelle NTC. Il software permette di modellare le pareti come un telaio equivalente tridimensionale in cui le pareti sono interconnesse da diaframmi orizzontali di piano (solai). Le funzioni di

visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, deformazioni, spostamenti dei nodi, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante semplici verifiche manuali di cui sono noti i risultati.

- il programma di calcolo Midas Gen 2018. Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti. Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

### *1) STRUTTURE DI FONDAZIONE*

Le fondazioni esistenti sono in muratura di tipo continuo alla base dei muri portanti.

Da una verifica dello stato attuale delle fondazioni del fabbricato è emerso che queste presentano dimensioni tali da garantire una adeguata portanza, ma in alcune zone le murature che le compongono sono disgregate, pertanto si è ritenuto opportuno in fase esecutiva rinforzare e consolidare le fondazioni esistenti mediante la realizzazione di cordoli perimetrali in c.a. collegati fra loro da una soletta armata con rete elettrosaldata  $\phi 8$  maglia 20x20cm collegata ai muri.

Sotto la fondazione verrà realizzato un getto di pulizia in conglomerato cementizio magro. La quota di imposta sarà raggiunta mediante compattazione del piano di sbancamento e con sabbiella rullata e vibrata. Per la morfologia del terreno e per l'assenza della falda alle profondità raggiunte non sono previste opere accessorie. Durante l'esecuzione dei lavori si dovrà prestare attenzione a non scalzare le fondazioni esistenti che si trovano a modesta profondità rispetto al piano campagna (circa - 0.60m).

*m) CATEGORIA DI INTERVENTO E MOTIVAZIONE SCELTA ADOTTATA*

Le opere di ristrutturazione, rappresentate da interventi estesi su tutto il fabbricato, modificano il comportamento globale dell'edificio stesso e sono finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate, quindi da potere essere inquadrare in un intervento di **miglioramento** ai sensi del D.M. 17/1/2018 e Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 contenente le "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

*n) ANALISI STORICO CRITICA ED ESITI DEL RILIEVO GEOMETRICO- STRUTTURALE*

L'edificio denominato Cà Aie presenta pianta iscrivibile in un rettangolo con dimensioni massime planimetriche pari a 12.60x17.55m a due piani fuori terra. L'edificio presenta una porzione a quota più elevata, con altezza massima in gronda pari a circa 6.0m dal piano campagna, e una zona (sempre a due piani fuori terra) ma di altezza leggermente più bassa, con altezza massima in gronda pari a circa 5.50m. sul fronte del fabbricato è presenta un portico coperto che si sviluppa lungo tutta la facciata.

Dall'analisi storico critica eseguita, le informazioni ottenute sull'edificio sono esigue, si ritiene che l'edificio sia antecedente al 1858 in quanto è stata rinvenuta una litografia di tale epoca, in cui è illustrato il fabbricato come si presenta attualmente, ma dal rilievo geometrico-strutturale eseguito si nota la presenza di un "cornicione" nel muro di spina centrale, che fa presupporre che l'edificio originariamente fosse di altezza inferiore e privo del portico frontale; inoltre sul retro è presente un fuori piombo delle murature "corretto" negli ultimo corsi di mattoni prima della copertura. Si presuppone quindi che l'edificio possa essere stato realizzato in concomitanza con la Cappella nel XVIII secolo. Negli anni sull'edificio sono stati eseguiti interventi di manutenzione, sostituzione di elementi ammalorati (soprattutto in copertura) e rimozione di elementi degradati (alcuni solaio di piano presentano allo stato attuale solo le travi principali, e sono privi di tavolato e pavimentazione). Si ritiene che questi solai privi di piano calpestabile fossero originariamente completi in quanto nei vani interessati sono presenti camini, finestre e porte di accesso.

Dal rilievo geometrico strutturale eseguito sulle strutture principali e sui solai e coperture si è rilevato che il fabbricato presenta struttura portante in muratura in mattoni pieni e malta di calce, di spessore variabile pari a 15, 30 e 45cm (pareti a una, due e tre teste), i solai di piano sono in legno e tavolato singolo, mentre la copertura è in legno e tavelle; le fondazioni, infine sono continue e poste in corrispondenza dei muri portanti.

Dalle prime indagini svolte e dalla tipologia degli elementi strutturali che compongono l'edificio si può affermare che la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione,

che il corpo di fabbrica non è stato soggetto ad azioni particolari o eccezionali che ne possano compromettere la stabilità, sicurezza e durabilità, ma le strutture presentano degrado e modificazioni rispetto alla situazione originaria dovute alla scarsa manutenzione avvenuta negli anni, alle modifiche d'uso (modifica di aperture, chiusura di fori nelle pareti, inserimento di mensole in legno ecc che hanno comportato una riduzione delle caratteristiche e dell'omogeneità delle murature).

*o) LIVELLO DI CONOSCENZA, FATTORE DI CONFIDENZA E PROPRIETA' MECCANICHE DEI MATERIALI ESISTENTI*

Per la valutazione delle opere esistenti è necessario valutare il “livello di conoscenza” che rappresenta la qualità delle informazioni che si hanno a disposizione riguardo alla geometria, alle tipologie strutturali e ai materiali presenti nell'edificio.

Per l'edificio in esame si è deciso di assumere un livello di conoscenza LC1. Per raggiungere tale livello di conoscenza è stato eseguito un rilievo geometrico dell'edificio e sono state eseguite limitate indagini in situ sui dettagli costruttivi. Per la struttura il raggiungimento di un livello di conoscenza LC1 comporta l'adozione di un fattore di confidenza FC=1,35.

La ***muratura esistente*** risulta caratterizzata dai seguenti parametri:

- Livello di conoscenza attribuito: LC 1
- Fattore di Confidenza: FC=1.35
- Valori di riferimento dei parametri meccanici (Tabella C8A.2.1 – Circolare 02/02/2009):

$$\begin{aligned}f_m &= 240 \text{ N/cm}^2 \\ \tau_0 &= 6 \text{ N/cm}^2 \\ E &= 1500 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 500 \text{ N/mm}^2 \\ w &= 18 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

Non vengono riportate le caratteristiche del legno che compone gli impalcati, in quanto verranno interamente sostituiti.

*p) CONFRONTO STATO ATTUALE E DI PROGETTO*

Al termine della valutazione della sicurezza del fabbricato condotta sia allo *stato di attuale* sia allo stato ottenuto a seguito degli interventi di progetto (*stato finale*), in base all'analisi dei risultati ottenuti dalla fase di calcolo, si è giunti alle seguenti conclusioni.

Il grado di vulnerabilità allo SLV (alfa u= $\alpha_{CAP}/\alpha_{SLV}$ ), allo SLD (alfa e= $\alpha_{CAP}/\alpha_{SLD}$ ) e SLO (alfa o= $\alpha_{CAP}/\alpha_{SLO}$ ) risulta essere migliorato in entrambe le direzioni, per cui si ritiene che l'edificio sia migliorato sia allo SLV, sia allo SLD che allo SLO.

$\alpha_{SLV}$  = ag, accelerazione orizzontale massima del terreno in condizioni SLV e  $\alpha_{CAP}$  = accelerazione di capacità limite della struttura per ciascun stato limite.

#### **Livello di Miglioramento sismico**

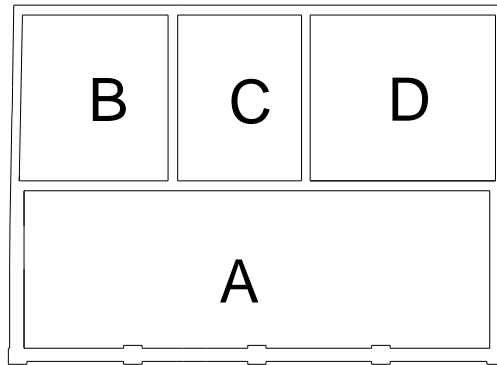
Stato Limite	$\zeta_E$ Stato Attuale	$\zeta_E$ Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
<b>SLO</b>	0.660	0.984	0.324
<b>SLD</b>	0.796	1.204	0.408
<b>SLV</b>	0.309	0.641	0.332

Per il fabbricato in esame sono state eseguite verifiche specifiche ai meccanismi locali (o di primo modo) dalle quali si è constatato il miglioramento del comportamento riducendo significativamente l'attivazione di tali meccanismi. Infatti, la presenza di cordoli di piano, piattine metalliche ancorate alla copertura in legno e alle murature, le travi ben ammortate alle murature tendono ad impedire/ridurre fortemente i meccanismi di ribaltamento delle pareti (meccanismo più gravoso che si attiva per bassi valori di accelerazione al suolo e per pareti non vincolate).

Le verifiche statiche mostrano che gli interventi che si andranno ad eseguire non modificheranno in modo significativo i coefficienti di sicurezza rispetto allo stato attuale.

## 2.2. TABULATI DI CALCOLO E VERIFICHE

COPERTURE:

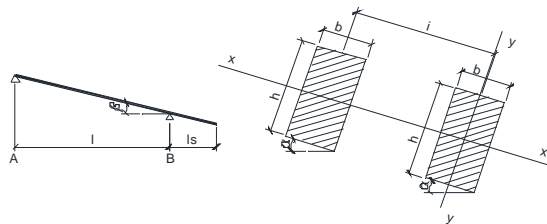


VERIFICA TRAVETTI 8X8 INTERASSE  $i=32\text{cm}$  E LUNGHEZZA MASSIMA  $L=110\text{cm}$

VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
80	80	1.1	0.32	0	22	1.19	0	C24	1	0.6

CARICHI					A	B
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
0.12	1.49	1.2	0	0		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	0.765	0.765	0.765	1.341	0.765
q/kmod	[kN/m]	1.275	1.093	0.956	1.490	0.765
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1



VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.24	0.24	0.00	2.77	0.00	0.19	Verificato	0.13	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.80	0.19	1.50	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	0.35			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	0.16	<L/300=	3.95 [mm]	Verificato

w <sub>ist</sub> [mm]=	0.51	<L/250=	4.75 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	0.82	<L/200=	5.93 [mm]	Verificato



# COLLEGAMENTO TRAVETTO-TRAVE

Collegamento da eseguirsi mediante una vite f6 L=160mm tipo HBS della Rothoblass da posizionare in corrispondenza di ogni trave principale 20x20 o 20x25.

geometria					TAGLIO		TRAZIONE				
					legno-legno	legno-legno con rondella	acciaio-legno piastra sottile <sup>(1)</sup>	acciaio-legno piastra spessa <sup>(2)</sup>	estrazione filetto <sup>(3)</sup>	penetrazione testa <sup>(4)</sup>	penetrazione testa con rondella <sup>(4)</sup>
$d_1$ [mm]	L [mm]	b [mm]	A [mm]		$R_{yk}$ [kN]	$R_{yk}$ [kN]	$R_{yk}$ [kN]	$R_{yk}$ [kN]	$R_{yk}$ [kN]	$R_{head,k}$ [kN]	$R_{head,k}$ [kN]
6	40	35	8		0,87	0,87	$S_{min} \leq 3 \text{ mm}$	$S_{min} \geq 6 \text{ mm}$	2,58	2,62	1,61
	50	45	15		1,52	1,64					
	60	30	30		1,76	1,92					
	70	40	30		1,86	2,21					
	80	40	40		2,06	2,41					
	90	50	40		2,06	2,59					
	100	50	50		2,06	2,59					
	110	60	50		2,06	2,78					
	120	60	60		2,06	2,78					
	130	60	70		2,06	2,78					
	140	75	65		2,06	2,78					
	150	75	75		2,06	2,78					
	160	75	85		2,06	2,78					
	180	75	105		2,06	2,78					
	200	75	125		2,06	2,78					
	220	75	145		2,06	2,78					
	240	75	165		2,06	2,78					
	260	75	185		2,06	2,78					
	280	75	205		2,06	2,78					
	300	75	225		2,06	2,78					

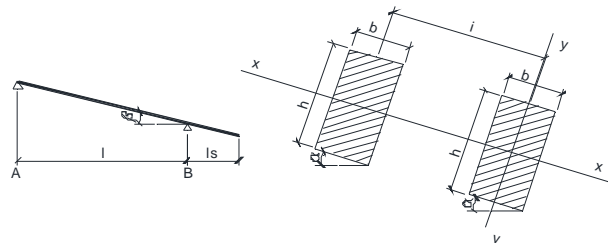
$$T_R = R_y \cdot k \cdot k_{mod} / \gamma_m = 2.06 \cdot 0.8 / 1.5 = 1.098 \text{ kN} > T_{max} = 0.8 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

# COPERTURA A e D: TRAVI IN LEGNO MASSELLO 20X20 C24

## VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
190	190	4.35	1	0	0	4.35	22	C24	1	0.6

CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
0.36	1.49	1.2	0	0		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	2.703	2.703	2.703	4.503	2.703
q/kmod	[kN/m]	4.505	3.861	3.379	5.003	2.703
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1



VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
10.65	9.88	3.99	8.64	3.49	0.77	Verificato	0.66	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
9.79	0.41	1.50	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	7.22			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	2.81	<L/300=	14.50 [mm]	Verificato
w <sub>ist</sub> [mm]=	10.03	<L/250=	17.40 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	16.05	<L/200=	21.75 [mm]	Verificato

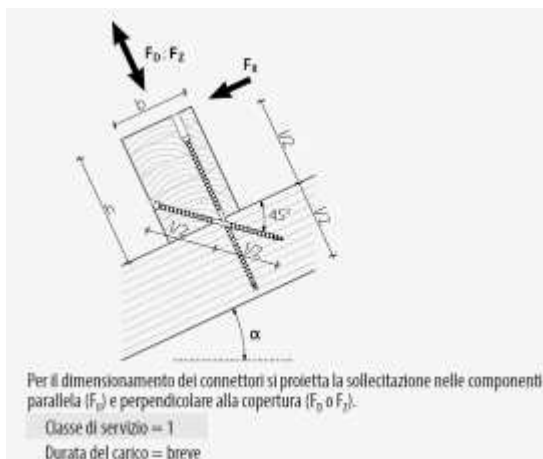
\*è stato riportato il caso più gravoso di trave a una campata.

### COLLEGAMENTO TRAVE-TRAVE DIAGONALE

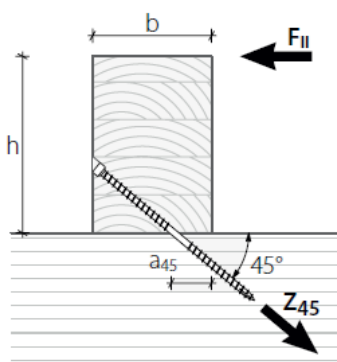
Collegamento da eseguirsi mediante n.2 viti f9 L=320mm tipo VGS della Rothoblass da posizionare in corrispondenza di ogni trave diagonale 30x35.

$$F_{II} = T_{max} \cdot \sin(20^\circ) = 3.35 \text{ kN}$$

$$F_D = T_{max} \cdot \cos(20^\circ) = 9.20 \text{ kN}$$



### 1) VERIFICA SOLLECITAZIONE PARALLELA: $R_{ax,45,Rd} > Z_{45,Rd}$



$$F_{\parallel, Rd} = 3.35 \text{ kN}$$

$$Z_{45} = F_{\parallel} \cdot \sqrt{2}$$

$$Z_{45, Rd} = 4.73 \text{ kN}$$

### SCELTA CONNETTORE INSERITO A 45°

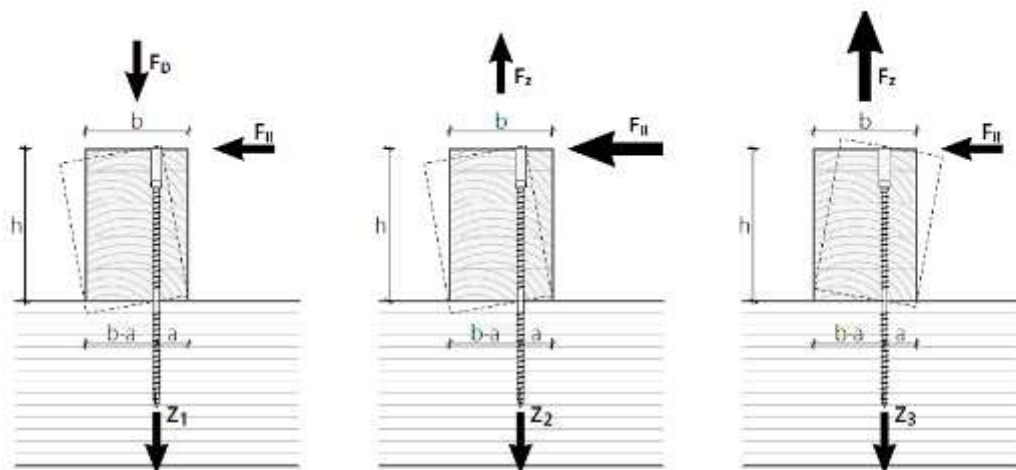
#### SCORRIMENTO <sup>(4)</sup>

geometria		legno - legno			
$d_1$ [mm]	$L$ [mm]	$s_g$ [mm]	$A_{MIN}$ [mm]	$B_{MIN}$ [mm]	$R_{yk}$ [kN]
9	160	65	60	75	4,70
	200	85	75	90	6,14
	240	105	90	105	7,59
	280	125	105	120	9,04
	320	145	120	135	10,48
	360	165	135	145	11,93

$$T_R = R_{yk} \cdot k \cdot k_{mod} / \gamma_m =$$

$$10.48 \cdot 0.8 / 1.5 = 5.59 \text{ kN} > T_{max} = 4.73 \text{ kN}$$

## 2) VERIFICA SOLLECITAZIONE PERPENDICOLARE: $R_{\perp,90,M} > Z_{rd}$



$$\begin{aligned} F_{D,Rd} &= 3.35 \text{ kN} \\ F_{H,Rd} &= 9.20 \text{ kN} \\ F_{Z,Rd}(\text{vento}) &= 0 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$Z_{Rd} = \max \begin{cases} Z_{1,Rd} = \frac{3}{2 \cdot (b-a)} \cdot \left[ F_{H,Rd} \cdot h - F_{D,Rd} \cdot \left( \frac{b}{6} + \frac{a}{3} \right) \right] \\ Z_{2,Rd} = \frac{3}{2 \cdot (b-a)} \cdot \left[ F_{H,Rd} \cdot h - F_{Z,Rd} \cdot \left( \frac{b}{2} - a \right) \right] + F_{Z,Rd} \\ Z_{3,Rd} = \frac{3}{2 \cdot a} \cdot \left[ -F_{H,Rd} \cdot h + F_{Z,Rd} \cdot \left( \frac{b}{2} - a \right) \right] + F_{Z,Rd} \end{cases}$$

$$Z_{1,Rd} = 2.256 \text{ kN}$$

$$Z_{2,Rd} = 6.28 \text{ kN}$$

$$Z_{3,Rd} = -1.25 \text{ kN}$$

$$Z_{Rd} = 6.28 \text{ kN}$$

## SCELTA CONNETTORE INSERITO A 90° TRAZIONE <sup>(1)</sup> / COMPRESIONE <sup>(2)</sup>

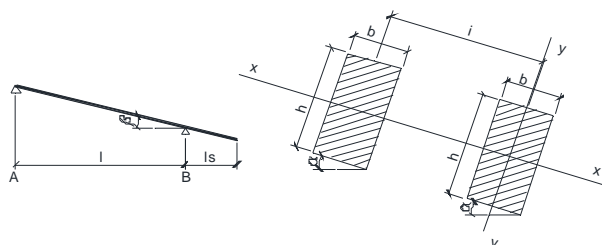
geometria		estrazione filetto totale <sup>(1)</sup>			estrazione filetto parziale <sup>(1)</sup>			trazione acciaio	instabilità
		legno			legno			acciaio	acciaio
$d_i$ [mm]	$L$ [mm]	$b$ [mm]	$A_{tot}$ [mm <sup>2</sup> ]	$R_{yk}$ [kN]	$s_{te}$ [mm]	$A_{tot}$ [mm <sup>2</sup> ]	$R_{yk}$ [kN]	$R_{tens,k}$ [kN]	$R_{yk}$ [kN]
9	160	150	170	16,87	65	85	7,31	25,40	17,20
	200	190	210	21,37	85	105	9,56		
	240	230	250	25,87	105	125	11,81		
	280	270	290	30,36	125	145	14,06		
	320	310	330	34,86	145	165	16,31		
	360	350	370	39,36	165	185	18,56		

$$N_R = R_y \cdot k \cdot k_{mod} / \gamma_m = 16.31 \cdot 0.8 / 1.5 = 8.70 \text{ kN} > Z_{rd} = 6.28 \text{ kN}$$

# COPERTURA B e C: TRAVI IN LEGNO MASSELLO 20X25 C24

## VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
190	240	5.15	1	0	0	5.15	22	C24	1	0.6



CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
0.42	1.49	1.2	0	0		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	2.781	2.781	2.781	4.581	2.781
q/kmod	[kN/m]	4.635	3.973	3.476	5.090	2.781
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1

VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
15.19	14.08	5.69	7.72	3.94	0.73	Verificato	0.65	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
11.80	0.39	1.50	Verificato

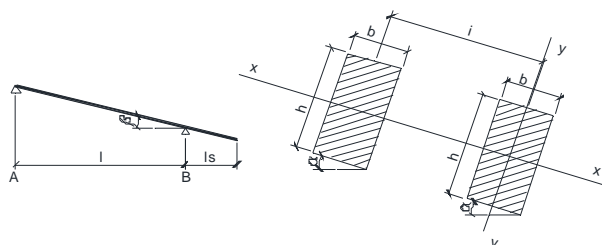
VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	7.27			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	2.74	<L/300=	17.17 [mm]	Verificato

w <sub>ist</sub> [mm]=	10.01	<L/250=	20.60 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	16.01	<L/200=	25.75 [mm]	Verificato

# COPERTURA A: TRAVI DIAGONALI IN LEGNO MASSELLO 30X35 C30

## VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
290	340	5.4	4.35	0	21	5.78	0	C30	1	0.6



CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
0.51	1.49	1.2	0	0		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	12.606	12.606	12.606	20.436	12.606
q/kmod	[kN/m]	21.011	18.009	15.758	22.707	12.606
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1

VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
85.47	85.47	0.00	15.30	0.00	0.85	Verificato	0.59	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
59.10	0.90	1.80	Verificato

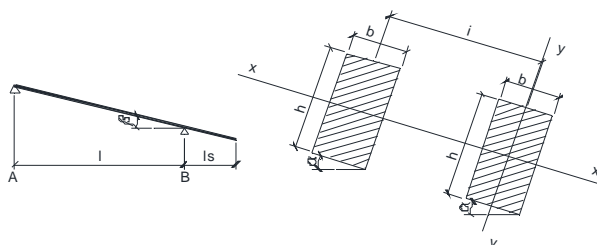
VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	12000			
w <sub>G</sub> [mm]=	11.12			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	4.00	<L/300=	19.28 [mm]	Verificato

w <sub>ist</sub> [mm]=	15.13	<L/250=	23.14 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	24.21	<L/200=	28.92 [mm]	Verificato

# COPERTURA D: TRAVI DIAGONALI IN LEGNO MASSELLO 30X35 C24

## VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
290	340	5.8	3.25	0	19	6.13	0	C24	1	0.6



CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
0.51	1.49	1.2	0	0		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	9.419	9.419	9.419	15.269	9.419
q/kmod	[kN/m]	15.698	13.455	11.773	16.965	9.419
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1

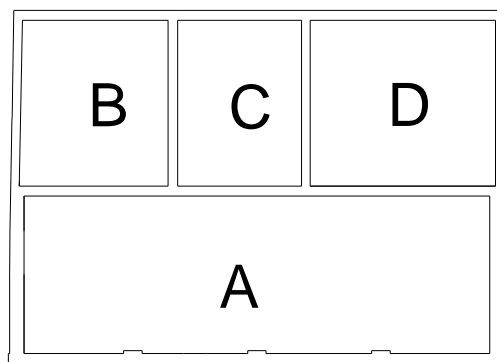
VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
71.82	71.82	0.00	12.85	0.00	0.89	Verificato	0.62	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
46.83	0.71	1.50	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	11.47			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	4.13	<L/300=	20.45 [mm]	Verificato

w <sub>ist</sub> [mm]=	15.60	<L/250=	24.54 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	24.96	<L/200=	30.67 [mm]	Verificato

## SOLAIO DI PIANO PRIMO:



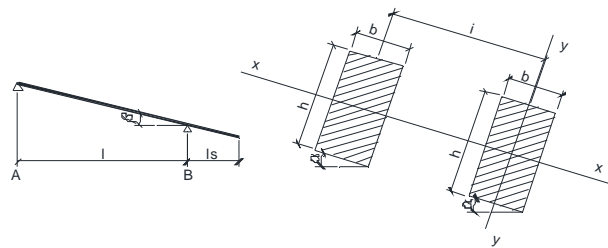
**SOLAIO A: TRAVI 25X25 i=125cm C24**

Il solaio sarà di tipo misto legno-clc; pertanto di seguito vengono riportate due verifiche: la verifica limite che considera il contributo delle sole travi di legno considerando il clc come peso; e la verifica del solaio misto e dei connettori di collegamento travi-soletta in c.a.

**VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO****CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE**

B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
240	240	5.5	1.25	0	0	5.50	0	C24	1	0.6

CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
1.33	2	0	0	3		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	5.911	5.911	11.536	5.911	5.911
q/kmod	[kN/m]	9.852	8.445	14.420	6.568	5.911
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1



VERIFICA A FLESSIONE								
M +	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm q]	[N/mm q]	[N/mm q]		[N/mm q]	
43.62	43.62	0.00	18.93	0.00	1.48	<b>Non Verificato</b>	1.04	<b>Non Verificato</b>
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm q]	[N/mm q]	[N/mm q]		[N/mm q]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm q]	[N/mm q]	
31.72	0.83	1.33	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm q]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	16.31			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	10.28	<L/300=	18.33 [mm]	Verificato

w <sub>ist</sub> [mm]=	26.59	<L/250=	22.00 [mm]	<b>Non Verificato</b>
w <sub>fin</sub> [mm]=	42.55	<L/200=	27.50 [mm]	<b>Non Verificato</b>

\*caso limite in cui la soletta in clc alleggerito è considerata solo come peso permanente.



# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

SOLAI MISTI LEGNO-CALCESTRUZZO CON CONNETTORI A SECCO AL-FER

SIGLA SOLAIO:

A

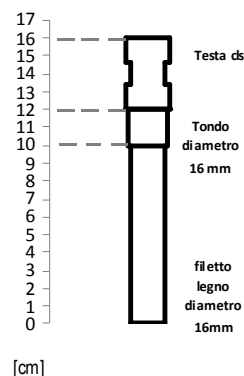
## Caratteristiche della connessione: Connettore a secco AL-FER

Materiale base del connettore:	Acciaio tipo 9sMnPb36
Res. Caratt. di rottura (Su connettore)	$f_{u,k} = 593 \text{ N/mm}^2$
Diametro del connettore:	$\phi = 16 \text{ mm}$
Lunghezza connettore:	$L_{conn.} = 160 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nella trave:	$L_W = 100 \text{ mm}$
Lunghezza esagono diametro 17 mm:	$E = 0 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nel cls:	$L_c = 40 \text{ mm}$

## Resistenze per solai a semplice orditura con "assito continuo"

Resistenza caratteristica connessione	$R_d = 12516 \text{ N}$
Rigidezza di servizio per unioni legno-cls	$K_{SER} = 10016 \text{ N/mm}$
Rigidezza ultima per unioni legno-cls	$K_u = 6677 \text{ N/mm}$

Tipologia: Standard



## 1 Normativa di riferimento:

D.M. 14/01/2008

Coefficiente Sicurezza Carichi Permanenti	$\gamma_G = 1.30$
Coefficiente Sicurezza Carichi Variabili	$\gamma_Q = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Legno MASSICCIO	$\gamma_M = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Calcestruzzo	$\gamma_{cls} = 1.50$

## 2 Dati di progetto:

### 2.1 Caratteristiche geometriche:

Spessore della soletta	$s = 50 \text{ mm}$	$i$ collaborante =	1250 mm
Spessore Isolante (Iso)	$iso = 0 \text{ mm}$		
Spessore assito (gap)	$t = 25 \text{ mm}$		
base della sezione di legno	$b = 250 \text{ mm}$		
altezza sezione di legno	$h = 250 \text{ mm}$		
interasse travi di legno	$i = 1250 \text{ mm}$		
luce di calcolo	$L = 5650 \text{ mm}$		
diametro dei connettori	$\phi = 16 \text{ mm}$		
passo dei connettori alle estremità	$l_e = 100 \text{ mm}$		
passo dei connettori in mezzera	$l_m = 280 \text{ mm}$		
passo efficace connettori	$l_{eff.} = 145 \text{ mm}$		

### 2.2 Caratteristiche materiali:

#### Legno:

C24

Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. a traz. parall. fibratura	$f_{t,0,k} = 14.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elast. medio parall. alla fibra	$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica media	$\rho_{0,m} = 4.20 \text{ KN/m}^3$
Massa volumica caratteristica	$\rho_{0,k} = 3.50 \text{ KN/m}^3$
Fattore di deformazione	$K_{def} = 0.60$
Coeff. Mod. azioni accidentali	$K_{mod} = 0.80$

#### Calcestruzzo:

LECA 1600

Resist. caratt. Cubica	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. Cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Res. Media a trazione	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Res. caratt. Traz.	$f_{ct,k} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
Modulo el. medio secante	$E_{c,m} = 20000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica	$\rho_{0,k} = 16.00 \text{ KN/m}^3$
Coefficiente di Viscosità	$\phi_{o,0, to} = 2$

### 2.3 Carichi e combinazione delle azioni:

Peso specifico travi ed assito	$\rho_{0,k} = 6.00 \text{ KN/m}^3$	→ Valore impiegato solo ai fini del peso proprio $G_{k1}$
Totale Carichi Permanenti Strutturali	$G_{k1} = 1.25 \text{ kN/m}^2$	→ trave, assito, isolante, soletta cls
Totale carichi Permanenti non Strutturali	$G_{k2} = 2.00 \text{ kN/m}^2$	→ Pavimento, sottofondo, tramezzi e altri
Totale carichi Permanenti	$G_k = 3.25 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLE: 7.81 kN/m
Totale carichi Variabili	$Q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLU: 10.91 kN/m

**Combinazioni di carico:**SIGLA SOLAIO: **A**Si deve considerare la condizione di carico più severa per la verifica flessionale in relazione al rapporto  $M_d / K_{mod}$ 

Combinazione delle azioni considerata maggiormente gravosa

Nome della combinazione

II

PERMANENTI + ACCIDENTALI

Momento sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $M_{d} = 43.52 \text{ kN m}$ 

Taglio sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $T_{d} = 30.81 \text{ kN}$ **3 Verifiche di resistenza:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{cls, sup} =$	-4.87	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{cls, inf} =$	1.13	?	
LEGNO	Verifica a tensoflessione		0.90	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.55	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	8286	?	12516 N

**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{cls, sup} =$	-3.52	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{cls, inf} =$	-0.14	?	-14.17
LEGNO	Verifica a tensoflessione		0.92	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.56	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	8097	?	12516 N

**4 Verifiche di deformazione:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

Destinazione d'uso, tipologia di carico di esercizio:

Ristoranti, uffici

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g,ist} + \psi_{21} \cdot u_{q,ist}$  $u_{tot,ist} = 8.20 \text{ mm}$ 

L/ 689

**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g,fin} + \psi_{21} \cdot u_{q,fin}$  $u_{tot,fin} = 14.05 \text{ mm}$ 

L / 402

**5 Avvertenze:****FASE DI GETTO**

- Puntellare efficacemente il solaio prima del getto e mantenere i puntelli fino a completa maturazione del calcestruzzo.

**RETE ELETTROSALDATA**

- Inserire una rete elettrosaldata almeno di diametro 6 mm maglia 20x20cm
- Sovrapporre i fogli di rete elettrosaldata di almeno due maglie;
- Tenere la rete elettrosaldata sollevata dal piano durante la fase di getto;

**ARMATURA PERIMETRALE**

- Si consiglia di collegare la futura soletta alle murature perimetrali mediante barre innestate a resina.

**CONNETTORI**


- Posizionare il primo connettore sulla trave a cm 5 dalla muratura perimetrale;
- Eseguire sempre preforo diametro 11,5 mm ed impiegare un comune avvitatore ad impulsi min 280N;
- Il posizionamento dovrà essere eseguito secondo le indicazioni della direzione lavori.

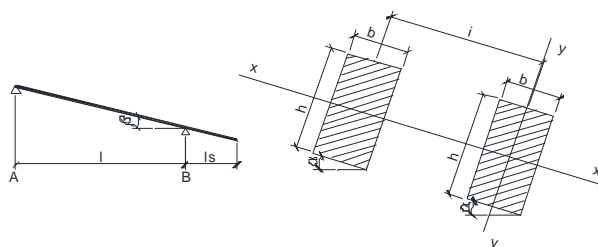
**SOLAIO B: TRAVI 25X25 i=110cm C24**

Il solaio sarà di tipo misto legno -cls; pertanto di seguito vengono riportate due verifiche: la verifica limite che considera il contributo delle sole travi di legno considerando il cls come peso; e la verifica del solaio misto e dei connettori di collegamento travi-soletta in c.a.

**VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO****CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE**

B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
240	240	5.22	1.1	0	0	5.22	0	C24	1	0.6

CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
1.37	2	0	0	3		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	5.259	5.259	10.209	5.259	5.259
q/kmod	[kN/m]	8.765	7.513	12.761	5.843	5.259
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1



VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm q]	[N/mm q]	[N/mm q]		[N/mm q]	
34.77	34.77	0.00	15.09	0.00	1.18	<b>Non Verificato</b>	0.83	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm q]	[N/mm q]	[N/mm q]		[N/mm q]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm q]	[N/mm q]	
26.65	0.69	1.33	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm q]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	11.78			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	7.34	<L/300=	17.40 [mm]	Verificato
w <sub>ist</sub> [mm]=	19.13	<L/250=	20.88 [mm]	Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	30.60	<L/200=	26.10 [mm]	<b>Non Verificato</b>

\*caso limite in cui la soletta in cls alleggerito è considerata solo come peso permanente.

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**  
SOLAI MISTI LEGNO-CALCESTRUZZO CON CONNETTORI A SECCO AL-FER

SIGLA SOLAIO:  
B

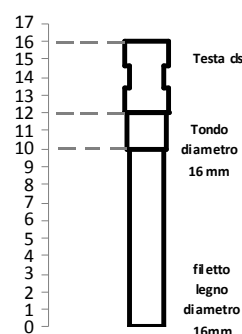
**Caratteristiche della connessione: Connettore a secco AL-FER**

Materiale base del connettore:	Acciaio tipo 9sMnPB36
Res. Caratt. di rottura (Su connettore)	$f_{u,k} = 593 \text{ N/mm}^2$
Diametro del connettore:	$\phi = 16 \text{ mm}$
Lunghezza connettore:	$L_{\text{conn.}} = 160 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nella trave:	$L_W = 100 \text{ mm}$
Lunghezza esagono diametro 17 mm:	$E = 0 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nel cls:	$L_c = 40 \text{ mm}$

**Resistenze per solai a semplice orditura con "assito continuo"**

Resistenza caratteristica connessione	$R_d = 12516 \text{ N}$
Rigidità di servizio per unioni legno-cls	$K_{\text{SER}} = 10016 \text{ N/mm}$
Rigidità ultima per unioni legno-cls	$K_u = 6677 \text{ N/mm}$

Tipologia: **Standard**



[cm]

**1 Normativa di riferimento:** D.M. 14/01/2008

Coefficiente Sicurezza Carichi Permanenti	$G = 1.30$
Coefficiente Sicurezza Carichi Variabili	$Q = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Legno MASSICCIO	$M = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Calcestruzzo	$cl_s = 1.50$

**2 Dati di progetto:**

**2.1 Caratteristiche geometriche:**

Spessore della soletta	$s = 50 \text{ mm}$	$i \text{ collaborante} = 1150 \text{ mm}$
Spessore Isolante (Iso)	$iso = 0 \text{ mm}$	
Spessore assito (gap)	$t = 25 \text{ mm}$	
base della sezione di legno	$b = 250 \text{ mm}$	
altezza sezione di legno	$h = 250 \text{ mm}$	
interasse travi di legno	$i = 1150 \text{ mm}$	
luce di calcolo	$L = 5400 \text{ mm}$	
diametro dei connettori	$\phi = 16 \text{ mm}$	
passo dei connettori alle estremità	$l_e = 200 \text{ mm}$	
passo dei connettori in mezzera	$l_m = 430 \text{ mm}$	
passo efficace connettori	$l_{\text{eff.}} = 257.5 \text{ mm}$	

**2.2 Caratteristiche materiali:**

**Legno:**

**C24**

Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. a traz. parall. fibratura	$f_{t,0,k} = 14.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elast. medio parall. alla fibra	$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica media	$\rho_{0,m} = 4.20 \text{ KN/m}^3$
Massa volumica caratteristica	$\rho_{0,k} = 3.50 \text{ KN/m}^3$
Fattore di deformazione	$K_{\text{def}} = 0.60$
Coeff. Mod. azioni accidentali	$K_{\text{mod}} = 0.80$

**Calcestruzzo:**

**LECA 1600**

Resist. caratt. Cubica	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. Cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Res. Media a trazione	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Res. caratt. Traz.	$f_{ct,k} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
Modulo el. medio secante	$E_{c,m} = 20000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica	$\rho_{0,k} = 16.00 \text{ KN/m}^3$
Coefficiente di Viscosità	$\phi_{o_0, t_0} = 2$

**2.3 Carichi e combinazione delle azioni:**

Peso specifico travi ed assito	$\rho_{0,k} = 6.00 \text{ KN/m}^3$	→ Valore impiegato solo ai fini del peso proprio $G_{k1}$
Totale Carichi Permanenti Strutturali	$G_{k1} = 1.28 \text{ kN/m}^2$	→ trave, assito, isolante, soletta cls
Totale carichi Permanenti non Strutturali	$G_{k2} = 2.00 \text{ kN/m}^2$	→ Pavimento, sottofondo, tramezzi e altri
Totale carichi Permanenti	$G_k = 3.28 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLE: 7.22 kN/m
Totale carichi Variabili	$Q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLU: 10.07 kN/m

**Combinazioni di carico:**SIGLA SOLAIO: **B**Si deve considerare la condizione di carico più severa per la verifica flessionale in relazione al rapporto  $M_d / K_{mod}$ 

Combinazione delle azioni considerata maggiormente gravosa

II

Nome della combinazione

PERMANENTI + ACCIDENTALI

Momento sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $M_d = 36.72 \text{ kN m}$ 

Taglio sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $T_d = 27.20 \text{ kN}$ **3 Verifiche di resistenza:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{ds, sup} =$	-4.41	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{ds, inf} =$	1.91	?	
LEGNO	Verifica a tensione flessione		0.83	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.52	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	10651	?	12516 N

**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{ds, sup} =$	-2.98	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{ds, inf} =$	0.51	?	1.20
LEGNO	Verifica a tensione flessione		0.86	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.53	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	10521	?	12516 N

**4 Verifiche di deformazione:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

Destinazione d'uso, tipologia di carico di esercizio:

Ristoranti, uffici

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g, ist} + \psi_{21} \cdot u_{q, ist}$  $u_{tot, ist} = 8.06 \text{ mm}$ 

L / 670

**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g, fin} + \psi_{21} \cdot u_{q, fin}$  $u_{tot, fin} = 13.49 \text{ mm}$ 

L / 400

**5 Avvertenze:****FASE DI GETTO**

- Puntellare efficacemente il solaio prima del getto e mantenere i puntelli fino a completa maturazione del calcestruzzo.

**RETE ELETTROSALDATA**

- Inserire una rete elettrosaldata almeno di diametro 6 mm maglia 20x20cm
- Sovrapporre i fogli di rete elettrosaldata di almeno due maglie;
- Tenere la rete elettrosaldata sollevata dal piano durante la fase di getto;

**ARMATURA PERIMETRALE**

- Si consiglia di collegare la futura soletta alle murature perimetrali mediante barre innestate a resina.

**CONNETTORI**

- Posizionare il primo connettore sulla trave a cm 5 dalla muratura perimetrale;
- Eseguire sempre preforo diametro 11,5 mm ed impiegare un comune avvitatore ad impulsi min 280N;
- Il posizionamento dovrà essere eseguito secondo le indicazioni della direzione lavori.

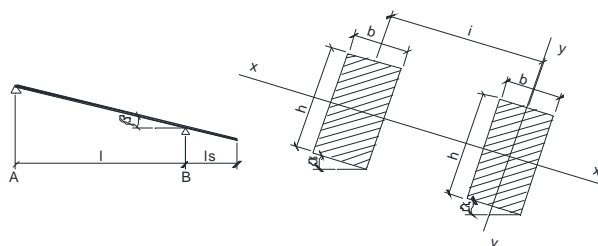
**SOLAIO D: TRAVI 25X25 i=105cm C24**

Il solaio sarà di tipo misto legno-clc; pertanto di seguito vengono riportate due verifiche: la verifica limite che considera il contributo delle sole travi di legno considerando il clc come peso; e la verifica del solaio misto e dei connettori di collegamento travi-soletta in c.a.

**VERIFICHE DI RESISTENZA E DEFORMABILITA' SU TRAVI IN LEGNO**

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE - MECCANICHE										
B [mm]	H [mm]	L [m]	i [m]	Ls [m]	$\beta$ [°]	l' [m]	$\alpha$ [°]	LEGNO	C.S.	Kdef
240	240	5.8	1.05	0	0	5.80	0	C24	1	0.6

CARICHI						
Gk1	Gk2	Qn	Qv	Qacc ]		
[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]	[kN/mq]		
1.39	2	0	0	3		
Durata		Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantaneo
q	[kN/m]	5.047	5.047	9.772	5.047	5.047
q/kmod	[kN/m]	8.412	7.211	12.215	5.608	5.047
kmod		0.6	0.7	0.8	0.9	1



VERIFICA A FLESSIONE								
M+	M+x	M+y	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
41.09	41.09	0.00	17.84	0.00	1.39	Non Verificato	0.98	Verificato
Mb	Mbx	Mby	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$S_{tot,1}$		$S_{tot,2}$	
[kNm]	[kNm]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.000	0.000	0	0.00	0	0.000	Verificato	0.000	Verificato

VERIFICA A TAGLIO			
Tmax	$\tau_d$	$f_{v,d}$	
[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
28.34	0.74	1.33	Verificato

VERIFICHE DI ESERCIZIO				
E [N/mm <sup>2</sup> ]=	11000			
w <sub>G</sub> [mm]=	17.25			
w <sub>Q1</sub> [mm]=	10.68	<L/300=	19.33 [mm]	Verificato
w <sub>ist</sub> [mm]=	27.93	<L/250=	23.20 [mm]	Non Verificato
w <sub>fin</sub> [mm]=	44.69	<L/200=	29.00 [mm]	Non Verificato

\*caso limite in cui la soletta in clc alleggerito è considerata solo come peso permanente.

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**  
SOLAI MISTI LEGNO-CALCESTRUZZO CON CONNETTORI A SECCO AL-FER

SIGLA SOLAIO:  
C

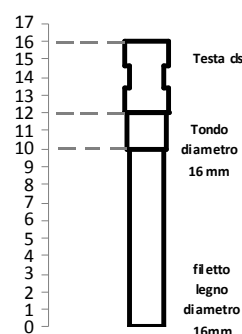
**Caratteristiche della connessione: Connettore a secco AL-FER**

Materiale base del connettore:	Acciaio tipo 9sMnPB36
Res. Caratt. di rottura (Su connettore)	$f_{u,k} = 593 \text{ N/mm}^2$
Diametro del connettore:	$\phi = 16 \text{ mm}$
Lunghezza connettore:	$L_{\text{conn.}} = 160 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nella trave:	$L_W = 100 \text{ mm}$
Lunghezza esagono diametro 17 mm:	$E = 0 \text{ mm}$
Lunghezza di infissione nel cls:	$L_c = 40 \text{ mm}$

**Resistenze per solai a semplice orditura con "assito continuo"**

Resistenza caratteristica connessione	$R_d = 12516 \text{ N}$
Rigidità di servizio per unioni legno-cls	$K_{\text{SER}} = 10016 \text{ N/mm}$
Rigidità ultima per unioni legno-cls	$K_u = 6677 \text{ N/mm}$

Tipologia: **Standard**



[cm]

**1 Normativa di riferimento:** D.M. 14/01/2008

Coefficiente Sicurezza Carichi Permanenti	$G = 1.30$
Coefficiente Sicurezza Carichi Variabili	$Q = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Legno MASSICCIO	$M = 1.50$
Coefficiente Sicurezza Calcestruzzo	$cl_s = 1.50$

**2 Dati di progetto:**

**2.1 Caratteristiche geometriche:**

Spessore della soletta	$s = 50 \text{ mm}$	$i \text{ collaborante} = 1050 \text{ mm}$
Spessore Isolante (Iso)	$iso = 0 \text{ mm}$	
Spessore assito (gap)	$t = 25 \text{ mm}$	
base della sezione di legno	$b = 250 \text{ mm}$	
altezza sezione di legno	$h = 250 \text{ mm}$	
interasse travi di legno	$i = 1050 \text{ mm}$	
luce di calcolo	$L = 5950 \text{ mm}$	
diametro dei connettori	$\phi = 16 \text{ mm}$	
passo dei connettori alle estremità	$l_e = 150 \text{ mm}$	
passo dei connettori in mezzzeria	$l_m = 300 \text{ mm}$	
passo efficace connettori	$l_{\text{eff.}} = 187.5 \text{ mm}$	

**2.2 Caratteristiche materiali:**

**Legno:**

**C24**

Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. a traz. parall. fibratura	$f_{t,0,k} = 14.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elast. medio parall. alla fibra	$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica media	$\rho_{0,m} = 4.20 \text{ KN/m}^3$
Massa volumica caratteristica	$\rho_{0,k} = 3.50 \text{ KN/m}^3$
Fattore di deformazione	$K_{\text{def}} = 0.60$
Coeff. Mod. azioni accidentali	$K_{\text{mod}} = 0.80$

**Calcestruzzo:**

**LECA 1600**

Resist. caratt. Cubica	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resist. caratt. Cilindrica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Res. Media a trazione	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Res. caratt. Traz.	$f_{ct,t,k} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
Modulo el. medio secante	$E_{c,m} = 20000 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica	$\rho_{0,k} = 16.00 \text{ KN/m}^3$
Coefficiente di Viscosità	$\phi_{0,0,t_0} = 2$

**2.3 Carichi e combinazione delle azioni:**

Peso specifico travi ed assito	$\rho_{0,k} = 6.00 \text{ KN/m}^3$	→ Valore impiegato solo ai fini del peso proprio $G_{k1}$
Totale Carichi Permanenti Strutturali	$G_{k1} = 1.31 \text{ kN/m}^2$	→ trave, assito, isolante, soletta cls
Totale carichi Permanenti non Strutturali	$G_{k2} = 2.00 \text{ kN/m}^2$	→ Pavimento, sottofondo, tramezzi e altri
Totale carichi Permanenti	$G_k = 3.31 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLE: 6.62 kN/m
Totale carichi Variabili	$Q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$	TOTALE per metro lineare SLU: 9.24 kN/m

**Combinazioni di carico:**SIGLA SOLAIO: **C**

Si deve considerare la condizione di carico più severa per la verifica flessionale in relazione al rapporto  $M_d / K_{mod}$

Combinazione delle azioni considerata maggiormente gravosa

Nome della combinazione

II

PERMANENTI + ACCIDENTALI

Momento sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $M_{d,1} = 40.89 \text{ kN m}$ 

Taglio sollecitante in mezzera della combinazione più severa

 $T_{d,1} = 27.49 \text{ kN}$ 
**3 Verifiche di resistenza:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{cls, sup} =$	-4.97	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{cls, inf} =$	1.05	?	
LEGNO	Verifica a tensoflessione		0.87	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.50	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	10380	?	12516 N

**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

CLS	Verifica della tensione normale al lembo superiore compresso	$\sigma_{cls, sup} =$	-3.59	?	-14.17 N/mm <sup>2</sup>
	Verifica della tensione normale al lembo inferiore	$\sigma_{cls, inf} =$	-0.22	?	-14.17
LEGNO	Verifica a tensoflessione		0.89	?	1.00
	Verifica delle tensioni tangenziali	$\tau_{legno, max} =$	0.51	?	1.33 N/mm <sup>2</sup>
CONNETTORE	Forza di taglio sul connettore più sollecitato	$F_{conn, max} =$	10084	?	12516 N

**4 Verifiche di deformazione:****VERIFICHE A TEMPO ZERO**

Destinazione d'uso, tipologia di carico di esercizio:

Ristoranti, uffici

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g,ist} + \psi_{21} \cdot u_{q,ist}$ 
 $u_{tot,ist} = 9.22 \text{ mm}$ 
 $L / 645$ 
**VERIFICHE A TEMPO INFINITO**

Coefficiente di combinazione quasi permanente

 $\psi_{21} = 0.30$ 

Freccia istantanea totale in combinazione quasi permanente

 $= u_{g,fin} + \psi_{21} \cdot u_{q,fin}$ 
 $u_{tot,fin} = 15.76 \text{ mm}$ 
 $L / 377$ 
**5 Avvertenze:****FASE DI GETTO**

- Puntellare efficacemente il solaio prima del getto e mantenere i puntelli fino a completa maturazione del calcestruzzo.

**RETE ELETTROSALDATA**

- Inserire una rete elettrosaldata almeno di diametro 6 mm maglia 20x20cm
- Sovrapporre i fogli di rete elettrosaldata di almeno due maglie;
- Tenere la rete elettrosaldata sollevata dal piano durante la fase di getto;

**ARMATURA PERIMETRALE**

- Si consiglia di collegare la futura soletta alle murature perimetrali mediante barre innestate a resina.

**CONNETTORI**

- Posizionare il primo connettore sulla trave a cm 5 dalla muratura perimetrale;
- Eseguire sempre preforo diametro 11,5 mm ed impiegare un comune avvitatore ad impulsi min 280N;
- Il posizionamento dovrà essere eseguito secondo le indicazioni della direzione lavori.



## SCALA IN ACCIAIO S235JR \_Cosciali 200x12mm

analisi dei carichi:	- peso cosciali 200x12mm	31.40	kg/mq
	- lamiera sp.3.5mm	27.5	
	- rinforzi UPN 120 e IPE 120 _1° rampa	11.24	
	- rinforzi UPN 120 e IPE 120 _2° rampa	13.25	
	- permanenti non strutturali		
	- gradino in pietra	120	kg/mq
	- ringhiera	10	kg/ml
	- carichi variabili	400	kg/mq

### Lamiera sp.3.5mm.

La verifica in corrispondenza del gradino è stata eseguita considerando il caso limite in cui la lamiera sia un angolare di altezza 16.5cm e larghezza 30cm, spessore 3.5mm.

Resistenza:

$$q = 1.3 \cdot 12.77 + 1.5 \cdot (120 + 400) = 796.60 \text{ kg/mq}$$

$$q' = q \cdot i = 796.60 \cdot 0.30 = 238.98 \text{ kg/m (carico su ogni gradino)}$$

$$M = q' \cdot l^2 / 8 = 238.98 \cdot 1.20^2 / 8 = 43.016 \text{ kgm (caso limite anche se la lamiera è saldata ai cosciali)}$$

$$W = 24.70 \text{ cmc}$$

$$M_r = W f_y / 1.05 = 552.80 \text{ kgm} > M \quad \text{ok}$$

Freccia:

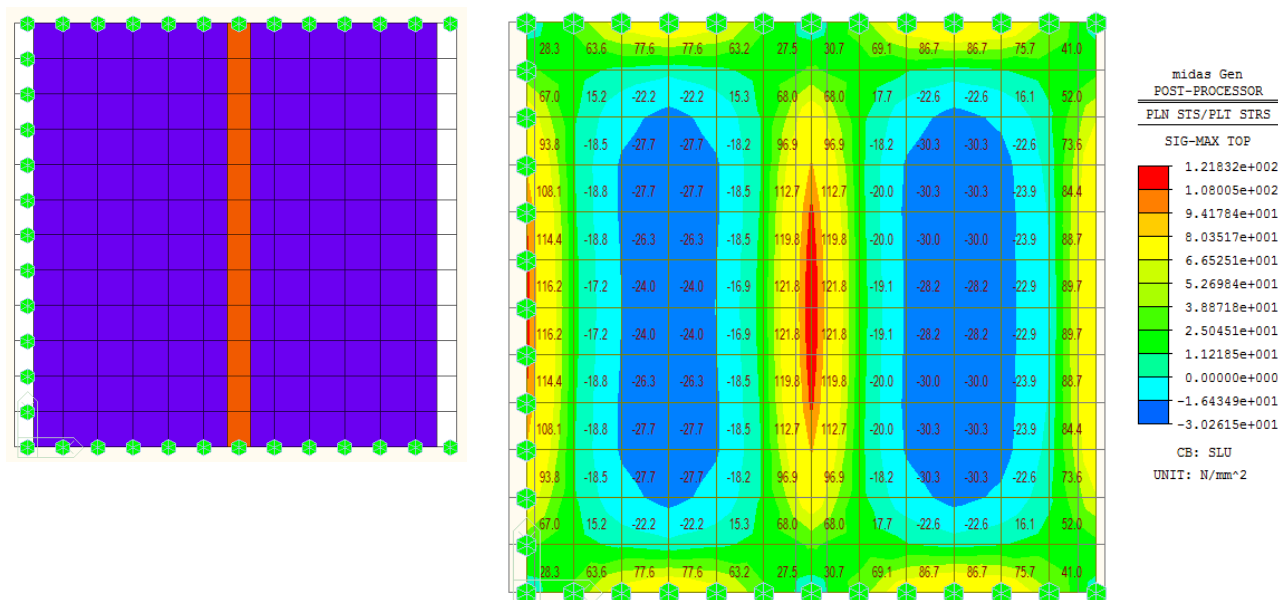
$$q = 12.77 + 120 + 400 = 532.77 \text{ kg/mq}$$

$$q' = q \cdot i = 159.83 \text{ kg/m}$$

$$J = 405 \text{ cm}^4$$

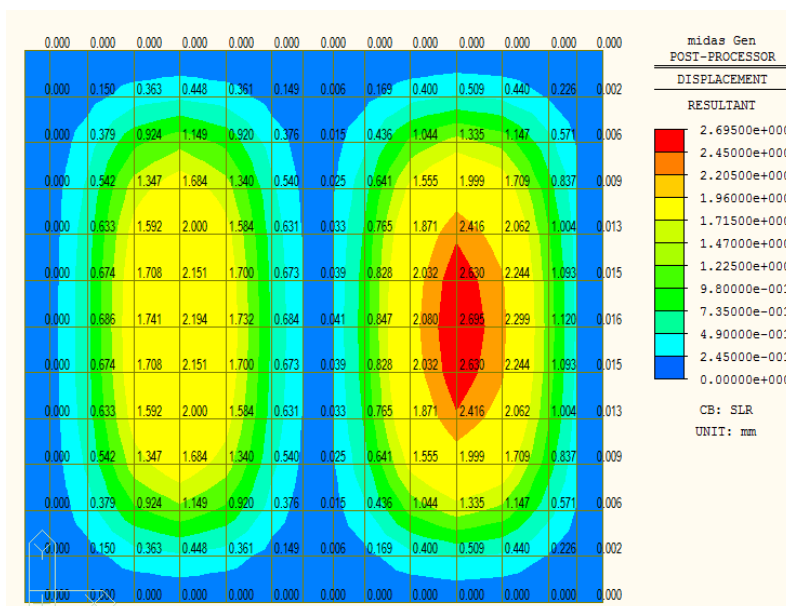
$$f = 0.05 \text{ cm} < l / 500$$

La verifica in corrispondenza dei pianerottoli è stata eseguita attraverso il software Midas Gen, modellando la lamiera come una lastra vincolata su tre lati da incastri e in un lato e in mezzzeria da appoggi cedevoli dati dalle travi di irrigidimento.



$$\sigma_{\max} = 121.83 \text{ N/mm}^2 < f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Tensioni massime



$$f=0.2695\text{cm} < l/445$$

Deformazioni

Cosciali 200x12. Calcolo effettuato per il cosciale di lunghezza superiore con collegato il parapetto.  
L=450cm, i=120cm.

Resistenza:

$$q=1.3*(31.40+11.24+45.60)+1.5*(120+400)=894.71\text{kg/mq}$$

$$q'=q*i=894.71*0.6+1.5*10=551.83\text{kg/m}$$

$$M=q'*l^2/8=1396.81\text{kgm}$$

$$T=q'*l/2=1241.62\text{kg}$$

$$W=80\text{cmc}$$

$$Mr=Wf_y/1.05=1790.047\text{kgm} > M \quad \text{ok}$$

Freccia:

$$q=88.24+120+400=608.24\text{kg/mq}$$

$$q'=q*i+10=374.94\text{kg/m}$$

$$J=800\text{cm}^4$$

$$f=1.192\text{cm} < l/377$$

Cosciali 200x12. L=360cm, i=120cm.

Resistenza:

$$q=1.3*(31.40+13.25+45.60)+1.5*(120+400)=897.32\text{kg/mq}$$

$$q'=q*i=897.32*0.6+1.5*10=553.40\text{kg/m}$$

$$M=q'*l^2/8=896.50\text{kgm}$$

$$T=q'*l/2=996.12\text{kg}$$

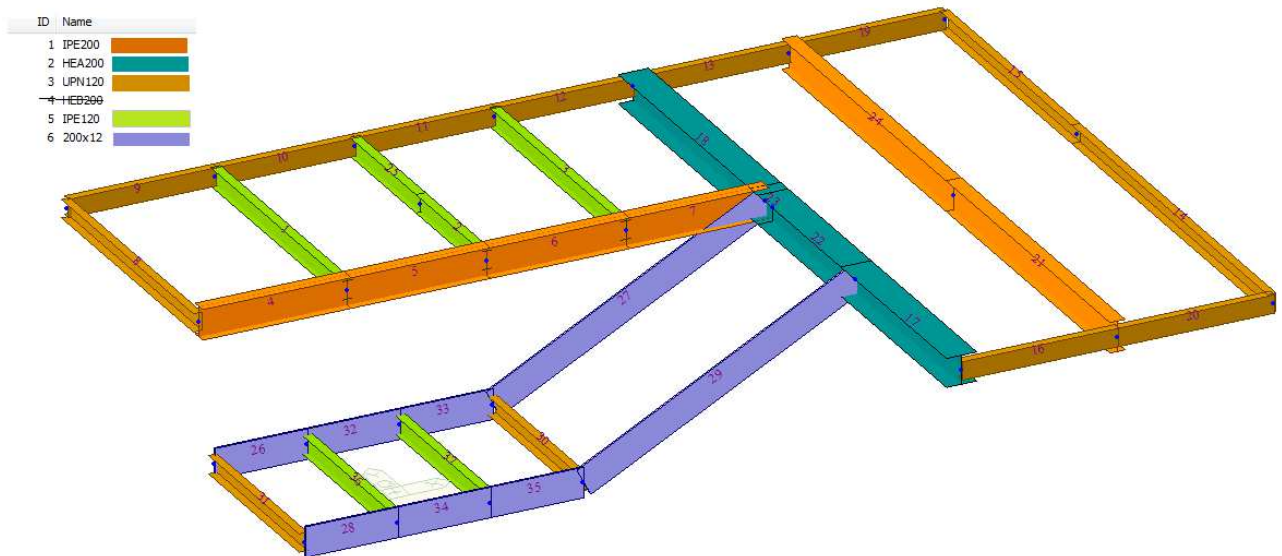
$$W=80\text{cmc}$$

$$Mr=Wf_y/1.05=1790.047\text{kgm} > M \quad \text{ok}$$

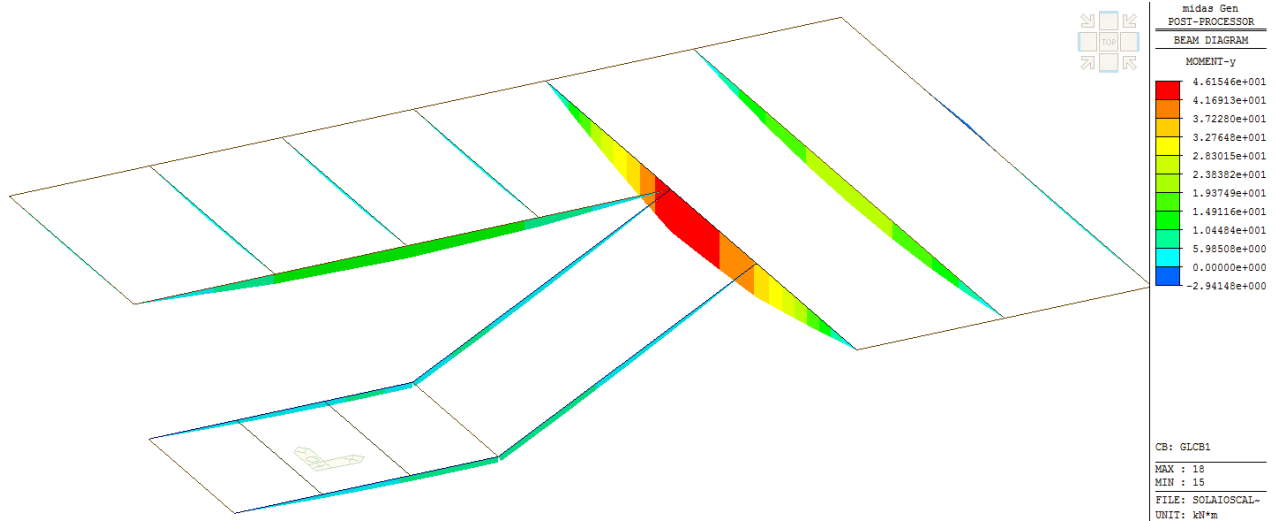
### **SOLAIO C: IN ACCIAIO E CLS ALLEGGERITO**

Il calcolo statico è stato eseguito attraverso il software di calcolo Midas Gen. Le travi sono state considerate semplicemente appoggiate alle estremità. Il calcolo a favore di sicurezza considera la

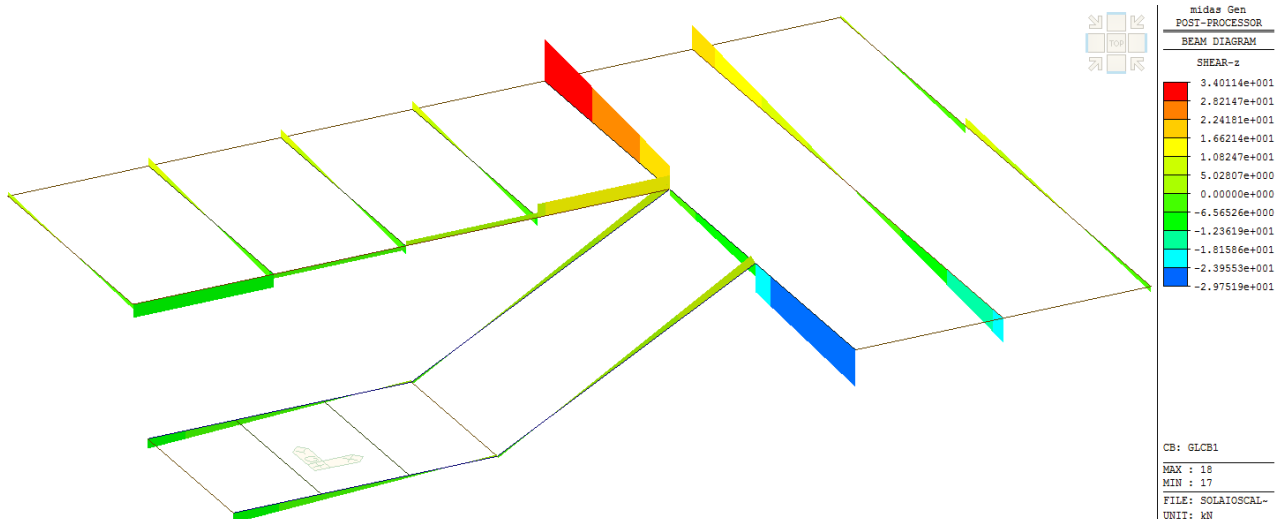
soletta in cls alleggerito solo come peso strutturale e quindi non collaborante con le travi in acciaio, pertanto le resistenze sono maggiori di quelle calcolate e le deformazioni sono inferiori. La seconda rampa della scala, inserita attraverso vincolo di appoggio-appoggio, è stata modellata per trasferire in modo corretto le sollecitazioni alla HEA200.



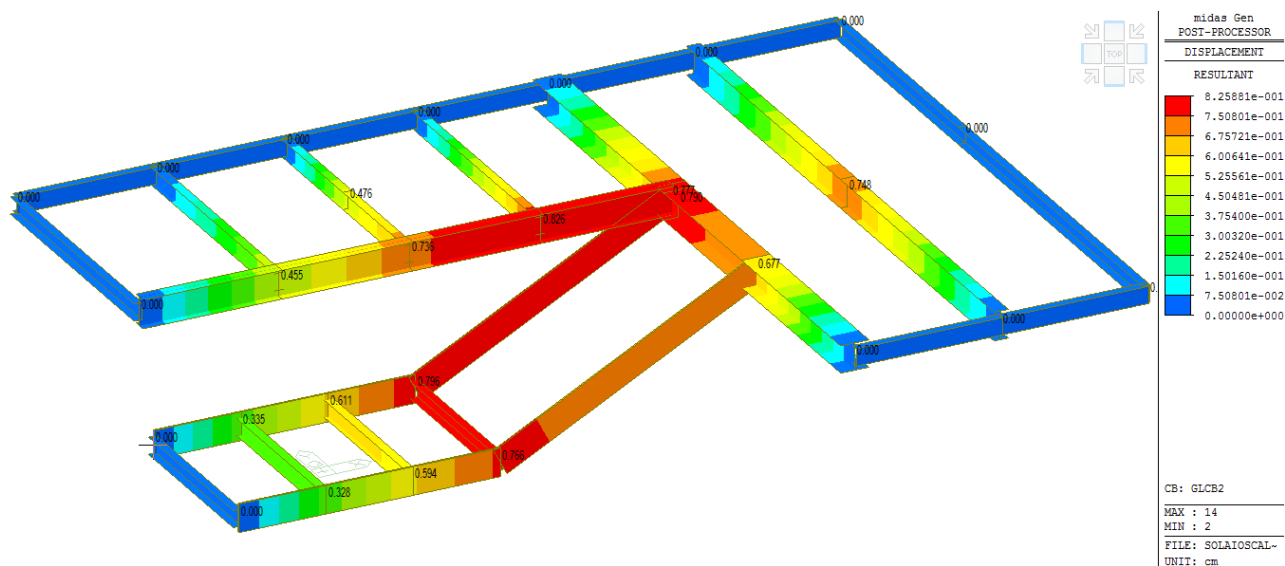
Schema solaio



Momento flettente \_ SLU



## Sollecitazione tagliante \_ SLU



## Deformazione \_ SLR

CH	MEMB	SECT	SE	Section		LCB	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
K	COM	SHR	L	Material	Fy		Lb	Lz	Kz	Bmz	N,Rd	Mb,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
OK	21	1		IPE200		1	435.000	435.000	1.000	1.000	0.00000	2113.93	2113.93	0.00000	0.00000	19.4384	-	-
	0.811	0.102		S235	23.5000		435.000	435.000	1.000	1.000	669.750	2605.90	5170.00	1032.47	0.00000	190.165	-	-
OK	17	2		HEA200		1	435.000	435.000	1.000	1.000	-0.0099	4615.46	4615.46	0.12753	-4.2181	34.0114	-	-
	0.457	0.139		S235	23.5000		120.000	120.000	1.000	1.000	1264.30	0.00000	10105.0	4742.20	580.021	244.898	-	-
OK	14	3		UPN120		1	260.000	260.000	1.000	1.000	0.00000	-294.15	-294.15	0.00000	0.00000	6.97630	-	-
	0.172	0.060		S235	23.5000		260.000	260.000	1.000	1.000	399.500	0.00000	1710.80	556.198	0.00000	115.868	-	-
OK	1	5		IPE120		1	175.000	175.000	1.000	1.000	0.00000	310.541	310.541	0.00000	0.00000	7.09809	-	-
	0.217	0.083		S235	23.5000		175.000	175.000	1.000	1.000	310.200	0.00000	1428.80	315.422	0.00000	85.4116	-	-

## Verifica Resistenza e deformazione

La tabella mostra i risultati delle verifiche per gli elementi più sollecitati di ogni sezione. Vengono omesse le verifiche per gli elementi che compongono la rampa.

### Freccia:

HEA 200 \_\_  $f=0.79\text{cm} = 1/550$  OK

IPE 200 \_\_  $f=0.826\text{cm} = 1/436$  OK

## Verifica trave IPE 200 \_ solaio misto:

**Lavoro**  
Progetto: Cà Aie  
Progettista:  
Solaio:

**Dati geometrici**  
Luce di calcolo: 435 cm  
Interasse travi b: 105 cm  
Spessore soletta hc: 5 cm  
Profilo metallico: IPE 200

☒ Soletta piena  
☐ Soletta su lamiera grecata  
☐ Raccordo staffato  
☒ Trave puntellata

utente

Altezza raccordo hp: 2.5 cm  
Interasse bd: 15 cm  
Larghezza b0: 7.5 cm  
Larghezza inf. binf: 6.15 cm  
Larghezza raccordo br: 10 cm

**Materiali**  
Acciaio: S235  
Calcestruzzo: tipo Leca CLS 160  
CONNETTORE: ☒ CTF ☐ DIAPASON  
Direzione di posa: ☒ 90° ☐ 45°

**Carichi**  
Peso proprio: 1.13 kN/m2  
Altri di 1° fase: 0.15 kN/m2  
Sottofondo: 0.7 kN/m2  
Pavimento: 0.3 kN/m2  
Tramezzi: 1 kN/m2  
Altri permanenti: 0 kN/m2  
Var.: Uffici aperti al pubblico  
3 kN/m2

**Limiti di deformabilità**  
Solai che supportano colonne  
Inflessione 2° fase =  $L / 500$   
Inflessione finale =  $L / 400$

**Connettori**  
+ - n

**Disegni Risultati**

Fase 1 - Trave in acciaio in semplice appoggio -  
Verifica Momento: - Verifica Taglio: -

Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo  
Classe: 1 Beff (cm): 105.0 MED (kNm): 21.8 Verifica Momento: **0.94**  
Calcolo elastico x (cm): 10.4 MRd (kNm): 23.1 Verifica Taglio: **0.14**

Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo - CONNESSIONE  
Altezza conn.: 6.0 cm Distribuzioni ammesse: L (cm) n.conn. passo (cm)  
- Uniforme: 435 12 36.3 cm  
Resistenza PRd: 31.1 kN Variabile:  
Nc: 93 kN k: 1.00 Quarto di trave a sx: **109** 3 36.3 cm  
Nc,f: 637 kN Metà centrale: **218** 6 45.0 cm  
Nc,el: 264 kN Quarto di trave a dx: **109** 3 36.3 cm  
12

Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite di Servizio  
Delta 0 (mm): 0.0 x el. (cm): 10.4 Frequenza:  
Delta 1 (mm): 0.0 + 1.3 n (Coeff. omo.): 21.0 13.7 Hz  
Delta 2 (mm): 1.7 i: 1.00  
Delta 2 ritiro (mm): 3.1 = L / **905** Rete (cm2/m): 1.10 -  
Delta max (mm): 6.1 = L / **718** Staffe (cm2/m): - -

## Verifica trave IPE 120 \_ solaio misto:

**Lavoro**  
Progetto: Cà Aie  
Progettista:  
Solaio:

**Dati geometrici**  
Luce di calcolo: 180 cm  
Interasse travi b: 95 cm  
Spessore soletta hc: 5 cm  
Profilo metallico: IPE 120

☒ Soletta piena  
☐ Soletta su lamiera grecata  
☐ Raccordo staffato  
☒ Trave puntellata

utente

Altezza raccordo hp: 2.5 cm  
Interasse bd: 15 cm  
Larghezza b0: 7.5 cm  
Larghezza inf. binf: 6.15 cm  
Larghezza raccordo br: 10 cm

**Materiali**  
Acciaio: S235  
Calcestruzzo: tipo Leca CLS 160  
CONNETTORE: ☒ CTF ☐ DIAPASON  
Direzione di posa: ☒ 90° ☐ 45°

**Carichi**  
Peso proprio: 1.03 kN/m2  
Altri di 1° fase: 0.15 kN/m2  
Sottofondo: 0.7 kN/m2  
Pavimento: 0.3 kN/m2  
Tramezzi: 1 kN/m2  
Altri permanenti: 0 kN/m2  
Var.: Uffici aperti al pubblico  
3 kN/m2

**Limiti di deformabilità**  
Solai che supportano colonne  
Inflessione 2° fase =  $L / 500$   
Inflessione finale =  $L / 400$

**Connettori**  
+ - n

**Disegni Risultati**

Fase 1 - Trave in acciaio in semplice appoggio -  
Verifica Momento: - Verifica Taglio: -

Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo  
Classe: 1 Beff (cm): 45.0 MED (kNm): 3.3 Verifica Momento: **0.70**  
Calcolo elastico x (cm): 8.5 MRd (kNm): 4.7 Verifica Taglio: **0.11**

Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite Ultimo - CONNESSIONE  
Altezza conn.: 6.0 cm Distribuzioni ammesse: L (cm) n.conn. passo (cm)  
- Uniforme: 180 4 45.0 cm  
Resistenza PRd: 31.1 kN Variabile:  
Nc: 31 kN k: 1.00 Quarto di trave a sx: **45** 1 45.0 cm  
Nc,f: 296 kN Metà centrale: **90** 3 45.0 cm  
Nc,el: 140 kN Quarto di trave a dx: **45** 1 45.0 cm  
5

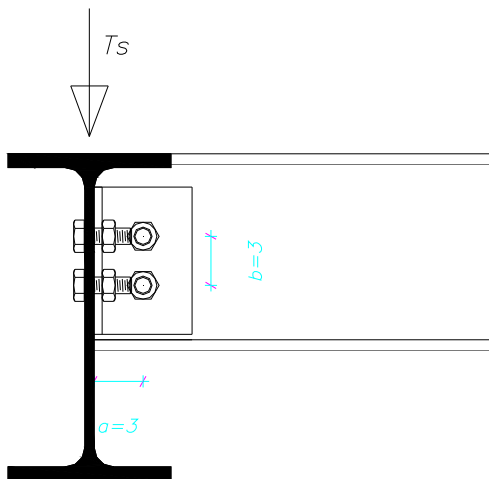
Fase 1+2 Trave acciaio-ds - Stato Limite di Servizio  
Delta 0 (mm): 0.0 x el. (cm): 8.5 Frequenza:  
Delta 1 (mm): 0.0 + 0.1 n (Coeff. omo.): 21.0 40.0 Hz  
Delta 2 (mm): 0.2 i: 1.00  
Delta 2 ritiro (mm): 0.8 = L / - Rete (cm2/m): 1.00 -  
Delta max (mm): 1.2 = L / **1510** Staffe (cm2/m): - -

## Verifica collegamenti:

### Collegamento IPE 120- IPE200

$T_s = 709.8 \text{ kg}$

Caso 1:



$$T = T_s / n_b = 709.8 / 2 = 354.9 \text{ kg}$$

$$H = T_s * a / b = 709.8 * 0.03 / 0.03 = 709.8 \text{ kg}$$

$$S = (T^2 + H^2)^{0.5} = 793.58 \text{ kg}$$

$$\tau_b = S / 2 A_{res} = 7935.8 / (2 * 38.6) = 102.79 \text{ N/mm}^2 < f_d = 188 \text{ N/mm}^2$$

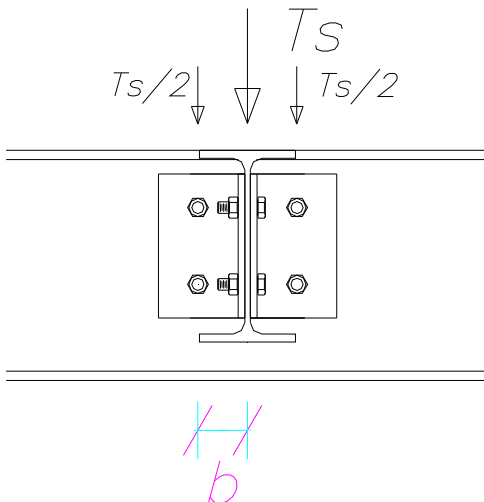
Verifica rifollamento del piatto L60x60x6:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{m2} = 2592 \text{ kg}$$

$$\alpha = 0.75$$

$$k = 2.5$$

Caso 2:



$$T = T_s / 2 * n_b = 709.8 / 4 = 177.45 \text{ kg}$$

$$H = T_s * a / 2 h_1 = 709.8 * 0.03 / 2 * 0.03 = 354.9 \text{ kg}$$

$$S = (T^2 + H^2)^{0.5} = 396.79 \text{ kg}$$

$$\tau_b = S / 2 A_{res} = 3967.9 / (2 * 38.6) = 51.40 \text{ N/mm}^2 < f_d$$

Verifica rifollamento del piatto L60x60x6:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{m2} = 2592 \text{ kg}$$

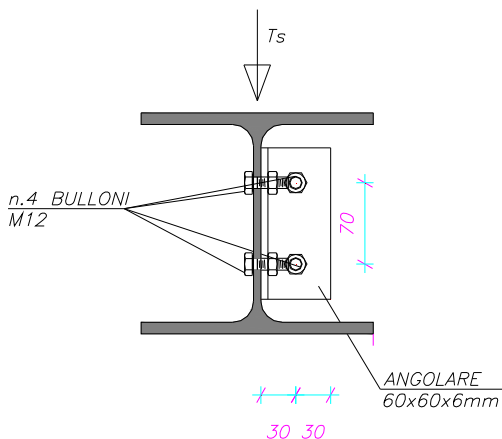
$$\alpha = 0.75$$

$$k = 2.5$$

### Collegamento IPE 200- HEA 200

$T_s = 1107.15 \text{ kg}$

Caso 1:



$$T = T_s / n_b = 1107.15 / 2 = 553.6 \text{ kg}$$

$$H = T_s * a / b = 1107.15 * 0.03 / 0.07 = 474.49 \text{ kg}$$

$$S = (T^2 + H^2)^{0.5} = 729.11 \text{ kg}$$

$$\tau_b = S / 2 A_{res} = 7291.1 / (2 * 84.3) = 43.24 \text{ N/mm}^2 < f_d = 188 \text{ N/mm}^2$$

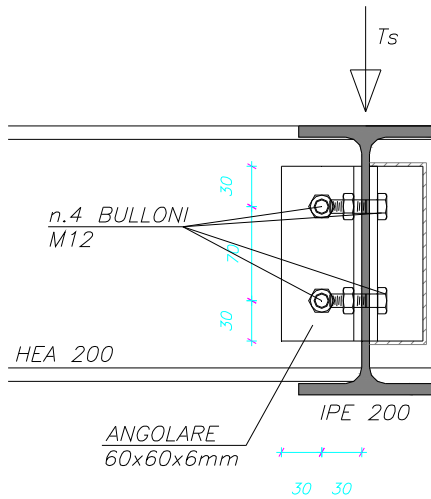
Verifica rifollamento del piatto L60x60x6:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{m2} = 2795 \text{ kg}$$

$$\alpha = 0.75$$

$$k = 2.5$$

Caso 2:



$$T = T_s / n_b = 1107.15 / 2 = 553.6 \text{ kg}$$

$$H = T_s * a / b = 1107.15 * 0.03 / 0.07 = 474.49 \text{ kg}$$

$$S = (T^2 + H^2)^{0.5} = 729.11 \text{ kg}$$

$$\tau_b = S / 2A_{res} = 7291.1 / (2 * 84.3) = 43.24 \text{ N/mm}^2 <$$

$$f_d = 188 \text{ N/mm}^2$$

Verifica rifollamento del piatto L60x60x6:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{m2} = 2795 \text{ kg}$$

$$\alpha = 0.75$$

$$k = 2.5$$

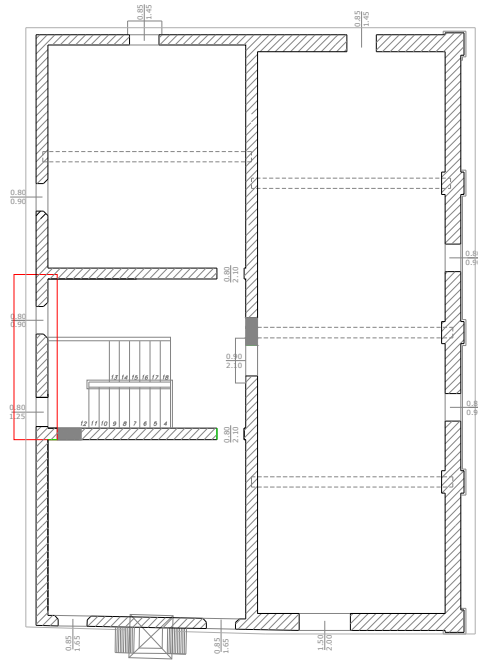
caso limite in cui tutta la sollecitazione tagliante venga presa dai bulloni







# Meccanismo di collasso n.01 – Ribaltamento parete a due piani h=5.24m



DATI INIZIALI	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)				Peso specifico della muratura $\rho_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]				
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie							
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]			Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]			
		1	1.76	2.23	4.35			2.65	4.35	18.0	0.00
		2	0.38	1.66	4.35			2.65	4.35	18.0	0.00
	3										
	4										
	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI										
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $S_i$ [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo $h_i$ [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_i$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_{Vi}$ [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo $h_{Vi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo $y_{Gi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) $y_{Gi}$ [m]			
	1	0.30	2.82	0.15			1.37				
2	0.30	2.42	0.15			1.26					
3						0.00					
4						0.00					
AZIONI SUI MACROELEMENTI											
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) $W_i$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{Si}$ [kN]	Spinta statica della copertura $P_H$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Vi}$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Hi}$ [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo $T_i$ [kN]				
1	61.9		41.9								
2	45.1		13.6								
3	0.0										
4	0.0										

DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
	2 - 1	16.1	8.3	0.0	0.0	
	2	6.8	2.0	0.0	0.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
	2 - 1	268.8	189.5	0.0	0.0	0.0
	2	56.8	33.0	0.0	0.0	0.0
-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
MULTIPLICATORE	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M*	Frazione massa partecipante e*	Accelerazione spettrale a <sub>0</sub> * [m/sec <sup>2</sup> ]
	2 - 1	0.053	1.35	13.602	0.821	0.471
	2	0.098		5.428	0.907	0.786
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.
CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008						
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q				2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S <sub>T</sub>				1.00	
	Categoria suolo di fondazione				D	
	PGA di riferimento a <sub>g</sub> (P <sub>VR</sub> ) [g]				0.165	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F <sub>O</sub>				2.550	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T <sub>C</sub> * [sec]				0.282	
	Fattore di smorzamento †				1.000	
	Altezza della struttura H [m]				5.24	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S <sub>S</sub>				1.769	
	Coefficiente C <sub>C</sub>				2.354	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S				1.769	
	Numero di piani dell'edificio N				2	
	Coefficiente di partecipazione modale †				1.200	
	Primo periodo di vibrazione e dell'intera struttura T <sub>1</sub> [sec]				0.173	
		Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	†(Z) = Z/H	a <sub>g</sub> (SLV) (C8A.4.9)	S <sub>e</sub> (T <sub>1</sub> ) (C8A.4.10)
	2 - 1			0.054		
	2	2.82	0.538	0.091	2.435	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	a <sub>g</sub> (SLV) min(C8DA.4.9; C8A.4.10)				
	2 - 1	0.054				
	2	0.063				
	-	-				
	-	-				

La verifica non è soddisfatta, ma l'indice di rischio è migliorato:

Is=0.327

## STATO DI PROGETTO

### Meccanismo di flessione verticale di parete monolitica

Il meccanismo di espulsione si verifica quando una parete è vincolata agli estremi e libera al centro, ad esempio in presenza di un cordolo di sommità oppure di tiranti metallici o di ancoraggi delle testate delle travi alla parete e in assenza di collegamento ai solai intermedi. Si può anche verificare per la porzione di parete compresa tra due solai ben vincolati ad essa. Può interessare uno o più piani dell'edificio e può anche verificarsi per uno solo dei paramenti nel caso di muro a doppia parete soprattutto se il paramento esterno è efficacemente collegato ai solai intermedi.

La rottura interna di una parete intirantata avviene in seguito alla formazione di una cerniera intermedia, come mostrato in figura.

### 1. Meccanismo di flessione verticale di parete monolitica (cinematismo ad 1 piano)

Equazione dei lavori virtuali:

$$\alpha \cdot [W_1 \delta_{1x} + W_2 \delta_{2x} + F_{V1} \delta_{V1x} + F_{V2} \delta_{V2x} + P_{S1} \delta_{P1x}] + F_{H1} \delta_{H1x} + F_{H2} \delta_{H2x} =$$

$$= W_1 \delta_{1y} + W_2 \delta_{2y} + F_{V1} \delta_{V1y} + F_{V2} \delta_{V2y} + N \delta_{Ny} + P_{S1} \delta_{P1y} + P_{S2} \delta_{P2y} + T \delta_{P1x}$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{E}{W_1 y_{G1} + F_{V1} h_{V1} + P_{S1} h_P + (W_2 y_{G2} + F_{V2} h_{V2}) \frac{h_1}{h_2}}$$

Il termine E indica la seguente espressione:

$$E = \frac{W_1}{2} s_1 + F_{V1} d_{V1} + (W_2 + P_{S2} + N + F_{V2}) s_2 +$$

$$+ \frac{h_1}{h_2} \left( \frac{W_2}{2} s_2 + P_{S2} a_2 + N d + F_{V2} d_{V2} - F_{H2} h_{V2} \right) + P_{S1} a_1 - F_{H1} h_{V1} + T h_P$$

- $W_i$  è il peso proprio della parete al piano  $i$ -esimo o del macroelemento  $i$ -esimo;
- $F_{Vi}$  è la componente verticale della spinta di archi o volte sulla parete al piano  $i$ -esimo;
- $T_i$  rappresenta l'azione dei tiranti eventualmente presenti in testa alla parete del piano  $i$ -esimo;
- $F_{Hi}$  è la componente orizzontale della spinta di archi o volte sulla parete al piano  $i$ -esimo;
- $P_{Si}$  è il peso del solaio agente sulla parete al piano  $i$ -esimo;

VERIFICA A ESCLUSIONE PARETE SECONDO LIVELLO

DATI INIZIALI	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE					
	Spessore della parete $S$ [m]	Altezza della parete (interpiano) $h$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B $d$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B $d_V$ [m]	Braccio verticale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B $h_V$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio rispetto al carrello in B $a$ [m]
	0.30	2.16	0.15	0.00	0.00	0.10
	Peso specifico della muratura $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	AZIONI SUI MACROELEMENTI				
		Peso proprio della parete $W$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio $P_S$ [kN]	Carico trasmesso alla parete dai piani superiori $N$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte $F_V$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte $F_H$ [kN]
	18.0	11.7	6.2	0.0	0.0	0.0

DATI DI CALCOLO	Valore minimo assunto da $\alpha_0$	Valore di $h_1$ per $\alpha_0$ minimo [m]	Valore assunto da $\alpha_0$ per $h_2 = h_V$
	0.766	1.60	N.C.

MOLTIPLICATORE $\alpha_0$	Valore minimo assunto da $\alpha_0$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
	0.766	1.60	1.35	1.189	1.000	5.567

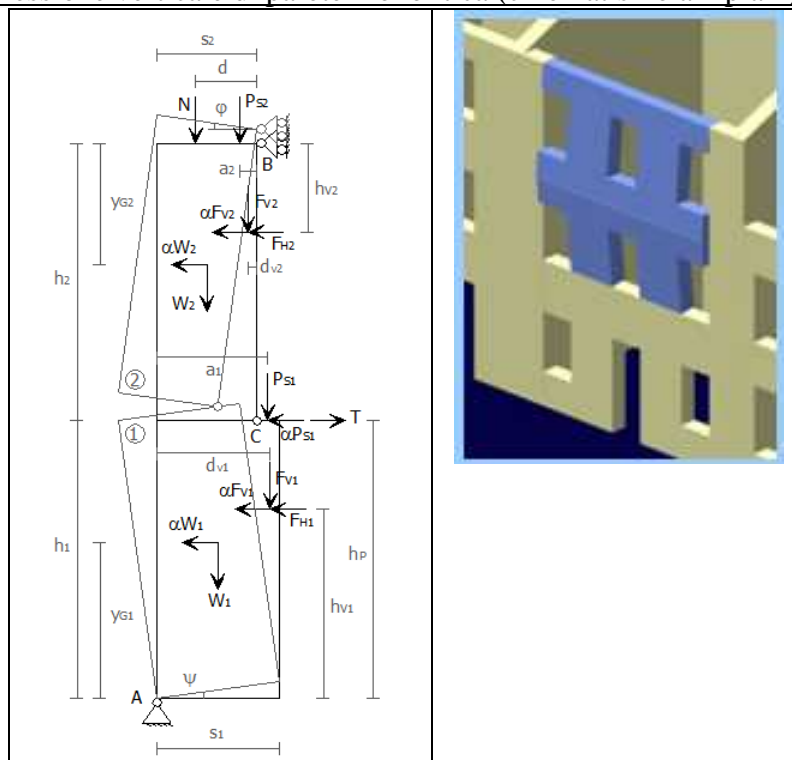
**CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA  
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008**

PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura $q$	2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$	1.00	
	Categoria suolo di fondazione	D	
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]	0.165	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_O$	2.550	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]	0.282	
	Fattore di smorzamento $\zeta$	1.000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]	3.220	
	Altezza della struttura $H$ [m]	5.38	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$	1.769	
	Coefficiente $C_C$	2.354	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$	1.769	
	Numero di piani dell'edificio $N$	2	
	Coefficiente di partecipazione modale $\eta$	1.200	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]	0.177	
	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\zeta(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)
3.220	0.599	0.642	15.502

<b>PGA-SLV</b>	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)
	<b>0.399</b>

La verifica è soddisfatta, ma l'indice di rischio è migliorato:  
Is=2.42

## 2. Meccanismo di flessione verticale di parete monolitica (cinematismo a 2 piani)



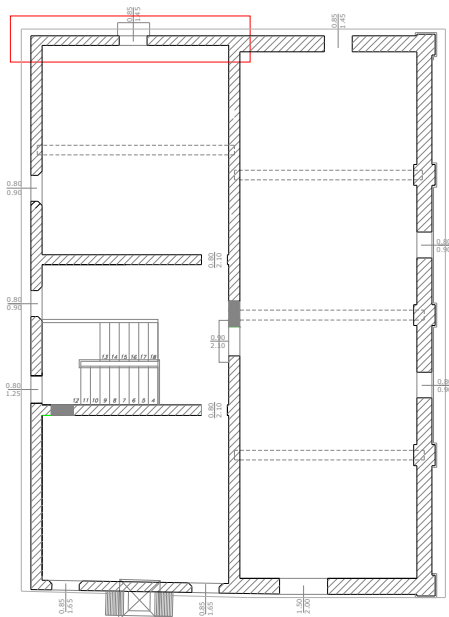
### VERIFICA A ESPLUSIONE PARETI PRIMO E SECONDO LIVELLO

DATI INIZIALI	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLE PARETI									
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $S_i$ [m]	Altezza della parete al piano i-esimo (interpiano i-esimo) $h_{Pi}$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B $d$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $d_{vi}$ [m]	Braccio verticale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $h_{vi}$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $a_i$ [m]			
	1	0.30	3.22	0.15			0.10			
	2	0.30	2.16				0.10			
	AZIONI SUI MACROELEMENTI									
	Elevazione	Peso proprio della parete $W_{Pi}$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{Si}$ [kN]	Carico trasmesso alla parete dai piani superiori $N$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Vi}$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Hi}$ [kN]	Azione del tirante al solaio intermedio $T$ [kN]			
	1	17.4	26.9	0.0						
	2	11.7	6.2							
	Elevazione	Peso specifico della muratura $\Xi$ [kN/m <sup>3</sup> ]	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI (*)				Fattore di Confidenza FC			
			Macroelemento	Altezza del macroelemento $h_i$ [m]	Peso proprio del macroelemento $W_i$ [kN]	Distanza verticale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso $y_{gi}$ [m]				
			1	18.0	1					1.35
			2	18.0	2					

					MOLTIPLICATORE $\Xi_3$				
DATI DI CALCOLO	Flessione verticale di fascia muraria continua	Valore minimo assunto da $\Xi_3$	Valore di $h_1$ per $\Xi_3$ minimo [m]	Valore assunto da $\Xi_3$ per $h_1 = h_p$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Valore minimo assunto da $\Xi_3$	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
		0.104	3.91	0.107	3.91	0.104	5.373	0.943	0.803
	Flessione verticale di macroelementi a geometria nota	Numeratore di $\Xi_3$	Denominatore di $\Xi_3$	Valore assunto da $\Xi_0$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Valore di $\Xi_3$	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0.000	0.000	N.C.

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008					
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura $q$		2.00		
	Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$		1.00		
	Categoria suolo di fondazione		D		
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]		0.165		
	Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$		2.550		
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]		0.282		
	Fattore di smorzamento $\forall$		1.000		
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		0.000		
	Altezza della struttura $H$ [m]		5.38		
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$		1.769		
	Coefficiente $C_C$		2.354		
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$		1.769		
	Numero di piani dell'edificio $N$		2		
	Coefficiente di partecipazione modale $\forall$		1.200		
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]		0.177		
	Flessione verticale di fascia muraria continua	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\forall(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
		3.220	0.599	0.093	-
	Flessione verticale di macroelementi a geometria nota	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\forall(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
		0.000	0.000	-	-
PGA-SLV	Flessione verticale di fascia muraria continua	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)	0.093		
			-		
	Flessione verticale di macroelementi a geometria nota	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)	-		
			-		

La verifica non è soddisfatta, ma l'indice di rischio è migliorato:  
 $I_s = 0.563$

**STATO ATTUALE**
**Meccanismo di collasso n.02 – Ribaltamento parete a due piani h=5.24m**


DATI INIZIALI	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura $\gamma_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]			
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie							
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]					
		1	0.10	2.46	4.94	4.94			5.80	18.0	0.00
		2	0.10	1.60	5.50	4.64			5.80	18.0	0.00
	3										
	4										
	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI										
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $S_i$ [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo $h_i$ [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_i$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica $d_{Vi}$ [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo $h_{Vi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo $Y_{Gi}$ [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) $Y_{Gi}$ [m]			
	1	0.30	2.82	0.15			1.44				
2	0.30	3.38	0.15			1.77					
3						0.00					
4						0.00					
AZIONI SUI MACROELEMENTI											
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo $W_i$ [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) $W_i$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{Si}$ [kN]	Spinta statica della copertura $P_H$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Vi}$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Hi}$ [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo $T_i$ [kN]				
1	76.9		6.6								
2	96.3		16.4								
3	0.0										
4	0.0										



DATI DI CALCOLO	MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione dei tiranti [kNm]	
	2 - 1	26.0	3.4	0.0	0.0	
	2	14.4	2.5	0.0	0.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
	MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI					
	Ribaltamento delle elevazioni:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
	2 - 1	553.0	120.1	0.0	0.0	0.0
	2	170.9	55.4	0.0	0.0	0.0
-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
MULTIPLICATORE →→	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di →	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M*	Frazione massa partecipante e*	Accelerazione spettrale a <sub>0</sub> * [m/sec <sup>2</sup> ]
	2 - 1	0.044	1.35	16.068	0.804	0.395
	2	0.075		10.642	0.926	0.586
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.
	-	N.C.		0.000	0.000	N.C.
CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008						
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q				2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica S <sub>T</sub>				1.00	
	Categoria suolo di fondazione				D	
	PGA di riferimento a <sub>g</sub> (P <sub>VR</sub> ) [g]				0.165	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F <sub>O</sub>				2.550	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T <sub>C</sub> * [sec]				0.282	
	Fattore di smorzamento →				1.000	
	Altezza della struttura H [m]				6.20	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S <sub>S</sub>				1.769	
	Coefficiente C <sub>C</sub>				2.354	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S				1.769	
	Numero di piani dell'edificio N				2	
	Coefficiente di partecipazione modale →				1.200	
	Primo periodo di vibrazione e dell'intera struttura T <sub>1</sub> [sec]				0.196	
	Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	→(Z) = Z/H	a <sub>g</sub> (SLV) (C8A.4.9)	S <sub>e</sub> (T <sub>1</sub> ) (C8A.4.10)	
	2 - 1			0.046		
	2	2.82	0.455	0.068	2.147	
-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-		
PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	a <sub>g</sub> (SLV) min(C8DA.4.9; C8A.4.10)				
	2 - 1	0.046				
	2	0.052				
	-	-				

La verifica non è soddisfatta, ma l'indice di rischio è migliorato:

Is=0.278

**STATO DI PROGETTO**
**VERIFICA A ESCLUSIONE PARETE PRIMO LIVELLO**

DATI INIZIALI	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE					
	Spessore della parete $S$ [m]	Altezza della parete (interpiano) $h$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B $d$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B $d_v$ [m]	Braccio verticale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B $h_v$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio rispetto al carrello in B $a$ [m]
	0.30	3.21	0.15	0.00	0.00	0.10
	Peso specifico della muratura $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	AZIONI SUI MACROELEMENTI				
		Peso proprio della parete $W$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio $P_s$ [kN]	Carico trasmesso alla parete dai piani superiori $N$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte $F_v$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte $F_h$ [kN]
	18.0	17.3	18.9	0.0	0.0	0.0

DATI DI CALCOLO	Valore minimo assunto da $\gamma_v$	Valore di $h_1$ per $\gamma_v$ minimo [m]	Valore assunto da $\gamma_v$ per $h_2 = h_v$
	0.786	2.25	N.C.

MULTIPLICATORE $\gamma_v$	Valore minimo assunto da $\gamma_v$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
	0.786	2.25	1.35	1.767	1.000	5.710

**CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA  
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008**

PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura $q$		2.00	
	Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$		1.00	
	Categoria suolo di fondazione		D	
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]		0.165	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_O$		2.550	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]		0.282	
	Fattore di smorzamento $\forall$		1.000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		3.220	
	Altezza della struttura $H$ [m]		6.43	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S$		1.769	
	Coefficiente $C_C$		2.354	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$		1.769	
	Numero di piani dell'edificio $N$		2	
	Coefficiente di partecipazione modale $\forall$		1.200	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]		0.202	
Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]		$\forall(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
3.220		0.501	0.658	19.002

<b>PGA-SLV</b>	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)
	<b>0.454</b>

La verifica è soddisfatta:  
Is=2.75

**VERIFICA A ESCLUSIONE PARETI PRIMO E SECONDO LIVELLO**

DATI INIZIALI	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLE PARETI								
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo $S_i$ [m]	Altezza della parete al piano i-esimo (interpiano i-esimo) $h_{Pi}$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B $d$ [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $d_{Vi}$ [m]	Braccio verticale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $h_{Vi}$ [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo rispetto al polo del corpo $a_i$ [m]		
	1	0.30	3.21	0.15			0.10		
	2	0.30	3.21				0.10		
	AZIONI SUI MACROELEMENTI								
	Elevazione	Peso proprio della parete $W_{Pi}$ [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo $P_{Si}$ [kN]	Carico trasmesso alla parete dai piani superiori $N$ [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Vi}$ [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo $F_{Hi}$ [kN]	Azione del tirante al solaio intermedio $T$ [kN]		
	1	17.3	12.9	0.0					
	2	17.3	18.9						
	Elevazione	Peso specifico della muratura $\gamma_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI (*)				Fattore di Confidenza FC		
			Macroelemento	Altezza del macroelemento $h_i$ [m]	Peso proprio del macroelemento $W_i$ [kN]	Distanza verticale del baricentro del macroelemento rispetto al polo dello stesso $y_{gi}$ [m]			
			1	18.0	1				
			2	18.0	2				

MULTIPLICATORE $\nabla_V$									
DATI DI CALCOLO	Flessione verticale di fascia muraria continua	Valore minimo assunto da $\nabla_V$	Valore di $h_1$ per $\nabla_V$ minimo [m]	Valore assunto da $\nabla_V$ per $h_1 = h_p$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Valore minimo assunto da $\nabla_V$	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
		0.183	4.49	0.199	4.49	0.183	4.707	0.972	1.366
	Flessione verticale di macroelementi a geometria nota	Numeratore di $\nabla_V$	Denominatore di $\nabla_V$	Valore assunto da $\nabla_0$	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete $h_1$ [m]	Valore di $\nabla_V$	Massa partecipante $M^*$	Frazione massa partecipante $e^*$	Accelerazione spettrale $a_0^*$ [m/sec <sup>2</sup> ]
		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0.000	0.000	N.C.

**CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA  
CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008**

<b>PARAMETRI DI CALCOLO</b>	Fattore di struttura $q$		2.00
	Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$		1.00
	Categoria suolo di fondazione		D
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]		<b>0.165</b>
	Fattore di amplificazione massima dello spettro $F_0$		2.550
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_C^*$ [sec]		0.282
	Fattore di smorzamento $\forall$		1.000
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		0.000
	Altezza della struttura $H$ [m]		6.42
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$		1.769
	Coefficiente $C_C$		2.354
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione $S$		1.769
	Numero di piani dell'edificio $N$		2
	Coefficiente di partecipazione modale $\forall$		1.200
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura $T_1$ [sec]		0.202

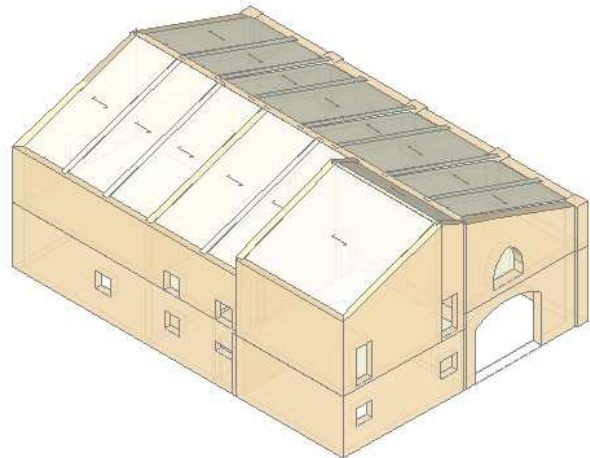
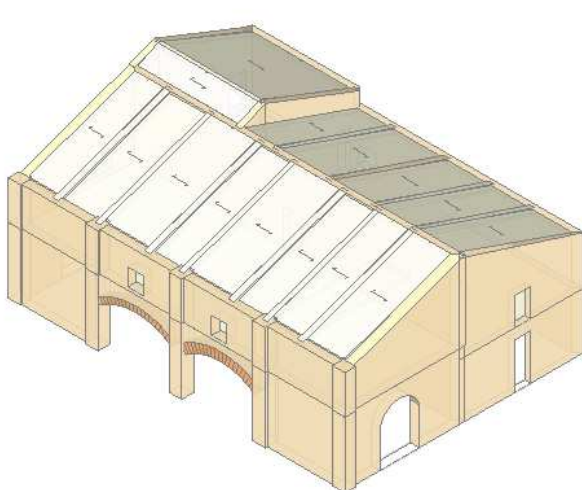
Flessione verticale di fascia muraria continua	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\forall(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
	3.220	0.502	0.157	-
Flessione verticale di macroelementi geometria nota	Baricentro delle linee di vincolo $Z$ [m]	$\forall(Z) = Z/H$	$a_{g(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
	0.000	0.000	-	-

<b>PGA-SLV</b>	Flessione verticale di fascia muraria continua	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)
		<b>0.157</b>
	Flessione verticale di macroelementi a geometria nota	$a_{g(SLV)}$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)
		-

La verifica non è soddisfatta, ma migliora rispetto allo stato attuale:  
Is=0.951

MECCANISMI LOCALI			
		INDICE DI RISCHIO	
MECCANISMO	PIANO	STATO ATTUALE	STATO DI PROGETTO
n.01	2	0.382	2.42
n.01	1-2	0.327	0.593
n.02	2	0.315	2.75
n.02	1-2	0.278	0.951

## MECCANISMI GLOBALI STATO ATTUALE



### 1. GENERALITA' - PARAMETRI DI CALCOLO - AZIONE SISMICA

Nome del file del Progetto : CaAieSDF  
Data e Ora di archiviazione: ( 05/06/2018 - 12:58:48 )  
Dati PCM Versione 2018.02.3  
Abilitazione Hardware USB: LQLTLJLH

#### Commento al Progetto

PCM 2018: progetto di edificio in muratura

#### Dati PROGETTO

Numero Piani : 2  
Numero Materiali : 6  
Numero Nodi : 453  
Numero Sezioni : 105  
Numero Aste : 564  
Numero Solai : 20  
Numero Condizioni di Carico Elementari : 9  
Numero Combinazioni di Condizioni di Carico : 27  
Vettore traslazione (dX, dY) (m)  
(spostamento del riferimento globale XY rispetto al modello grafico):  
-.139,-.035

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Generali

Tipi di analisi richieste:  
Analisi Modale  
Analisi Statica Lineare NON Sismica [\$4.5.5]  
Analisi Sismica Statica NON Lineare Pushover [\$7.8.1.5.4]  
- Analisi eseguita per Fasi Costruttive

#### AZIONE SISMICA

Struttura:  
Vita Nominale VN (anni) = 50  
Classe d'uso: II  
Coefficiente d'uso CU = 1  
Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN\*CU (anni) = 50

#### Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.265049

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 44.358296

Tipo di interpolazione: media ponderata ([3] in All.a)

ag(g) Fo Tc\*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento

30	0.048	2.445	0.26
50	0.06	2.478	0.28
72	0.072	2.442	0.282
101	0.085	2.466	0.285
140	0.099	2.5	0.282
201	0.116	2.545	0.282
475	0.165	2.553	0.28
975	0.219	2.493	0.29
2475	0.308	2.408	0.305

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

ag(TR) = K \* TR<sup>α</sup>, dove:

K = 0.010017450, α = 0.462055340

#### Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.i)

SLE: SLO	81
SLE: SLD	63
SLU: SLV	10
SLU: SLC	5

ag(g) Fo Tc\*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite [§3.2.3]

Stato limite	TR (anni)	a,g (*g)	Fo	TC* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)
SLO	30	0.048	2.445	0.260	1.800	0.212	0.637	1.792
SLD	50	0.060	2.478	0.280	1.800	0.220	0.661	1.840
SLV	475	0.165	2.553	0.280	1.768	0.220	0.661	2.260
SLC	975	0.219	2.493	0.290	1.581	0.224	0.673	2.476

(parametri di spettro conformi al reticolo sismico secondo D.M. 14.1.2008)

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analogia ad:  $ag \cdot S$ , dove:  $S = SS \cdot ST$ )

Componenti:

Spettro di risposta: componente orizzontale:

SLE: Smorzamento viscoso ( $\xi$ ) (%) = 5

$\eta = [10 / (5 + \xi)] = 1$

SLU: Rapporto  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.5$

Regolarità in altezza: no

SLV: Fattore di Comportamento = 3  $\Rightarrow \eta = 1/q = 0.333$

SLD: Fattore di Comportamento = 1.5

Spettro di risposta: componente verticale:

SS=1.000, S=1.000, TB=0.050 sec, TC=0.150 sec, TD=1.000 sec,  $\xi=5\%$  ( $\eta=1.000$ ),  $q=1.500$  ( $\eta=1/q=0.667$ )

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Sismica

Direzioni di analisi e quote di riferimento:

Angolo tra sistema di riferimento globale XY e direzioni sismiche X'Y' (+ se antiorario) ( $\alpha^\circ$ ) = 0

(analisi nelle direzioni X e Y)

Altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione H (m) = 7.99

Quota di inizio degli effetti sismici H,S (m) = 0

Analisi Sismiche Lineari:

Criterio di combinazione delle componenti orizzontali: +30% [§7.3.5]

Ignorare gli effetti dei momenti torcenti dovuti alle eccentricità accidentali [§7.2.6]: no

Amplificazione spostamenti sismici con fattore  $\mu$  [§7.3.3.3 per SLV]:

ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno: no

Eseguire le verifiche di sicurezza anche per le combinazioni (Nmin, T/Mmax), (Nmax, T/Mmin): no

Analisi Sismica Statica Lineare:

Periodo principale T1 (sec) in direzione X': T1X = 0.238

- in direzione Y': T1Y = 0.238

Calcolo di T1 con relazione  $T1 = C1 \cdot H^{(3/4)}$ : si

- C1 per il calcolo di T1 = 0.05

$\lambda=1.00$  nella definizione delle forze sismiche [§7.3.3.2]: no

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicità [§7]: no

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi Modale

Metodo di calcolo per Analisi Modale: Lanczos

Numero modi da calcolare: 50

Numero di modi da considerare: tutti i modi con massa part.>5% e comunque tali che massa part.tot.>85%

[§7.3.3.1]

Metodo di combinazione dei modi: CQC (combinazione quadratica completa) [§7.3.3.1]

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura

Tipo di edificio: Muratura Ordinaria

Edificio Esistente

Coefficienti parziali di sicurezza: Edificio Esistente

-  $\gamma_M$  in Statica [§4.5.6.1] = 3

-  $\gamma_M$  in Sismica [§7.8.1.1] = 2.4

Per maschi murari:

Contributo rigidità trasversale: si

Assemblaggio rigidità flessionale (EJ) per elementi contigui: no

Comportamento muratura:

Diagramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2.2]: Stress-block

Coefficienti correttivi dei parametri meccanici [Tab. C8A.2.2]: per 2 o più coefficienti:

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Valutazione

Stati Limite da considerare: SLO - SLD - SLV

Valutazione della sicurezza sismica per edifici esistenti: SLO - SLD - SLV

Analisi Sismica: Intervento di Adeguamento [§8.4.3] o Stato Attuale di un Intervento di Miglioramento:

indicatore di rischio sismico  $\zeta, E \geq 0.800$

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Verifiche

Per maschi murari:

Sezioni di verifica. Alla base, e in sommità in pushover: obbligatoria; in sommità in an.lineare: a tutti i piani, tranne l'ultimo

PressoFlessione Complanare:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.1]: si

Considerare la Flessione solo nei maschi snelli: no

- snelli se (h/l) superiore a: 2

Taglio per Scorrimento:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.2]: si  
 Modalità di calcolo della zona reagente: distribuzione triangolare delle tensioni [EC6,§4.5.3(6)]  
 Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione: no  
 Taglio per fessurazione diagonale:  
 Eseguire le verifiche [§C8.7.1.5]: si  
 Per muratura nuova, in Analisi lineare:  $\tau_0 = f_{vm0}$ : si  
 (in analogia con la muratura esistente, anziché:  $\tau_0 = f_{vk0}$ )  
 Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza  $\lambda = (h/l)$ :  $b = 1.5$  indipendente da  $\lambda$  (Turnsek-Cacovic)  
 Resistenza a trazione  $f_t = b \tau_0$   
 PressoFlessione Ortogonale:  
 Analisi Statica [§4.5.6.2]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: si  
 - metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) [§4.5.5,§4.5.6.2]: no  
 eseguire le verifiche solo in mezzeria: si  
 Analisi Sismiche Lineari [§7.8.2.2.3]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: no  
 - con azioni convenzionali (forze equivalenti per elementi non strutturali) [§7.2.3]: si  
 Analisi Pushover [§7.8.2.2.3]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: si  
 Opzioni varie:  
 - riduzione della resistenza per gli effetti di instabilità: no  
 - considerare eccentricità minima  $(h/200)$ : si

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (1)

Distribuzioni di forze [cfr. §7.3.4.1]:  
 Gruppo 1: distribuzioni principali  
 (B) Uni-modale: forze corrispondenti al primo modo di vibrare  
 Gruppo 2: distribuzioni secondarie  
 (E) Uniforme: forze proporzionali alle masse  
 Fattore di partecipazione modale  $\Gamma$  [cfr. §C7.3.5]:  
 calcolato con le sole masse equiverse all'analisi  
 $\Gamma = 1.00$  nella distribuzione di forze Uniforme (E): si  
 Direzione e verso di analisi:  
 + $\alpha$  (+X per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 - $\alpha$  (-X per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 + $\alpha + 90^\circ$  (+Y per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 - $(\alpha + 90^\circ)$  (-Y per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 considerare gli effetti dell'eccentricità accidentale: no  
 Punto di controllo:  
 baricentro del piano 2  
 E' possibile che in input siano stati definiti nodi aggiuntivi  
 per l'elaborazione delle curve di capacità [§7.3.4.2]:  
 in ogni caso, i risultati delle verifiche con confronto  
 tra capacità e domanda per i vari stati limite si riferiscono  
 alle curve che producono i risultati a maggior favore di sicurezza.

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (2)

Comportamento degli elementi strutturali:  
 Verifiche di sicurezza in corso di analisi:  
 Maschi murari:  
 Non eseguire verifiche a Sforzo Normale di Trazione: no  
 Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra):  
 Non eseguire verifiche a PressoFlessione: no  
 Non eseguire verifiche a Taglio: no  
 Fondazioni:  
 Ignorare aste su suolo elastico in Analisi Pushover: si  
 Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra): comportamento elasto-plastico  
 Dopo il collasso, la fascia non vincola più gli spostamenti orizzontali dei nodi dei maschi tra i quali è  
 definita: no  
 Modalità di calcolo:  
 Spostamento ultimo:  
 Drift ultimo (deformazione angolare): si  
 - fattore di snellezza  $H_0/D$  per drift a pressoflessione: no  
 Controllo di duttilità (multiplo dello spostamento al limite elastico): no  
 Sistema bilineare equivalente:  
 Massima riduzione R di resistenza in corrispondenza di SLU (%) = 20  
 Tratto elastico passante per il punto con Taglio ( $K T_{max}$ ), dove  $K = 0.7$   
 Riduzione del Taglio non superiore a R% del massimo:  
 Ultima configurazione equilibrata corrispondente a una riduzione del Taglio pari a R% rispetto al massimo  
 Opzioni varie:  
 Tratto plastico con spostamenti plastici cumulati in elevazione: si  
 Ignorare tratti plastici in caso di collasso completo di un piano: si  
 Ignorare caduta di taglio per crisi a pressoflessione ortogonale: si

## 2. Dati PIANI

-----											
-----											
N°	Z:altezza da	Piano Rigido	Nodo	>3D:Ecc.agg.	-ecc. agg.	Piano di					
controllo	Vento	Vento	Vento	Vento	Press.X						
	fondaz.(m)	(master/slave)	master	dir.(a+90)°[Y](m)	dir.(a)°[X](m)	in Pushover	+X	+Y	-X	-Y	
	(kN/m^2)										
-----											
1	3.400		452	0.847	0.602		X	X	X	X	
	0.50										



2	5.400	453	0.847	0.602	X	X	X	X	X
0.50									

N°	Depress.X	Press.Y	Depress.Y
1	0.25	0.50	0.25
2	0.25	0.50	0.25

### Descrizione dei DATI MATERIALI

**Tipologia materiale:** sono previsti i seguenti tipi:

1) Conglomerato Cementizio Armato, 2) Acciaio, 3) Muratura, 4) Legno, 5) Materiale generico

**Descrizione:** denominazione del materiale. Nei dati seguenti, i parametri meccanici (moduli di elasticità e resistenze) sono espressi in N/mm<sup>2</sup> (Sistema Internazionale).

*Parametri specifici per muratura:*

**Mur. nuova:** Materiale murario di nuova realizzazione (-1), o muratura esistente (0)

**Tipologia muratura:**

Per muratura nuova: 1) Pietra Non Squadrata, 2) Listata, 3) Pietra Squadrata, 4) Laterizio Pieni, 5) Laterizio Semipieni, 6) Calcestruzzo Pieni, 7) Calcestruzzo Semipieni.

Per muratura esistente (§C8A.2): 1) Pietrame disordinata, 2) Conci sbozzati, 3) Pietre a spacco, buona tessitura, 4) Conci di pietra tenera, 5) Blocchi lapidei squadrate, 6) Mattoni pieni, malta di calce, 7) Mattoni semipieni, malta cementizia, 8) Blocchi laterizi semipieni (f<45%), 9) Blocchi laterizi semipieni, giunti vert.a secco (f<45%), 10) Blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (45%<f<65%), 11) Blocchi di calcestruzzo semipieni (f<45%)

*Parametri validi per qualsiasi materiale:*

Modulo di elasticità longitudinale (E) e tangenziale (G)

*Altri parametri specifici per muratura:*

resistenze:

**fm, fk** (media e caratteristica, a compressione della muratura);

**fvmo/tauo, fvko** (media e caratteristica, a taglio della muratura in assenza di carichi verticali);

**ftm** (media, a trazione della muratura);

**fhm, fhk** (media e caratteristica, a compressione della muratura in direzione orizzontale nel piano del muro);

**fbk** (a compressione dell'elemento), **f'bk** (dell'elemento in direzione orizzontale e nel piano del muro)

**Malta: fm:** resistenza a compressione della malta (§11.10.2.1). Sono previsti i seguenti valori (N/mm<sup>2</sup>): 2.5 (corrisponde a M4 del D.M.20.11.1987), 5 (M3), 10 (M2), 15 (M1)

**Duttilità (du/de):** moltiplicatore dello spostamento al limite elastico per la definizione del limite ultimo (parametro usato in analisi non lineare; il valore è pari a 1.5 per la muratura esistente e 2.0 per la muratura nuova)

**Coeff. attrito:** coefficiente di attrito, normalmente pari a 0.4. E' presente in input per eventuali modifiche in caso di disponibilità di dati sperimentali

**Coefficienti correttivi:** relativi alle proprietà meccaniche dei materiali (§C8A.2)

**FC:** fattore di confidenza, corrispondente al livello di conoscenza per il materiale

*Altri parametri specifici per calcestruzzo:*

resistenze:

**fc** (nella colonna fk): per edifici esistenti: resistenza media a compressione; per edifici nuovi: resistenza caratteristica a compressione.

*Altri parametri validi per tutti i materiali:*

**Coefficiente di dilatazione termica**

**Peso Specifico:** peso per unità di volume

### 3. Dati MATERIALI

N°	Tipologia	Descrizione	Mat.	Tipologia	E
G	fm	fk			
			[parametri meccanici:N/mm <sup>2</sup> ]	nuovo	
1	1	Conglomerato Cementizio Armato	C25/30		
31000	13000	25.00	25.00		
3	3	Muratura	Muratura esistente	6	Mattoni pieni, malta di calce
500	2.40	1.68			1500
5	5	Materiale generico	Legno	C18	
2000	0.00	0.00			9000
6	4	Blocchi e giunti	Blocchi e giunti		
50000	20000	35.00	24.50		

N°	fvmo (mur.nuova)	fvko	ftm	fhm	fhk	fbk	f'bk	Malta:	Duttilità	Coeff.	Coeff.dilataz.	Peso
sp.	Coeff.corr.:	Giunti										

1)  tau0 (mur.esistente)          fm   (du/de)   attrito termica (°^-											
1)  (kN/m^3)  Malta buona   sottili											
-----											
1		0.000 0.000 0.000 12.50	12.50	0.00 0.00	0.0		0.00	0.00		0.000010	25.00
1.00	1.00										
3		0.060 0.042 0.240	1.20	0.84	0.00 0.00	0.0		1.50	0.40	0.000010	18.00
1.50	1.50										
5		0.000 0.000 0.000	0.00	0.00	0.00 0.00	0.0		0.00	0.00	0.000004	8.00
1.00	1.00										
6		0.000 0.000 3.500	17.50	12.25	0.00 0.00	0.0		0.00	0.40	0.000004	20.00
1.00	1.00										
-----											
-----											
N°	Ricorsi o	Connessione	Nucleo	Iniezioni	Intonaco	E giunto	G giunto	fm giunto	ftm giunto	FC	
	listature	trasversale	scadente	di miscele	armato						
-----											
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35	
3	1.00	1.30	0.70	1.50	1.50	0	0	0.00	0.000	1.35	
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35	
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	660	264	2.50	0.250	1.35	

## Descrizione dei DATI SOLAI

I solai sono elementi strutturali finalizzati alla generazione dei carichi sulle aste che ne definiscono il contorno. I carichi agenti sulla struttura utilizzati nell'analisi sono in ogni caso quelli definiti nelle CCE, e includono oltre ai carichi direttamente derivanti dai solai anche altri carichi definiti in input su singole aste.

**N°:** numero progressivo del solaio

**Tipologia:** solaio piano, falda, volta a botte o volta a padiglione

**Piano:** piano (o impalcato) a cui il solaio appartiene

**Rigido:** X indica che il solaio è considerato infinitamente rigido. Se l'impalcato (o piano) a cui appartiene il solaio è un piano rigido, questo parametro è ininfluente. Qualora il piano sia flessibile, la qualifica di solaio rigido consente la generazione automatica di link rigidi di contorno in grado di assicurare l'indeformabilità della maglia nel piano orizzontale

**G1, G2, Q:** carichi di superficie, in kN/m<sup>2</sup>, di tipo G1 (peso proprio), G2 (permanente oltre peso proprio), Q (variabile) agenti sul solaio. I carichi di superficie sono sempre da considerarsi come componente verticale

**Sup.:** superficie del solaio in m<sup>2</sup>. Nel caso di falda (solaio con pendenza non nulla) la superficie è l'area effettiva del solaio, maggiore quindi della sua proiezione sul piano orizzontale

**Direz. princ.:** direzione principale (angolo di orditura del solaio)

**Distr. trasv.:** distribuzione trasversale. Rappresenta la quota parte del carico di un solaio che viene ripartita sulle aste orientate parallelamente alla direzione di orditura del solaio (aste scariche nei classici solai monodirezionali)

**H volta:** altezza della volta, data dalla distanza fra l'estradosso piano di calpestio realizzato sulla volta, e l'imposta della volta stessa. Permette il calcolo della spinta della volta

**Pend.:** pendenza del solaio a falda. Nel calcolo, la risultante del carico verticale è calcolata tenendo conto della superficie effettiva, di dimensioni maggiori della proiezione sul piano orizzontale

**G1 tot., G2 tot., Q tot.:** carichi complessivi di solaio (peso proprio, permanente oltre peso proprio, variabile), in kN, definiti dai carichi di superficie (verticali, cioè paralleli all'asse Z globale) moltiplicati per la superficie effettiva del solaio (nel caso di falda, tale superficie è maggiore della sua proiezione sul piano orizzontale)

## 5. Dati SOLAI

N°	Tipologia	Piano	G1	G2	Q	Superf.	Direz.	Distr.	Pend.	G1 tot.	G2 tot.	Q tot.
			(kN/m^2)	=	=	(m^2)	princ.(°)	trasv.(%)	(%)	(kN)	=	=
1	Solaio piano	1	0.53	0.00	2.00	90.64	0	0	0	48.04	0.00	
181.29												
2	Solaio piano	1	0.53	0.00	2.00	38.14	0	0	0	20.21	0.00	
76.28												
3	Solaio piano	1	0.56	2.16	2.00	18.71	0	0	0	10.48	40.41	
37.42												
4	Solaio piano	1	0.56	2.16	2.00	30.45	90	0	0	17.05	65.77	
60.89												
5	Falda	2	0.80	1.15	1.20	24.16	90	0	40	19.33	27.79	
28.99												
6	Falda	2	0.80	1.15	1.20	5.29	90	0	-52	4.23	6.09	
6.35												
7	Falda	2	0.72	1.15	1.20	9.58	90	0	35	6.89	11.01	
11.49												
8	Falda	2	0.72	1.15	1.20	14.58	90	0	35	10.50	16.77	
17.50												
9	Falda	2	0.92	0.80	1.20	11.92	90	0	35	10.97	9.54	
14.30												
10	Falda	2	0.92	0.80	1.20	11.09	90	0	35	10.20	8.87	
13.31												
11	Falda	2	0.92	0.80	1.20	12.18	90	0	35	11.21	9.74	
14.62												

12	Falda		2	0.72	0.80	1.20	8.34	90	0	-36	6.01	6.67
10.01												
13	Falda		2	0.72	0.80	1.20	10.54	90	0	-36	7.59	8.43
12.65												
14	Falda		2	0.00	0.00	0.00	10.55	90	0	36	0.00	0.00
0.00												
15	Falda		2	0.00	0.00	0.00	12.73	90	0	-36	0.00	0.00
0.00												
16	Falda		2	0.00	0.00	0.00	8.27	90	0	36	0.00	0.00
0.00												
17	Falda		2	0.00	0.00	0.00	12.72	90	0	-36	0.00	0.00
0.00												
18	Falda		2	0.00	0.00	0.00	8.28	90	0	36	0.00	0.00
0.00												
19	Falda		2	0.00	0.00	0.00	8.54	90	0	0	0.00	0.00
0.00												
20	Falda		2	0.00	0.00	0.00	8.54	90	0	-36	0.00	0.00
0.00												

## 6. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN MURATURA

Edificio Esistente

Coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_M$ : analisi statica [§4.5.6.1] = 3.00

- analisi sismica [§7.8.1.1] = 2.40

N.	p.no	M/A	S/F	lungh. l(base)	Piano Complanare (m)				Piano Ortogonale (m)				Xg (m)	Yg (m)	N° mat
					alt. H	alt. def.h	h/l	l/h	spess. t	alt. def.h	ho= r*h	ho/t			
1	1	X		0.51	2.75	1.35	2.651	0.377	0.30	2.75	2.75	9.167	0.255	0.108	3
4	1	X		3.50	2.75	2.42	0.691	1.447	0.30	2.75	2.75	9.167	3.110	0.056	3
8	1	X		0.46	2.75	1.31	2.852	0.351	0.30	2.75	2.75	9.167	5.939	0.004	3
12	0		X	1.08	0.85	0.85	0.787	1.271	0.30						3
13	1		X	0.87	0.85	0.85	0.977	1.024	0.30						3
14	0		X	1.08	0.85	0.85	0.787	1.271	0.30						3
15	1		X	0.87	0.85	0.85	0.977	1.024	0.30						3
16	1	X		0.22	2.90	0.85	3.917	0.255	0.30	2.90	2.90	9.667	0.007	5.646	3
19	1	X		1.85	2.90	2.25	1.216	0.822	0.30	2.90	2.90	9.667	0.008	7.530	3
23	1	X		2.78	2.90	2.41	0.868	1.152	0.30	2.90	2.90	9.667	0.009	10.645	3
27	1	X		4.18	2.90	2.64	0.632	1.583	0.30	2.90	2.90	9.667	0.010	14.925	3
30	0		X	1.51	0.85	0.85	0.563	1.776	0.30						3
31	1		X	0.99	0.85	0.85	0.859	1.165	0.30						3
32	0		X	1.19	0.80	0.80	0.672	1.488	0.30						3
33	1		X	0.91	0.80	0.80	0.879	1.138	0.30						3
34	0		X	1.19	0.80	0.80	0.672	1.488	0.30						3
35	1		X	0.91	0.80	0.80	0.879	1.138	0.30						3
36	1	X		2.60	2.90	2.72	1.046	0.956	0.30	2.90	2.90	9.667	1.311	17.015	3
38	1	X		2.71	2.90	2.72	1.006	0.994	0.30	2.90	2.90	9.667	4.824	17.015	3
40	1		X	0.54	0.86	0.86	1.593	0.628	0.30						3
41	1	X		3.62	3.40	3.02	0.834	1.199	0.30	3.40	3.40	11.333	6.177	15.128	3
44	1	X		3.60	3.40	2.84	0.789	1.268	0.30	3.40	3.40	11.333	6.174	10.515	3
46	1	X		0.60	3.40	2.18	3.637	0.275	0.30	3.40	3.40	11.333	6.173	6.935	3
48	1	X		3.49	3.40	2.82	0.807	1.239	0.30	3.40	3.40	11.333	6.172	4.090	3
49	1	X		1.44	3.40	2.65	1.839	0.544	0.30	3.40	3.40	11.333	6.170	0.795	3
52	1		X	1.35	1.00	1.00	0.741	1.350	0.30						3
53	1		X	1.35	1.48	1.48	1.096	0.912	0.30						3
54	1		X	1.35	0.80	0.80	0.593	1.688	0.30						3
55	1		X	1.35	0.83	0.83	0.615	1.627	0.30						3
56	1	X		5.17	2.75	2.64	0.512	1.954	0.30	2.75	2.75	9.167	2.583	5.543	3
57	1	X		0.21	2.75	2.04	9.922	0.101	0.30	2.75	2.75	9.167	6.069	5.541	3
59	1		X	0.79	0.80	0.80	1.013	0.988	0.30						3
60	1	X		6.16	2.90	2.90	0.471	2.125	0.30	2.90	2.90	9.667	3.093	10.213	3
62	1	X		0.30	2.90	1.94	6.467	0.155	0.15	2.90	2.90	19.333	0.161	6.800	3
65	1	X		5.06	2.90	2.74	0.542	1.844	0.15	2.90	2.90	19.333	3.642	6.798	3
68	1		X	1.10	0.80	0.80	0.727	1.375	0.15						3
69	1	X		0.42	3.40	3.09	7.333	0.136	0.45	3.40	3.40	7.556	6.380	0.076	3
72	1	X		1.72	3.40	3.22	1.865	0.536	0.45	3.40	3.40	7.556	10.943	0.076	3
74	1		X	0.63	3.49	3.49	5.522	0.181	0.45						3
75	1	X		2.22	3.40	3.15	1.415	0.707	0.45	3.40	3.40	7.556	7.289	16.940	3
78	1	X		1.37	3.40	3.12	2.282	0.438	0.45	3.40	3.40	7.556	11.123	16.940	3
81	1		X	0.88	2.04	2.04	2.326	0.430	0.45						3
82	2	X		1.41	3.80	2.51	1.778	0.562	0.45	3.80	3.80	8.449	6.876	0.076	3
86	2	X		2.72	2.50	2.16	0.793	1.262	0.45	2.50	2.50	5.551	10.444	0.076	3
90	1		X	0.32	1.50	1.50	4.688	0.213	0.45						3
91	2		X	1.57	1.60	1.60	1.017	0.984	0.45						3
92	2	X		2.60	2.93	2.40	0.921	1.086	0.30	2.93	2.93	9.783	1.309	17.015	3
95	2	X		2.70	4.11	2.99	1.107	0.903	0.30	4.11	4.11	13.697	4.820	17.015	3
98	2		X	1.96	0.91	0.91	0.463	2.159	0.30						3
99	2	X		8.02	4.06	3.96	0.494	2.024	0.30	4.06	4.06	13.533	6.170	12.933	3
100	2	X		7.95	4.06	3.95	0.497	2.011	0.30	4.06	4.06	13.533	6.170	4.050	3
101	2	X		0.50	3.46	2.01	4.030	0.248	0.30	3.46	3.46	11.520	0.260	0.108	3
105	2	X		3.54	4.56	3.53	0.995	1.005	0.30	4.56	4.56	15.197	3.131	0.056	3
109	1		X	0.15	0.85	0.85	5.667	0.176	0.30						3

110	2		X	1.79	0.91	0.91	0.509	1.965	0.30							3
111	2	X		5.64	3.03	3.03	0.538	1.860	0.45	3.03	3.03	6.733	8.988	16.940		3
114	2	X		0.47	3.45	2.23	4.721	0.212	0.30	3.45	3.45	11.500	0.244	5.544		3
117	2	X		3.74	4.53	3.66	0.980	1.020	0.30	4.53	4.53	15.090	3.064	5.542		3
120	2		X	1.57	0.77	0.76	0.488	2.048	0.30							3
121	2	X		6.16	3.53	3.53	0.573	1.745	0.30	3.53	3.53	11.767	3.090	10.213		3
124	2	X		5.43	3.36	3.36	0.619	1.615	0.30	3.36	3.36	11.200	0.009	2.825		3
127	2	X		0.22	2.50	1.08	4.950	0.202	0.30	2.50	2.50	8.333	0.007	5.646		3
129	2	X		1.85	2.50	2.00	1.080	0.926	0.30	2.50	2.50	8.333	0.008	7.530		3
131	2	X		7.76	2.50	2.50	0.322	3.104	0.30	2.50	2.50	8.333	0.007	13.135		3
132	2		X	1.60	0.85	0.85	0.532	1.880	0.30							3
133	2		X	1.60	0.80	0.80	0.500	2.000	0.30							3
134	2	X		0.46	4.81	2.10	4.583	0.218	0.30	4.81	4.81	16.020	5.939	0.004		3
139	2		X	3.02	0.88	0.88	0.290	3.444	0.30							3
140	2	X		0.23	5.19	2.18	9.414	0.106	0.30	5.19	5.19	17.300	5.050	5.541		3
143	2	X		0.21	4.76	2.15	10.341	0.097	0.30	4.76	4.76	15.850	6.066	5.541		3
146	2		X	2.73	0.87	0.87	0.317	3.151	0.30							3
147	1	X		3.41	3.40	3.40	0.996	1.004	0.45	3.40	3.40	7.556	12.082	2.108		3
149	1	X		3.45	3.40	3.40	0.986	1.015	0.45	3.40	3.40	7.556	12.084	14.890		3
152	2	X		3.42	2.00	2.00	0.585	1.709	0.45	2.00	2.00	4.444	12.082	2.109		3
154	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.085	5.190		3
158	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.082	7.440		3
162	1		X	0.15	0.80	0.80	5.333	0.188	0.45							3
163	2		X	0.95	0.80	0.80	0.842	1.188	0.45							3
164	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.078	9.540		3
168	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.080	11.790		3
172	1		X	0.15	0.80	0.80	5.333	0.188	0.45							3
173	2		X	0.95	0.80	0.80	0.842	1.188	0.45							3
174	2	X		3.45	2.00	2.00	0.580	1.725	0.45	2.00	2.00	4.444	12.084	14.890		3
176	1	X		5.43	2.75	2.75	0.506	1.975	0.30	2.75	2.75	9.167	0.000	2.828		3
219	1		X	1.13	0.08	0.08	0.075	13.417	0.45							3
224	1		X	1.04	0.17	0.17	0.167	5.983	0.45							3
229	1		X	0.94	0.18	0.18	0.192	5.200	0.45							3
234	1		X	0.84	0.19	0.19	0.221	4.522	0.45							3
239	1		X	0.76	0.19	0.19	0.252	3.963	0.45							3
244	1		X	0.69	0.19	0.19	0.285	3.513	0.45							3
249	1		X	0.62	0.20	0.20	0.318	3.141	0.45							3
254	1		X	0.58	0.20	0.20	0.351	2.851	0.45							3
259	1		X	0.54	0.20	0.20	0.378	2.642	0.45							3
264	1		X	0.51	0.21	0.20	0.399	2.507	0.45							3
269	1		X	0.50	0.21	0.21	0.410	2.437	0.45							3
274	1		X	0.50	0.21	0.21	0.410	2.437	0.45							3
279	1		X	0.51	0.21	0.21	0.401	2.495	0.45							3
284	1		X	0.54	0.20	0.20	0.377	2.655	0.45							3
289	1		X	0.58	0.20	0.20	0.351	2.851	0.45							3
294	1		X	0.62	0.20	0.20	0.318	3.141	0.45							3
299	1		X	0.69	0.20	0.19	0.285	3.513	0.45							3
304	1		X	0.76	0.19	0.19	0.252	3.963	0.45							3
309	1		X	0.84	0.19	0.19	0.221	4.522	0.45							3
314	1		X	0.94	0.18	0.18	0.192	5.200	0.45							3
319	1		X	1.04	0.17	0.17	0.167	5.983	0.45							3
322	1		X	1.13	0.08	0.08	0.075	13.417	0.45							3
325	1		X	1.01	0.09	0.09	0.085	11.733	0.45							3
330	1		X	0.92	0.18	0.18	0.192	5.222	0.45							3
335	1		X	0.81	0.18	0.18	0.226	4.415	0.45							3
340	1		X	0.71	0.19	0.19	0.268	3.726	0.45							3
345	1		X	0.62	0.20	0.19	0.314	3.185	0.45							3
350	1		X	0.55	0.20	0.20	0.365	2.739	0.45							3
355	1		X	0.48	0.20	0.20	0.424	2.358	0.45							3
360	1		X	0.43	0.21	0.21	0.479	2.087	0.45							3
365	1		X	0.39	0.21	0.21	0.535	1.871	0.45							3
370	1		X	0.37	0.21	0.21	0.578	1.730	0.45							3
375	1		X	0.35	0.21	0.21	0.599	1.668	0.45							3
380	1		X	0.35	0.21	0.21	0.599	1.668	0.45							3
385	1		X	0.37	0.21	0.21	0.578	1.730	0.45							3
390	1		X	0.39	0.21	0.21	0.535	1.871	0.45							3
395	1		X	0.43	0.21	0.21	0.479	2.087	0.45							3
400	1		X	0.48	0.20	0.20	0.424	2.358	0.45							3
405	1		X	0.55	0.20	0.20	0.365	2.739	0.45							3
410	1		X	0.62	0.19	0.19	0.314	3.185	0.45							3
415	1		X	0.71	0.19	0.19	0.268	3.726	0.45							3
420	1		X	0.81	0.18	0.18	0.226	4.415	0.45							3
425	1		X	0.92	0.18	0.18	0.193	5.192	0.45							3
428	1		X	1.01	0.09	0.09	0.084	11.871	0.45							3
541	2		X	2.26	0.44	0.44	0.192	5.195	0.30							3
542	2		X	2.26	0.47	0.47	0.206	4.860	0.30							3

## VERIFICHE STATICHE DEGLI ELEMENTI IN MURATURA

### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

(D.M.17.1.2018 (NTC18), §4.5.6, §7.8.2.2.1, §7.8.2.2.4)

Secondo §4.5.6.2, in analisi statica la pressoflessione nel piano del muro e la flessione di travi di accoppiamento sono stati limite ultimi da verificare: in PCM vengono trattati nell'ambito della pressoflessione complanare.

Le verifiche vanno condotte con riferimento a normative di comprovata validità, con l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e trascurando la resistenza a trazione per flessione della muratura (§4.5.6).

Nel rispetto delle prescrizioni normative, PCM svolge le verifiche suddette in analogia alle corrispondenti verifiche descritte in dettaglio nel medesimo testo normativo per l'analisi sismica degli edifici in muratura. E' così possibile condurre verifiche: per le pareti murarie: a pressoflessione complanare (in analogia con §7.8.2.2.1); per le travi in muratura (=travi di accoppiamento, o fasce di piano: strisce, sottofinestra murari): pressoflessione (in analogia con §7.8.2.2.4).

Le verifiche statiche, originariamente nate per edifici di nuova costruzione, possono essere svolte anche per gli edifici esistenti, provvedendo a sostituire le resistenze caratteristiche  $f_k$ ,  $f_{vk}$  con i valori medi divisi per il fattore di confidenza:  $f_m/F_C$ , e:  $f_{vmo} + 0.4 \sigma_n$  (§C8.7.1.5) ( $f_{vmo} = \tau_0$ , cfr. Tab. C8A.2.1).

Per gli edifici esistenti, in §8.2 si prescrive che le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli del D.M. 14.1.2018 costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti: in particolare, quindi, le formulazioni dell'analisi statica relative agli edifici in muratura di nuova costruzione costituiscono il riferimento anche per gli edifici esistenti. Peraltro, nel testo normativo non si evidenzia chiaramente la possibilità di non effettuare le verifiche statiche in caso di valutazione di sicurezza di edifici esistenti. Si deve però considerare che le verifiche statiche dipendenti dall'azione orizzontale del vento e caratterizzate da formulazioni molto precise (legate alle eccentricità strutturali, §4.5.6.2), tipiche della muratura nuova la cui regolarità geometrica è un dato intrinseco, potrebbero essere fuori luogo e inappropriate per le murature esistenti. Per gli edifici esistenti, oltretutto, il soddisfacimento della verifica sismica di strutture spesso massicce e molto pesanti dovrebbe garantire implicitamente la resistenza all'azione del vento: in altre parole, potrebbe essere ragionevole evitare l'esecuzione delle verifiche statiche.

Seguendo quindi l'impostazione proposta in §7.8.2.2.1, la verifica si articola nei seguenti punti.

Per i **maschi murari**, la verifica a pressoflessione di una sezione di un elemento strutturale si effettua confrontando il momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione ed una opportuna distribuzione non lineare delle compressioni.

Nel caso di una sezione rettangolare tale momento ultimo può essere calcolato come:

$M_u = (l^2 t \sigma_0 / 2) (1 - \sigma_0 / 0.85 f_d)$ , dove:

$M_u$  = momento corrispondente al collasso per pressoflessione;

$l$  = larghezza complessiva della parete (inclusiva della zona tesa);

$t$  = spessore della zona compressa della parete;

$\sigma_0$  = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ( $= P / l t$ , con  $P$  forza assiale agente positiva se di compressione).

Se  $P$  è di trazione,  $M_u = 0$ .

In alternativa, PCM prevede la possibilità di adottare per la muratura la legge di comportamento parabolico-rettangolare: il momento ultimo viene quindi calcolato attraverso l'elaborazione del dominio di resistenza N-M. Attraverso questa opzione è possibile definire con esattezza la zona reagente, ai fini della verifica a Taglio per Scorrimento, assicurando coerenza fra Taglio e PressoFlessione (N,M e T agiscono contemporaneamente sulla sezione trasversale). Per gli elementi in muratura armata (sia in edifici nuovi, sia in murature esistenti rinforzate con armature), per fasce con elementi resistenti a trazione, e per elementi consolidati con sistemi FRP / CAM / Reticolatus viene sempre utilizzato il diagramma parabola-rettangolo. Oltre ai risultati riportati in tabella, specifiche rappresentazioni grafiche di PCM evidenziano il dominio di resistenza ed i punti rappresentativi degli stati di sollecitazione sottoposti a verifica di sicurezza.

$f_d = f_k / \gamma_M$  è la resistenza a compressione di calcolo della muratura nuova. Per la muratura esistente, il parametro descrittivo del materiale è la resistenza a compressione media  $f_m$ , definita in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali interventi (§C8A.2, Tab.C8A.2.1).  $f_m$  sostituisce  $f_k$  nella formulazione di  $f_d$ ; inoltre,  $\gamma_M$  deve essere moltiplicato per il Fattore di Confidenza  $F_C$  (§8.5.4, §C.8.7.1.5, Tab.C8A.1); normalmente:  $F_C = 1.35, 1.20, 1.00$  in corrispondenza dei livelli di conoscenza LC1,LC2,LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $f_m$ ).

Per le verifiche statiche viene utilizzato il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$  definito in §4.5.6.1 (che assume valori compresi fra 2.0 e 3.0), il cui valore è specificato nei Parametri di Calcolo.

Si ha pertanto il seguente schema di valutazione della resistenza di calcolo (o: di progetto)  $f_d$  (analisi lineare):

**Muratura nuova:** da §7.8.2.2.1:  $f_d = f_k / \gamma_M$ .

**Muratura esistente:** è nota  $f_m$  (dipendente, fra l'altro, dal livello di conoscenza). Da §C.8.7.1.5:  $f_d = f_m / \gamma_M / F_C$ .

Per le **fasce murarie** (elementi striscia, sottofinestra), qualificati in NTC18 come 'Travi in muratura' (§7.8.2.2.4), la verifica a pressoflessione si esegue in modo analogo ai pannelli verticali. Le fasce in muratura ordinaria possono essere dotate di resistenza a trazione in intradosso (per le strisce: architrave sopra l'apertura sottostante la striscia) e/o estradosso (per le fasce: cordolo di piano). Tale resistenza a trazione viene definita nei dati attraverso l'armatura ed il corrispondente copriferro. Una fascia dotata di elemento resistente a trazione viene sempre sottoposta a verifica a pressoflessione tramite la costruzione del dominio di resistenza N-M ed il confronto fra momento sollecitante e momento resistente (ultimo).

Per le fasce murarie viene eseguito il controllo che l'armatura tesa (alternativamente, quella in intradosso e quella in estradosso) non abbia una resistenza superiore a  $0.4 f_{hd} \cdot ht$  (§7.8.2.2.4), essendo:  $t$  = spessore,  $h$  = altezza,  $f_{hd}$  = resistenza di calcolo a compressione della muratura in direzione orizzontale (nel piano della parete): in analisi lineare,  $f_{hd} = f_{hk} / \gamma_M$ .

NTC18 (§7.8.2.2.4) riconduce la verifica a pressoflessione delle fasce ad un confronto sul taglio massimo resistente; in PCM, seguendo un'impostazione equivalente più generale, la verifica a pressoflessione viene ricondotta direttamente al confronto fra momento di calcolo e momento ultimo. Nella verifica a pressoflessione della fascia assume particolare importanza il segno del momento flettente di calcolo: per  $M > 0$ , le fibre tese sono inferiori e la resistenza a trazione chiamata in causa corrisponde all'elemento teso in intradosso (p.es. architrave sopra porta o finestra, nel caso di striscia); per  $M < 0$ , le fibre tese sono superiori e la resistenza a trazione chiamata in causa corrisponde all'elemento teso in estradosso (p.es. cordolo di piano, nel caso di striscia). La verifica a pressoflessione nella fascia di piano (composta, nel caso più generale, da striscia e sottofinestra) viene talvolta limitata all'elemento striscia; la resistenza a trazione indicata può essere convenzionale, come nel caso di fasce di piano senza elementi specifici resistenti a trazione, quali cordoli o architravi: un caso del genere si presenta negli edifici esistenti, p.es. in fasce impostate su piattabande o archi murari (che definiscono le aperture sottostanti): in casi di tale tipo talvolta la verifica a pressoflessione viene omessa, limitando il controllo alla verifica a taglio (sempre eseguibile anche in travi di sola muratura) ed eventualmente integrando l'analisi globale con verifiche locali di stabilità specifiche per gli archi murari che definiscono l'apertura (utilizzando appropriati modelli di calcolo quali la teoria di Heyman).

Per quanto riguarda infine i valori di  $f_{hk}$ ,  $f_{hm}$  di murature esistenti, se non noti possono essere assunti pari alla metà dei corrispondenti valori  $f_k$ ,  $f_m$ . Nelle verifiche a pressoflessione eseguite da PCM verranno ovviamente assunti i valori specificati nei Dati Materiali corrispondenti agli elementi murari analizzati.

Le verifiche statiche a pressoflessione nel piano, come le altre verifiche di resistenza statiche, sono condotte allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**; non è infatti necessario eseguire verifiche statiche a stati limite di esercizio (§4.5.6.3). Le sollecitazioni di progetto derivano direttamente dall'analisi. Per i nuovi edifici è possibile che sia richiesta la **verifica di robustezza del progetto** (§3.1.1): in tal caso, le sollecitazioni di progetto vengono determinate incrementando i valori del del taglio risultanti dall'analisi di una quota pari all'1% dello sforzo normale, evitando le combinazioni di carico dove si considera l'azione del vento; i corrispondenti momenti di progetto vengono ottenuti, a favore di sicurezza, incrementando i valori risultanti dall'analisi con l'incremento del taglio

moltiplicato per l'altezza (=luce deformabile nel piano complanare) dell'elemento per le verifiche alla base, e per metà altezza per le verifiche in sommità.

**Simbologia** utilizzata nel software PCM per i risultati dell'Analisi Statica Lineare Non Sismica, riferiti alle Combinazioni di Condizioni di Carico fondamentali (secondo §2.5.3), per elementi in muratura:

**N.** = numero progressivo dell'elemento murario

**Tip.** = tipologia: maschio in muratura ordinaria (M), maschio in muratura armata (A), striscia (S), sottofinestra (F), asta di cerchiatura in acciaio (W), asta in acciaio (B), pilastro in acciaio (H)

**n/e** = parete in muratura nuova (n) o esistente (e)

**Sez.** = indica la sezione di verifica (per i maschi: B=base, S=sommità; per le fasce: I=sezione iniziale, J=sezione finale; le sezioni sono in ogni caso riferite alla luce deformabile nel piano complanare)

**P** = forza assiale positiva se di compressione

**p** =  $\sigma_0$  = tensione normale media riferita all'intera sezione

**f, k/f, m** = per i **maschi**: resistenza a compressione:  $f_k$  (caratteristica) per muratura nuova, o:  $f_m$  (media) per muratura esistente. Per le **fasce**, il parametro corrisponde a:  $f_{fk}$  ( $f_{hm}$ )

**$\gamma_m \cdot FC$**  = prodotto del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_m$  per il fattore di confidenza ( $\gamma_m$  assume un valore compreso fra 2.0 e 3.0;  $FC=1.00$  per muratura nuova; dipendente dal livello di conoscenza LC1, LC2 o LC3 per muratura esistente)

**fd** = valore di calcolo (o: di progetto) della resistenza a compressione. Per le fasce, corrisponde a  $f_{hd}$ .

**Nu** = sforzo normale ultimo per compressione semplice:  $N_u = 0.85 f_d \cdot l \cdot t$ . Per le fasce:  $l=h$ : l'altezza della sezione trasversale dell'elemento murario è infatti indicata in Normativa con:  $l$  per il maschio murario, e con:  $h$  per la fascia (per le fasce,  $l$  indica la luce dell'elemento)

**Mu** = momento di collasso per pressoflessione

**M** = momento di calcolo. Il momento può essere posto convenzionalmente pari a 0 nel caso di parete tozza, qualora sia attiva la limitazione della verifica a pressoflessione alle sole pareti snelle. In tal caso, la verifica si riconduce alla sola compressione.

Nel caso delle fasce, il momento è riportato con il segno, che nei risultati di PCM corrisponde alla convenzione ingegneristica:  $M > 0$  se tende le fibre inferiori,  $M < 0$  se tende le superiori

**C.Sic.** = coefficiente di sicurezza dato dal rapporto  $M_u / M$ . La verifica è soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza è  $\geq 1$

Per alcuni parametri utilizzati nelle verifiche [p.es.: Parametri di Calcolo: possibilità di limitare la verifica a pressoflessione alle pareti snelle], PCM consente specifiche diverse rispetto ai valori generalmente indicati nei testi normativi, al fine di descrivere adeguatamente materiali e/o modelli le cui particolarità richiedano l'utilizzo di parametri specifici. I risultati delle verifiche a pressoflessione complanare si riferiscono quindi ai valori correntemente utilizzati per il modello (consultare i dati per le corrispondenti specifiche).

## VERIFICHE STATICHE PER ALTRE TIPOLOGIE STRUTTURALI

Nel modello strutturale possono essere presenti alcuni elementi aventi particolari tipologie, le cui verifiche di sicurezza vengono riportate nell'ambito delle verifiche a pressoflessione complanare. Più in dettaglio, si tratta delle seguenti tipologie: controvento, pilastro murario, blocco (arco), giunto (arco).

### Controventi (aste in acciaio)

Il comportamento dei controventi, di tipo non lineare (resistenza a trazione fino al limite di snervamento, con assenza di resistenza a compressione), viene gestito in modo completo in analisi pushover, mentre in analisi lineare (statica e sismica) i risultati dell'elaborazione riportano unicamente una segnalazione di verifica non soddisfatta nel caso di sforzo di compressione.

### Pilastri murari

Per 'pilastro in muratura' si intende un elemento portante verticale, che può essere in muratura o in pietra, avente sezione trasversale con forma generica (rettangolare, circolare, poligonale), per il quale le verifiche di sicurezza non possono essere svolte applicando le teorie codificate per le pareti (maschi murari) ma richiedono modelli appropriati.

Questi elementi strutturali possono essere presenti in comuni fabbricati, come gli edifici residenziali, e in edifici monumentali, dove spesso colonne di grandi dimensioni sostengono archi e volte.

I pilastri murari sono generalmente compressi, ma la risultante degli sforzi può essere eccentrica anche sotto i carichi di esercizio verticali: basti pensare ad un arco impostato su un pilastro il cui asse non coincide, in corrispondenza dell'imposta, con il baricentro del pilastro. Gli archi, inoltre, generano spinte che non sempre sono bilanciate da elementi adiacenti; anche in presenza di più archi consecutivi, è possibile che le spinte non si compensino totalmente. Ne deriva quindi la necessità di un'adeguata verifica a pressoflessione della sezione trasversale del pilastro.

In PCM i pilastri in muratura vengono rappresentati da elementi beam corrispondenti ai conci (o blocchi).

Un aspetto importante riguarda il materiale da considerarsi per questa tipologia, in particolare per le colonne a conci in pietra. A causa della suddivisione in conci, infatti, si forma un comportamento d'insieme tra pietra e malta, simile alla muratura. Tuttavia, spesso si rilevano grandi blocchi di pietra con sottili sigilli di malta di ottima qualità, il che suggerisce che le proprietà siano poco ridotte rispetto quelle della sola pietra.

La verifica a pressoflessione del 'pilastro murario' viene affiancata opzionalmente dal controllo a taglio: il taglio resistente per la muratura è dato dalla somma dei due contributi della resistenza a taglio propria del materiale murario e della resistenza dovuta allo sforzo normale considerando il coefficiente di attrito. Nel caso di pilastro rinforzato con cerchiature di FRP in presenza di nastri longitudinali o con acciaio (angolari agli spigoli e calastrelli lungo l'altezza), al taglio resistente della muratura si somma il contributo dato da FRP o da acciaio, seguendo le formulazioni previste dalla Normativa vigente (rif.: D.M. 17.1.2018, §7.8.3.2.2).

In PCM, seguendo le teorie del calcolo a rottura, si propongono **due modalità di verifica a pressoflessione**.

La prima modalità di **verifica è di tipo geometrico**, e prescinde dalla distribuzione delle tensioni e dalla resistenza a compressione. L'eccentricità del carico verticale può spingere la curva delle pressioni fino al bordo della sezione: questa posizione equivale a considerare una resistenza a compressione infinita.

Ciò corrisponde all'ipotesi che la crisi venga raggiunta per perdita di stabilità e non per superamento della resistenza a compressione, così come sostanzialmente indicato dagli studi di Heyman.

Questa modalità ha un'importante limitazione: non può cogliere l'effetto di un intervento che incrementa la resistenza dell'elemento strutturale. Ciò non impedisce tuttavia un suo utilizzo appropriato sia nelle valutazioni di vulnerabilità dello Stato di fatto (in assenza di interventi), sia nei progetti dove il consolidamento riguarda altre strutture (p.es. le strutture sovrastanti al pilastro) producendo indirettamente un miglioramento dello stato di sollecitazione del pilastro. Ad esempio, eliminando la spinta trasmessa da un arco sovrastante è possibile ricentrare la curva delle pressioni.

Può tuttavia essere necessario valutare gli effetti di interventi che incrementano la resistenza a compressione (tipicamente: le cerchiature), o forniscono al pilastro una resistenza a trazione altrimenti assente (es: nastri longitudinali in FRP, angolari in acciaio).

A tal fine è possibile utilizzare una seconda modalità di verifica a pressoflessione, consistente nella **verifica di resistenza**. Poiché le azioni orizzontali in sommità al pilastro possono produrre sollecitazione in entrambi i piani principali di flessione, la verifica di resistenza viene inquadrata nell'ambito della pressoflessione deviata attraverso la costruzione del dominio di resistenza tridimensionale (superficie di rottura N-My-Mz).

I punti rappresentativi dello stato di sollecitazione vengono confrontati con la frontiera del dominio. Trattandosi di una verifica di resistenza, è così possibile calibrare interventi di rinforzo, quali cerchiature e 'armature' longitudinali (nastri in FRP, angolari in acciaio) quantificando in tal modo il miglioramento nel passaggio da Stato Attuale a Stato di Progetto.

Si rimanda alla documentazione di PCM per ulteriori dettagli sulle procedure di modellazione e verifica dei pilastri murari, per i riferimenti bibliografici e per le procedure di validazione.

Mentre in analisi pushover la verifica non soddisfatta per un elemento di pilastro murario determina l'inserimento di una sconnessione interna, tale da descrivere il degrado progressivo della struttura, in analisi lineare (statica e sismica) i risultati dell'elaborazione riportano unicamente una segnalazione di verifica non soddisfatta relativa alla pressoflessione o all'attrito.

Alla verifica di resistenza può essere affiancata, se scelta nei parametri di calcolo, la verifica di stabilità. E' così possibile considerare gli effetti del secondo ordine riconducibili all'instabilizzazione fuori piano del pilastro murario.

La **verifica di stabilità** viene svolta applicando le formulazioni proposte nei seguenti riferimenti bibliografici:

Schultz, A.E., J.G. Mueffelman, and N.J. Ojard: "Critical Axial Loads for Transverse Loaded Masonry Walls", Proceedings, 12th International Brick/Block Masonry Conference, 2000, pp. 1633-1646;

Masonry Standards Joint Committee: "Building Code Requirements for Masonry Structures", ACI 530-99/ASCE 5-99/TMS 402-99, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, The Masonry Society, Boulder, CO, 1999.

Il **carico critico** viene calcolato tenendo conto dell'influenza dell'eccentricità dello sforzo normale e della flessione dovuta alle azioni trasversali, attraverso la seguente relazione:

$$(P_{crit} / P_E) = [1 - 2 e_d/t]^3$$

dove  $P_E$  è il carico critico euleriano:  $P_E = \pi^2 EJ / l_0^2$

essendo:  $EJ$  la rigidezza flessionale dell'intera sezione trasversale della parete valutata nel piano ortogonale (il piano di minima inerzia),  $l_0$  è la lunghezza libera di inflessione, assunta pari all'altezza complessiva del pilastro cui il concio appartiene nello schema di riferimento (asta incernierata);

inoltre:  $e_d$  è l'eccentricità del carico verticale applicato sul concio, ed è data dal rapporto tra momento flettente e sforzo normale.

Il calcolo di verifica determina il minimo ed il massimo valore del carico critico entro i quali deve essere compreso il carico verticale affinché lo stato di sollecitazione resti compreso nel **dominio di stabilità** (i dettagli sul metodo sono riportati nella manualistica associata al software PCM).

Se la verifica di stabilità non è soddisfatta, i risultati evidenziano la crisi per instabilità riportando il valore del carico critico.

#### Archi: blocchi, giunti

PCM consente la modellazione di archi con due modalità alternative: blocchi, o blocchi e giunti.

Scegliendo 'Blocchi', l'arco viene suddiviso in una serie di conci collegati tra loro (con incastri interni). Nella generazione del modello strutturale, ogni concio costituente l'arco nel modello architettonico, viene suddiviso in due blocchi, definendo così un'interfaccia interna in corrispondenza del baricentro del concio. Alle imposte dell'arco, opportuni link rigidi connettono l'arco ai maschi laterali, interrompendoli lungo l'altezza, oppure ai pilastri discretizzati in corrispondenza del nodo più vicino. Sopra ai blocchi, si formano montanti verticali rigidi (links) che collegano il baricentro di ogni concio alla travata sovrastante. Quest'ultima viene suddivisa in una serie di aste incernierate che raccolgono il carico proveniente dal solaio impostato sopra l'arco, e lo trasmettono adeguatamente all'arco stesso.

Il modello a blocchi equivale a tutti gli effetti a una discretizzazione per conci di un arco monoconnesso. In assenza di giunti, è comunque svolta la verifica a trazione controllando la posizione della curva delle pressioni: se la trazione supera la resistenza disponibile (offerta dalla malta o da un rinforzo passivo), il blocco viene svincolato internamente inserendo una cerniera in corrispondenza del vertice dove è svolta la verifica. E' quindi possibile valutare la capacità dell'arco sottoposto a carichi verticali ed azioni orizzontali anche con la modellazione a soli blocchi.

L'opzione 'Blocchi e giunti' è la più completa e propone la suddivisione dell'arco in blocchi, collegati nelle interfacce attraverso i giunti di malta. Come già accennato, ogni blocco viene suddiviso in due parti, quindi lungo l'arco ad un'interfaccia con i giunti si alterna una suddivisione (internamente incastrata) del blocco adiacente.

Nel corso dell'analisi strutturale non lineare, i giunti di malta consentono la formazione di cerniere fino agli eventuali conseguenti meccanismi cinematici dell'arco. Per quanto riguarda i montanti verticali, la loro generazione per il caso 'Blocchi e giunti' è del tutto equivalente alla scelta dell'opzione 'Blocchi'.

Per l'asta 'giunto' la verifica consiste nel controllo di trazione. L'asta 'blocco' può essere sottoposta a verifica di trazione, compressione e attrito.

Per l'elemento 'blocco' è possibile specificare la forza resistente a trazione corrispondente ad un intervento locale di rinforzo, in intradosso e/o estradosso, di tipo passivo (es.: FRP) o attivo (es.: arco armato).

Nel caso di rinforzo passivo, la verifica a trazione del giunto (o del blocco, nel caso di modellazione a soli blocchi) viene svolta con riferimento non alla resistenza a trazione della malta, ma alla forza resistente a trazione specificata in input (per un dato 'giunto' in caso di rinforzo a trazione per entrambi i blocchi collegati si fa riferimento alla resistenza a trazione minima fra le due).

Poiché ad ogni asta 'blocco' corrisponde una metà del concio architettonico originario, la resistenza a trazione da rinforzo passivo specificata nel blocco si applica ai giunti dell'interfaccia interessata (per l'asta 'giunto' la forza resistente a trazione dovuta al rinforzo viene mostrata in sola lettura).

Il rinforzo attivo genera forze di precompressione radiali (applicate automaticamente da PCM nel baricentro del blocco, cioè in corrispondenza della suddivisione fra le due metà del concio architettonico) che stabilizzano la curva delle pressioni, e quindi determinano un beneficio sulle verifiche di sicurezza: diversamente dal rinforzo passivo, la trazione che eventualmente insorge nel giunto o nel blocco viene confrontata con la resistenza propria del materiale, poiché l'effetto del rinforzo attivo è stato già considerato definendo i carichi aggiuntivi di precompressione.

Fra le analisi previste per gli elementi ad arco, l'analisi statica non lineare (pushover) è particolarmente importante in quanto rappresentativa delle configurazioni deformate sotto azioni di origine sismica (forze orizzontali crescenti). Gli eventuali cinematici degli archi influiscono sulla verifica di sicurezza globale, garantendo quindi una maggior aderenza alla realtà rispetto alle modellazioni dove il comportamento ad arco viene semplificato o trascurato.

Un'importante funzionalità offerta da PCM per l'analisi strutturale in presenza di archi consiste nel controllo di stabilità statica che nell'analisi pushover viene eseguito al passo iniziale. Poiché l'assetto statico può essere caratterizzato da alcuni giunti in trazione, cioè da una curva delle pressioni tangente o esterna rispetto al profilo dell'arco, il software identifica i giunti con verifica non soddisfatta. In analisi statica questi giunti possono essere controllati attraverso le opzioni grafiche relative alla curva delle pressioni; in pushover, l'analisi statica viene ripetuta inserendo uno svincolamento del giunto con verifica non soddisfatta, fino a trovare (se esiste) una



configurazione staticamente ammissibile.

Si osservi che in caso di resistenza a trazione nulla la curva delle pressioni è al limite tangente alla superficie dell'arco; in caso di resistenza a trazione non nulla, alla curva è consentito uscire dalla sagoma dell'arco, tanto più quanto maggiore è la resistenza a trazione della malta o dell'eventuale rinforzo passivo applicato: la cerniera si forma in tal caso solo con il superamento della resistenza a trazione.

In tutte le analisi, incluse le valutazioni statiche sotto l'effetto di cedimenti anelastici, la posizione della curva delle pressioni consente il controllo grafico dello stato di sollecitazione nelle strutture ad arco.

Si rimanda alla documentazione di PCM per ulteriori dettagli sulle procedure di modellazione e verifica degli archi, per i riferimenti bibliografici e per le procedure di validazione.

**Simbologia** utilizzata nel software PCM per i risultati:

**N.** = numero progressivo dell'elemento

**Tip.** = tipologia: controvento (X), pilastro murario (P), blocco (arco) (N,V), giunto (arco) (J)

**N, Ty, Tz, My, Mz** = caratteristiche di sollecitazione

**Verifica** = stato di verifica. Sono possibili i seguenti risultati, in dipendenza dai dati in input e dalle opzioni di analisi e verifica scelte: sì (verifica soddisfatta), no: verifica non soddisfatta per: compressione (controventi), pressoflessione o taglio (pilastri murari), trazione per blocchi (formazione di cerniera), trazione per giunti, compressione, attrito, instabilità (con corrispondente indicazione del valore del carico critico).

**7. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§4.5.6, §7.8.2.2.1, §7.8.2.2.4) [ SLV ] - C.Sic: 0.000 (CCC ID 1)**  
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	Tip.	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>k</sub> / f <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	γ <sub>m</sub> FC	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.	ID CCC
1	M	e	B	41.14	0.270	2.389	4.05	0.590	77.07	4.89	-1.25	3.912	41
1	M	e	S	36.30	0.240	2.389	4.05	0.590	77.07	4.90	1.13	4.333	41
4	M	e	B	286.57	0.270	2.389	4.05	0.590	529.04	229.91	-25.01	9.193	41
4	M	e	S	227.09	0.220	2.389	4.05	0.590	529.04	226.89	7.03	>> 1	41
8	M	e	B	53.59	0.390	2.389	4.05	0.590	69.21	2.77	-0.07	>> 1	4
8	M	e	S	49.39	0.360	2.389	4.05	0.590	69.21	3.24	0.00	1.401	4
* 13	S	e	I	-0.16	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.57	0.000	3
* 13	S	e	J	-0.16	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.81	0.000	3
* 15	S	e	I	-4.43	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.83	0.000	1
* 15	S	e	J	-4.43	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.49	0.000	1
16	M	e	B	17.28	0.260	2.389	4.05	0.590	32.94	0.90	0.01	>> 1	1
16	M	e	S	15.97	0.240	2.389	4.05	0.590	32.94	0.90	0.00	2.063	1
19	M	e	B	148.73	0.270	2.389	4.05	0.590	279.56	64.38	-8.81	7.308	2
19	M	e	S	119.51	0.220	2.389	4.05	0.590	279.56	63.29	-3.69	>> 1	2
23	M	e	B	101.51	0.120	2.389	4.05	0.590	420.09	107.00	5.54	>> 1	44
23	M	e	S	54.40	0.070	2.389	4.05	0.590	420.09	65.82	-7.05	9.337	44
27	M	e	B	300.75	0.240	2.389	4.05	0.590	631.64	329.28	19.57	>> 1	44
27	M	e	S	223.25	0.180	2.389	4.05	0.590	631.64	301.68	-5.12	>> 1	44
* 31	S	e	I	-0.29	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.26	0.000	1
* 31	S	e	J	-0.29	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.17	0.000	1
* 33	S	e	I	-0.47	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.06	0.000	1
* 33	S	e	J	-0.47	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.07	0.000	1
* 35	S	e	I	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.06	0.000	2
* 35	S	e	J	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.13	0.000	2
36	M	e	B	144.45	0.190	2.389	4.05	0.590	392.89	118.74	17.13	6.932	43
36	M	e	S	94.82	0.120	2.389	4.05	0.590	392.89	93.52	-4.75	>> 1	43
38	M	e	B	177.78	0.220	2.389	4.05	0.590	408.91	135.96	12.01	>> 1	43
38	M	e	S	126.04	0.160	2.389	4.05	0.590	408.91	117.97	-12.90	9.145	43
* 40	S	e	I	-0.40	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.33	0.000	1
* 40	S	e	J	-0.40	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.26	0.000	1
41	M	e	B	244.51	0.220	2.389	4.05	0.590	547.78	245.36	-10.81	>> 1	42
41	M	e	S	167.56	0.150	2.389	4.05	0.590	547.78	210.80	9.69	>> 1	42
44	M	e	B	243.09	0.230	2.389	4.05	0.590	544.00	242.03	-10.88	>> 1	42
44	M	e	S	171.32	0.160	2.389	4.05	0.590	544.00	211.26	9.77	>> 1	42
46	M	e	B	33.88	0.190	2.389	4.05	0.590	90.67	6.37	-1.20	5.305	4
46	M	e	S	24.69	0.140	2.389	4.05	0.590	90.67	5.39	-2.84	1.898	4
48	M	e	B	408.09	0.390	2.389	4.05	0.590	527.38	161.07	-13.44	>> 1	42
48	M	e	S	339.10	0.320	2.389	4.05	0.590	527.38	211.25	2.96	>> 1	42
49	M	e	B	103.88	0.240	2.389	4.05	0.590	217.45	39.04	0.03	>> 1	3
49	M	e	S	77.13	0.180	2.389	4.05	0.590	217.45	35.81	0.00	2.819	3
52	S	e	I	0.00	0.000	1.215	4.05	0.300	0.00	0.00	0.00	>> 1	1
* 53	S	e	I	-0.47	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.16	0.000	2
* 53	S	e	J	-0.47	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.23	0.000	2
* 54	S	e	I	-0.02	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.41	0.000	1
* 54	S	e	J	-0.02	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.15	0.000	1
* 55	S	e	I	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.03	0.000	1
* 55	S	e	J	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.24	0.000	1
56	M	e	B	347.23	0.220	2.389	4.05	0.590	780.64	497.95	-50.44	9.872	41
56	M	e	S	251.34	0.160	2.389	4.05	0.590	780.64	440.19	-7.77	>> 1	41
* 57	M	e	B	31.36	0.510	2.389	4.05	0.590	31.13	0.00	-0.05	0.000	1
57	M	e	S	28.40	0.460	2.389	4.05	0.590	31.13	0.26	0.04	6.411	1
* 59	S	e	I	-1.70	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.19	0.000	1
* 59	S	e	J	-1.70	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-1.97	0.000	1
60	M	e	B	420.09	0.230	2.389	4.05	0.590	931.30	710.58	47.18	>> 1	43
60	M	e	S	294.61	0.160	2.389	4.05	0.590	931.30	620.65	-33.41	>> 1	43
62	M	e	B	5.40	0.120	2.389	4.05	0.590	22.67	0.62	-0.11	5.609	37
62	M	e	S	3.35	0.070	2.389	4.05	0.590	22.67	0.43	0.15	2.855	37
65	M	e	B	84.59	0.110	2.389	4.05	0.590	382.46	166.74	-13.93	>> 1	3
65	M	e	S	35.82	0.050	2.389	4.05	0.590	382.46	82.17	-24.45	3.361	3



*	68	S	e	I	-0.07	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.01	0.000	2
*	68	S	e	J	-0.07	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.03	0.000	2
	69	M	e	B	43.99	0.230	2.389	4.05	0.590	95.43	4.99	-0.01	>> 1	4
	69	M	e	S	30.30	0.160	2.389	4.05	0.590	95.43	4.35	0.00	3.149	4
	72	M	e	B	173.38	0.220	2.389	4.05	0.590	390.77	83.14	-0.73	>> 1	4
	72	M	e	S	115.01	0.150	2.389	4.05	0.590	390.77	69.96	0.00	3.398	4
	75	M	e	B	217.95	0.220	2.389	4.05	0.590	504.11	137.58	12.42	>> 1	43
	75	M	e	S	144.29	0.140	2.389	4.05	0.590	504.11	114.52	-13.31	8.604	43
	78	M	e	B	131.76	0.210	2.389	4.05	0.590	309.40	51.63	4.93	>> 1	43
	78	M	e	S	86.99	0.140	2.389	4.05	0.590	309.40	42.68	-5.25	8.129	43
	82	M	e	B	80.68	0.130	2.389	4.05	0.590	320.05	42.60	-2.83	>> 1	41
	86	M	e	B	87.61	0.070	2.389	4.05	0.590	617.21	102.35	8.34	>> 1	39
	92	M	e	B	87.31	0.110	2.389	4.05	0.590	393.49	88.45	1.84	>> 1	44
	95	M	e	B	105.61	0.130	2.389	4.05	0.590	407.85	105.62	9.76	>> 1	43
	98	S	e	I	0.01	0.000	1.215	4.05	0.300	147.94	0.01	0.00	>> 1	44
	99	M	e	B	288.59	0.120	2.389	4.05	0.590	1211.16	880.95	14.00	>> 1	44
	100	M	e	B	281.37	0.120	2.389	4.05	0.590	1201.18	856.35	-10.44	>> 1	43
	101	M	e	B	21.12	0.140	2.389	4.05	0.590	75.40	3.79	-0.60	6.323	41
	105	M	e	B	154.00	0.140	2.389	4.05	0.590	535.39	194.34	-2.95	>> 1	40
*	110	S	e	I	-0.58	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.45	0.000	3
*	110	S	e	J	-0.58	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.96	0.000	3
	111	M	e	B	181.05	0.070	2.389	4.05	0.590	1277.49	437.89	-19.28	>> 1	41
	114	M	e	B	19.56	0.140	2.389	4.05	0.590	71.48	3.36	0.44	7.636	39
	117	M	e	B	133.38	0.120	2.389	4.05	0.590	565.00	190.49	-12.71	>> 1	41
*	120	S	e	I	-0.52	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.13	0.000	2
*	120	S	e	J	-0.52	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.04	0.000	2
	121	M	e	B	200.25	0.110	2.389	4.05	0.590	930.69	483.99	19.44	>> 1	43
	124	M	e	B	135.31	0.080	2.389	4.05	0.590	819.78	306.45	-4.90	>> 1	44
	127	M	e	B	1.00	0.020	2.389	4.05	0.590	32.94	0.11	0.03	3.523	42
	129	M	e	B	72.69	0.130	2.389	4.05	0.590	279.40	49.72	-1.40	>> 1	40
	131	M	e	B	194.41	0.080	2.389	4.05	0.590	1172.62	629.25	42.81	>> 1	37
*	132	S	e	I	-0.22	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.32	0.000	3
*	132	S	e	J	-0.22	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.02	0.000	3
*	133	S	e	I	-0.56	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.02	0.000	3
*	133	S	e	J	-0.56	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.09	0.000	3
	134	M	e	B	30.24	0.220	2.389	4.05	0.590	69.21	3.90	0.45	8.665	43
*	139	S	e	I	-0.45	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.03	0.000	4
*	139	S	e	J	-0.45	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.10	0.000	4
	140	M	e	B	23.33	0.340	2.389	4.05	0.590	35.06	0.91	-0.14	6.467	41
	143	M	e	B	20.60	0.330	2.389	4.05	0.590	31.43	0.74	0.12	6.152	1
*	146	S	e	I	-0.22	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	3.26	0.000	1
*	146	S	e	J	-0.22	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.87	0.000	1
	147	M	e	B	320.68	0.210	2.389	4.05	0.590	774.07	320.72	14.85	>> 1	42
	147	M	e	S	198.43	0.130	2.389	4.05	0.590	774.07	251.96	-14.40	>> 1	42
	149	M	e	B	330.55	0.210	2.389	4.05	0.590	782.00	329.18	-15.75	>> 1	42
	149	M	e	S	207.03	0.130	2.389	4.05	0.590	782.00	262.58	14.61	>> 1	42
	152	M	e	B	99.70	0.060	2.389	4.05	0.590	774.52	148.41	-2.09	>> 1	44
	154	M	e	B	31.97	0.050	2.389	4.05	0.590	328.67	20.92	-0.68	>> 1	44
	158	M	e	B	35.33	0.050	2.389	4.05	0.590	328.67	22.86	0.69	>> 1	42
*	163	S	e	I	-1.11	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.09	0.000	1
*	163	S	e	J	-1.11	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.01	0.000	1
	164	M	e	B	34.76	0.050	2.389	4.05	0.590	328.67	22.54	0.71	>> 1	44
	168	M	e	B	38.38	0.060	2.389	4.05	0.590	328.67	24.58	-1.26	>> 1	42
*	173	S	e	I	-1.48	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.01	0.000	1
*	173	S	e	J	-1.48	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.03	0.000	1
	174	M	e	B	112.73	0.070	2.389	4.05	0.590	782.00	166.43	-3.52	>> 1	42
	176	M	e	B	246.01	0.150	2.389	4.05	0.590	820.68	467.79	-18.82	>> 1	42
	176	M	e	S	141.17	0.090	2.389	4.05	0.590	820.68	317.41	9.31	>> 1	42
*	541	S	e	I	-1.30	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.31	0.000	3
*	541	S	e	J	-1.30	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.89	0.000	3
*	542	S	e	I	-1.28	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.86	0.000	3
*	542	S	e	J	-1.28	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.80	0.000	3

# **8. VERIFICHE PER ALTRE TIPOLOGIE STRUTTURALI [ SLV ]** (Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	Tipologia strutturale	N	Ty (kN)	Tz	My (kN m)	Mz	Verifica soddisfatta	ID CCC
186	pil. murario	77.99	-0.52	-0.05	0.09	-0.88	si	41
	pil. murario	49.03	-0.52	-0.05	-0.09	0.88	si	41
187	pil. murario	78.57	-0.43	-0.06	0.10	-0.73	si	41
	pil. murario	49.61	-0.43	-0.06	-0.10	0.73	si	41
188	pil. murario	22.78	-0.95	0.04	-0.08	-0.93	si	41
*	pil. murario	3.01	-0.95	0.04	0.00	0.96	no: pressoflessione	41
189	pil. murario	23.08	-0.86	-0.06	0.06	-1.14	si	41
	pil. murario	3.31	-0.86	-0.06	-0.06	0.59	si	41
190	pil. murario	26.64	-1.39	-0.31	0.33	-1.37	si	41
	pil. murario	6.87	-1.39	-0.31	-0.29	1.40	si	41
191	pil. murario	27.90	-0.91	-0.19	0.20	-0.88	si	41
	pil. murario	10.87	-0.91	-0.19	-0.18	0.94	si	41
192	pil. murario	25.43	-0.31	-0.04	0.02	-0.30	si	41
	pil. murario	8.40	-0.31	-0.04	-0.05	0.32	si	41
193	pil. murario	109.47	-0.08	16.88	-14.77	-0.13	si	4
	pil. murario	105.27	-0.08	16.88	-7.59	-0.09	si	4
194	pil. murario	105.27	-0.08	16.88	-7.59	-0.09	si	4
	pil. murario	101.06	-0.08	16.88	-0.42	-0.06	si	4
195	pil. murario	101.06	-0.08	16.88	-0.42	-0.06	si	4
	pil. murario	96.86	-0.08	16.88	6.76	-0.02	si	4

196	pil. murario	96.86	-0.08	16.88	6.76	-0.02	si	4
	pil. murario	92.66	-0.08	16.88	13.93	0.01	si	4
197	pil. murario	93.25	-0.99	16.49	13.76	0.46	si	1
*	pil. murario	89.05	-0.99	16.49	20.77	0.88	no: pressoflessione	1
198	pil. murario	48.25	-0.08	-18.30	6.19	0.04	si	2
	pil. murario	44.05	-0.08	-18.30	-1.58	0.07	si	2
199	pil. murario	44.05	-0.08	-18.30	-1.58	0.07	si	2
	pil. murario	39.84	-0.08	-18.30	-9.36	0.11	si	2
200	pil. murario	40.97	-0.43	-17.97	-9.19	0.36	si	1
*	pil. murario	36.77	-0.43	-17.97	-16.83	0.54	no: pressoflessione	1
201	pil. murario	124.71	-1.91	-0.92	1.17	-2.14	si	41
	pil. murario	120.51	-1.91	-0.92	0.78	-1.33	si	41
202	pil. murario	120.51	-1.91	-0.92	0.78	-1.33	si	41
	pil. murario	116.31	-1.91	-0.92	0.39	-0.52	si	41
203	pil. murario	116.31	-1.91	-0.92	0.39	-0.52	si	41
	pil. murario	112.11	-1.91	-0.92	0.00	0.29	si	41
204	pil. murario	112.11	-1.91	-0.92	0.00	0.29	si	41
	pil. murario	107.91	-1.91	-0.92	-0.39	1.10	si	41
205	pil. murario	107.91	-1.91	-0.92	-0.39	1.10	si	41
	pil. murario	103.71	-1.91	-0.92	-0.78	1.91	si	41
206	pil. murario	19.96	-0.26	5.16	-3.62	-0.23	si	4
	pil. murario	15.76	-0.26	5.16	-1.43	-0.12	si	4
207	pil. murario	15.76	-0.26	5.16	-1.43	-0.12	si	4
	pil. murario	11.56	-0.26	5.16	0.77	-0.01	si	4
208	pil. murario	10.63	0.04	4.77	0.67	-0.21	si	3
*	pil. murario	6.43	0.04	4.77	2.69	-0.23	no: pressoflessione	3
209	pil. murario	110.13	-0.18	-13.95	12.33	-0.19	si	2
	pil. murario	105.93	-0.18	-13.95	6.40	-0.11	si	2
210	pil. murario	105.93	-0.18	-13.95	6.40	-0.11	si	2
	pil. murario	101.73	-0.18	-13.95	0.47	-0.03	si	2
211	pil. murario	101.73	-0.18	-13.95	0.47	-0.03	si	2
	pil. murario	97.52	-0.18	-13.95	-5.46	0.04	si	2
212	pil. murario	97.52	-0.18	-13.95	-5.46	0.04	si	2
	pil. murario	93.32	-0.18	-13.95	-11.38	0.12	si	2
213	pil. murario	93.32	-0.18	-13.95	-11.38	0.12	si	2
*	pil. murario	89.12	-0.18	-13.95	-17.31	0.19	no: pressoflessione	2
214	pil. murario	48.04	-0.14	15.87	-5.90	-0.09	si	4
	pil. murario	43.84	-0.14	15.87	0.85	-0.03	si	4
215	pil. murario	43.84	-0.14	15.87	0.85	-0.03	si	4
	pil. murario	39.64	-0.14	15.87	7.59	0.03	si	4
216	pil. murario	40.70	-0.53	15.36	7.42	0.29	si	1
*	pil. murario	36.50	-0.53	15.36	13.95	0.51	no: pressoflessione	1

#### VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (D.M.17.1.2018 (NTC18), §4.5.6, §7.8.2.2.2)

Secondo §4.5.6.2, in analisi statica il taglio per azioni nel piano del muro e il taglio di travi di accoppiamento sono stati limite ultimi da verificare: in PCM vengono trattati nell'ambito del taglio per scorrimento (oltre eventualmente al taglio per fessurazione diagonale). Le verifiche vanno condotte con riferimento a normative di comprovata validità, con l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e trascurando la resistenza a trazione per flessione della muratura (§4.5.6).

Nel rispetto delle prescrizioni normative, PCM svolge le verifiche suddette in analogia alle corrispondenti verifiche descritte in dettaglio nel medesimo testo normativo per l'analisi sismica degli edifici in muratura (§7.8.2.2). E' così possibile condurre verifiche: per le pareti murarie: a taglio per scorrimento nel piano (in analogia con §7.8.2.2.2); per le travi in muratura (=travi di accoppiamento, o fasce di piano: strisce, sottofinestra murari): taglio (in analogia con §7.8.2.2.4).

Le verifiche statiche, originariamente nate per edifici di nuova costruzione, possono essere svolte anche per gli edifici esistenti, provvedendo a sostituire le resistenze caratteristiche  $f_k$ ,  $f_{vk}$  con i valori medi divisi per il fattore di confidenza:  $f_m/FC$ , e:  $f_{vm0} + 0.4 \sigma_n$  (§C8.7.1.5) ( $f_{vm0} = \tau_0$ , cfr. Tab. C8A.2.1).

Per gli edifici esistenti, in §8.2 si prescrive che le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli del D.M. 17.1.2018 costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti: in particolare, quindi, le formulazioni dell'analisi statica relative agli edifici in muratura di nuova costruzione costituiscono il riferimento anche per gli edifici esistenti. Peraltro, nel testo normativo non si evidenzia chiaramente la possibilità di non effettuare le verifiche statiche in caso di valutazione di sicurezza di edifici esistenti. Si deve però considerare che le verifiche statiche dipendenti dall'azione orizzontale del vento e caratterizzate da formulazioni molto precise (legate alle eccentricità strutturali, §4.5.6.2), tipiche della muratura nuova la cui regolarità geometrica è un dato intrinseco, potrebbero essere fuori luogo e inappropriate per le murature esistenti. Per gli edifici esistenti, oltretutto, il soddisfacimento della verifica sismica di strutture spesso massicce e molto pesanti dovrebbe garantire implicitamente la resistenza all'azione del vento: in altre parole, potrebbe essere ragionevole evitare l'esecuzione delle verifiche statiche.

La resistenza a taglio di ciascun elemento strutturale deve essere valutata per mezzo della relazione seguente:

$$V_t = l' \cdot t \cdot f_{vd}, \text{ dove:}$$

$l'$  = lunghezza della parte compressa della parete;

$t$  = spessore della parete;

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$  definito in §4.5.6.1:  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_n$ , calcolando la tensione normale media sulla parte compressa della sezione:  $\sigma_n = P / (l' \cdot t)$ .

Il valore di  $f_{vk}$  non potrà comunque essere maggiore di  $1.4 f'_{bk}$ , dove  $f'_{bk}$  indica la resistenza caratteristica a compressione degli elementi nella direzione di applicazione della forza, né maggiore di 1.5 MPa (e pertanto:  $f_{vd} \leq 1.5 \text{ MPa} / \gamma_M$ ).

La formulazione riportata in §7.8.2.2.2 fa diretto riferimento a muratura nuova.

Secondo vari Autori (cfr. G.Magenes, "Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura", GNDT), nella valutazione della resistenza a taglio è opportuno distinguere fra rottura per fessurazione diagonale e rottura per scorrimento. La resistenza a taglio per fessurazione diagonale, alla quale corrisponde la formulazione accolta dalla Normativa al punto §C8.7.1.5, è infatti da considerarsi alternativa rispetto alla resistenza a taglio per scorrimento. Può essere quindi corretto considerare la possibilità di applicare la verifica a taglio per scorrimento anche alla muratura esistente (analogamente all'applicazione della verifica a taglio per fessurazione diagonale alla muratura nuova) (come peraltro evidenziato in §C8.7.1.5).

Per la muratura esistente, il parametro descrittivo del comportamento a taglio del materiale è il valore medio  $\tau_0$ , definito in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali interventi (§C8A.2, Tab.C8A.2.1). Pertanto, la formulazione del taglio resistente per scorrimento per la muratura esistente può essere ottenuta definendo un valore medio pari a:  $f_{vm} = \tau_0 + 0.4 \sigma_n$ . Al valore medio della resistenza a taglio deve inoltre essere applicato il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_M$  (l'analisi statica è un'analisi Lineare), ed il fattore di confidenza  $F_C$  (§C8.7.1.5).

Il Fattore di Confidenza  $F_C$  (§8.5.4, §C.8.7.1.5, Tab.C8A.1), specificato in input nei Parametri di Calcolo, assume normalmente i valori 1.35, 1.20, 1.00 in corrispondenza rispettivamente dei livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $\tau_o$ ).

Per le verifiche statiche viene utilizzato il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$  definito in §4.5.6.1 (che assume valori compresi fra 2.0 e 3.0), il cui valore è specificato nei Parametri di Calcolo.

Si ha pertanto il seguente schema di valutazione della resistenza di calcolo (o: di progetto)  $f_{vd}$  (analisi lineare):

**Muratura nuova:** da §7.8.2.2.1:  $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M = (f_{vko} + 0.4 \sigma_n) / \gamma_M$ , con:  $f_{vd} \leq 1.4 f_{bk} / \gamma_M$  (equivalente a:  $f_{vk} \leq 1.4 f_{bk}$ ), e  $f_{vd} \leq 1.5 \text{ MPa} / \gamma_M$ .

**Muratura esistente:** è nota  $\tau_o$  (dipendente, fra l'altro, dal livello di conoscenza). Si ha:  $f_{vd} = (\tau_o + 0.4 \sigma_n) / \gamma_M / F_C$ , con  $f_{vd} \leq 1.5 \text{ MPa} / \gamma_M$ .

Nelle espressioni del calcolo di  $f_{vd}$ , si osservi che i coefficienti  $\gamma_M$  e  $F_C$  vengono applicati all'espressione completa della resistenza, cioè sia al termine di taglio puro sia a quello dovuto alla tensione normale. Infatti 0.4 è il coefficiente di attrito del materiale murario: è quindi un parametro caratteristico del materiale, e pertanto anche ad esso vanno applicati i coefficienti di sicurezza  $\gamma_M$  e  $F_C$ .

#### Muratura rinforzata:

**Rinforzo a taglio di muratura ordinaria o armata:** il rinforzo consiste in un'armatura trasversale (es. tralicci) posta nei giunti orizzontali. Per la resistenza a taglio  $V_t$  è possibile considerare un incremento rispetto alla muratura ordinaria (qualora nei Parametri di Calcolo sia stata selezionata, nei Dati per Muratura Armata, la corrispondente opzione) (§7.8.3.2.2):

$$V_t = V_{tm} (\text{contributo muratura}) + V_{ts} (\text{contributo armatura}) = (d t f_{vd}) + (0.6 d A_{sw} f_{yd}) / s,$$

con la limitazione, nel caso di muratura con armature verticali:  $V_t \leq V_{t,lim} = 0.3 f_d t d$ ,

dove:  $d$  = distanza tra lembo compresso e baricentro dell'armatura tesa;

$t$  = spessore della parete;

$s$  = distanza verticale tra i livelli di armatura;

$A_{sw}$  = area dell'armatura a taglio disposta in direzione parallela alla forza di taglio (armatura orizzontale) nel singolo corso orizzontale;

$f_{yd}$  = resistenza di calcolo dell'acciaio, pari a:  $f_{yk} / \gamma_s$  (analisi lineare) ( $\gamma_s = 1.15$ );

$f_d$  = resistenza a compressione di calcolo della muratura, pari a:  $f_d / \gamma_M$  (analisi lineare).

Analoga formulazione viene applicata nel caso di muratura esistente rinforzata con **CAM o Reticolatus** (per questi casi, il contributo  $V_{ts}$  è sempre considerato).

Per muratura esistente rinforzata con **FRP**:

- il contributo della muratura  $V_{tm}$  viene calcolato sulla zona reagente; per il calcolo della resistenza a taglio dipendente dalla compressione viene considerata la tensione  $\sigma_n$  determinata dalla risultante delle compressioni sulla zona reagente (cfr. §5.4.1.2.2 CNR DT 200);

- il contributo del rinforzo  $V_{ts}$  ha le seguenti formulazioni (cfr. §5.4.1.2.2 CNR DT 200) ( $V_{ts} = V_{Rd,t}$ ).

a) Nel caso di pannello murario (maschio o fascia) rinforzato con nastri verticali e orizzontali, cioè con nastri a pressoflessione e con nastri ad essi ortogonali orientati secondo la direzione dello sforzo di taglio:

$$V_{ts} = (1/\gamma_{Rd}) \cdot 0.6 d \cdot (E_f \varepsilon_{fd}) \cdot 2 t_f b_f / p_f, \text{ dove:}$$

$E_f$  = modulo di elasticità del composito nella direzione delle fibre;

$\varepsilon_{fd}$  = deformazione di progetto del rinforzo in FRP = minima fra la deformazione di distacco  $\varepsilon_{fdd}$  (se specificata in input) e la

deformazione di rottura:  $\eta_a \varepsilon_{fk} / \gamma_f$ ;

$t_f$  = spessore del rinforzo (considerando il numero di nastri sovrapposti; il fattore 2 corrisponde al rinforzo su entrambe le facce del pannello);

$b_f, p_f$  = larghezza e passo delle strisce;

$\gamma_{Rd}$  = coefficiente parziale, pari a 1.20.

Il valore di  $V_{ts}$  viene inoltre ridotto mediante il fattore moltiplicativo  $\text{ctg}(90^\circ - \varphi)$ , dove  $\varphi$  è l'angolo d'attrito dei corsi di malta.

La resistenza a taglio massima, corrispondente allo stato limite di compressione delle diagonali del traliccio, è data da:  $V_{t,lim} = 0.3 f_{hd} t d$ , dove  $f_{hd}$  è la resistenza a compressione di progetto nella direzione del taglio (per i maschi: parallela ai letti di malta; per le fasce si considera  $f_d$ ).

b) Se invece il rinforzo a taglio è effettuato mediante nastri diagonali:

$$V_{ts} = (\delta_{Rd}/H) \cdot (\sin \alpha \cos^2 \alpha E_f A_f), \text{ dove:}$$

$\delta_{Rd}/H = \min \{ 0.005, \varepsilon_{fdd} / (\sin \alpha \cos \alpha) \}$ , con:  $\alpha$  = angolo di inclinazione del rinforzo a taglio diagonale;  $\varepsilon_{fdd}$  = deformazione di progetto;

$A_f = 2 t_f b_f$ , con  $t_f$  che tiene conto dei nastri sovrapposti.

Il coefficiente:  $[(\delta_{Rd}/H)/0.005]$  moltiplica inoltre il contributo della muratura  $V_{tm}$ . Nel caso in cui la correzione di  $V_{tm}$  comporti un taglio resistente ( $V_{tm} + V_{ts}$ ) minore della resistenza  $V_{tm}$  senza nastri, si trascura il contributo di FRP assumendo come resistenza a taglio la resistenza del pannello senza nastri.

Le verifiche statiche a taglio per scorrimento, come le altre verifiche di resistenza statiche, sono condotte allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**; non è infatti necessario eseguire verifiche statiche a stati limite di esercizio (§4.5.6.3). Le sollecitazioni di progetto derivano direttamente dall'analisi. Per i nuovi edifici è possibile che sia richiesta la **verifica di robustezza del progetto** (§3.1.1): in tal caso, le sollecitazioni di progetto vengono determinate incrementando i valori del taglio risultanti dall'analisi di una quota pari all'1% dello sforzo normale, evitando le combinazioni di carico dove si considera l'azione del vento; i corrispondenti momenti di progetto vengono ottenuti, a favore di sicurezza, incrementando i valori risultanti dall'analisi con l'incremento del taglio moltiplicato per l'altezza (=luce deformabile nel piano complanare) dell'elemento per le verifiche alla base, e per metà altezza per le verifiche in sommità.

**Simbologia** utilizzata nel software PCM per i risultati dell'Analisi Statica Lineare Non Sismica, riferiti alle Combinazioni di Condizioni di Carico fondamentali (secondo §2.5.3), per elementi in muratura:

**N.** = numero progressivo dell'elemento murario

**n/e** = parete in muratura nuova (n) o esistente (e)

**Sez.** = indica la sezione di verifica (per i maschi: B=base, S=sommità; per le fasce: I=sezione iniziale, J=sezione finale; le sezioni sono in ogni caso riferite alla luce deformabile nel piano complanare)

**P** = forza assiale positiva se di compressione

**M** = momento di calcolo

**Ecc** = eccentricità (=  $M / P$ )

**Beta** = coefficiente di parzializzazione della sezione =  $l'/l$ , essendo  $l'$  la zona compressa.

Per muratura ordinaria: la zona reagente (parte della sezione soggetta a compressione) può essere determinata ipotizzando la distribuzione triangolare delle tensioni (EC6, §4.5.3.(6)), oppure (nell'ipotesi di comportamento della muratura parabolico-rettangolare) calcolando l'effettiva zona reagente a pressoflessione attraverso lo studio del punto di sollecitazione contenuto nel dominio di resistenza. In caso di distribuzione triangolare:  $\text{Beta}=1$  se  $(\text{Ecc}/l) \leq 1/6$ , altrimenti:  $\text{Beta}=(3 \cdot (0.5-\text{Ecc}/l))$  [ $\text{Beta}=0$  se  $\text{Ecc} \geq l/2$ ]. Per muratura armata o consolidata con FRP / CAM / Reticolatus, il dominio di resistenza è sempre disponibile e quindi in tali casi è sempre possibile fare riferimento all'effettiva zona reagente a pressoflessione.

Si osservi che il riferimento all'effettiva zona reagente a pressoflessione garantisce la coerenza fra Taglio e PressoFlessione (N,M e T agiscono contemporaneamente sulla sezione trasversale). Lo studio della sezione nel dominio di resistenza fornisce inoltre la risultante delle compressioni C relativa alla zona reagente: tale risultante è maggiore dello sforzo normale N di compressione agente sulla sezione quando sia presente un elemento in grado di fornire resistenza a trazione T ( $C=N+T$ ). Più in dettaglio:

- per la muratura armata e per i sistemi CAM / Reticolatus, la zona resistente a taglio per scorrimento è pari a d (cfr. §7.8.3.2.2) e quindi non corrisponde in realtà alla sola zona compressa. La tensione normale  $\sigma_n$  ai fini della verifica a taglio per scorrimento è fornita da:  $N/(dt)$ , con  $t$ =spessore della parete;

- per la muratura ordinaria non rinforzata non esiste un elemento reagente a trazione, e quindi  $C=N$ .  $\sigma_n$  è pari a  $N/(l't)$ ;

- per la muratura rinforzata con FRP, si fa riferimento all'effettiva zona compressa e alla tensione normale media prodotta dalla risultante degli sforzi di compressione:  $\sigma_n = C/(l't)$  (DT200 R1/2012, §5.4.1.1.2).

**C** = risultante degli sforzi di compressione sulla zona reagente, calcolata in caso di comportamento meccanico della muratura secondo il modello parabolico-rettangolare

**$\sigma_n$**  = tensione normale media riferita alla parte compressa della sezione

**$f_{vko}/\tau_o$**  = resistenza a taglio per fessurazione diagonale in assenza di compressione:  $f_{vko}$  (caratteristica) per muratura nuova,  $\tau_o$  (media) per muratura esistente

**$\gamma_m \cdot FC$**  = prodotto del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali per il fattore di confidenza ( $\gamma_m = 2.0$ ;  $F_C = 1.00$  per muratura nuova; dipendente dal livello di conoscenza LC1, LC2 o LC3 per muratura esistente)

**fvd** = valore di calcolo (o: di progetto) della resistenza a taglio per scorrimento

**Vt** = taglio resistente

**V** = taglio di calcolo. Per gli edifici nuovi in muratura armata progettata secondo la gerarchia delle resistenze (§7.8.1.7), il taglio di calcolo viene amplificato per il fattore ( $M_u/M$ ), dove M è il momento di calcolo corrispondente a V e  $M_u$  è il momento resistente, in modo da ottenere l'azione di taglio corrispondente alla resistenza a collasso per flessione; V è inoltre amplificato per  $\gamma_{Rd} = 1.5$

**C.Sic.** = coefficiente di sicurezza dato dal rapporto  $V_t / V$ . La verifica è soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza è  $\geq 1$

Nel caso di muratura rinforzata, compaiono inoltre i seguenti parametri:

**% arm. tag.** = percentuale di armatura a taglio (definita da:  $A_{sw} / (s \cdot t) \cdot 100$ ).

Nel caso di rinforzo con armatura trasversale posta nei giunti, si adottano i limiti normativi indicati in §4.5.7: la percentuale non può essere inferiore allo 0.04% né superiore allo 0.5%, e in caso contrario il dato viene posto in evidenza (grassetto in colore blu)

**VtM** = contributo della muratura al taglio resistente

**VtS** = contributo dell'armatura orizzontale al taglio resistente

**Vtlim** = valore limite del taglio resistente

Per alcuni parametri utilizzati nelle verifiche [p.es.: Materiali: coefficiente di attrito per la muratura - normalmente assunto pari a 0.4, armatura a taglio: massimo passo, percentuale minima e massima; Parametri di Calcolo: possibilità di considerare o meno la sezione resistente a taglio coincidente con la sola zona compressa], PCM consente specifiche diverse rispetto ai valori generalmente indicati nei testi normativi, al fine di descrivere adeguatamente materiali e/o modelli le cui particolarità richiedano l'utilizzo di parametri specifici. I risultati delle verifiche a taglio si riferiscono quindi ai valori correntemente utilizzati per il modello (consultare i dati per le corrispondenti specifiche).

## 9. VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§4.5.6, §7.8.2.2.2) [ SLV ] - C.Sic: 0.780 (CCC ID 41) (Analisi Statica Lineare NON Sismica: Involuppo CCC)

N.	n/e	Sez.	P (kN)	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	C (kN)	$\sigma_n$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{vko}/\tau_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_m$ * FC	fvd (N/mm <sup>2</sup> )	Vt (kN)	V (kN)	C.Sic.	ID CCC
1	e	B	41.14	-1.25	0.03	1.000	41.14	0.269	0.060	4.05	0.041	6.33	1.76	3.597	41
1	e	S	36.30	1.13	0.03	1.000	36.30	0.237	0.060	4.05	0.038	5.85	1.76	3.325	41
4	e	B	286.57	-25.01	0.09	1.000	286.57	0.273	0.060	4.05	0.042	43.86	13.34	3.288	41
4	e	S	227.09	7.03	0.03	1.000	227.09	0.216	0.060	4.05	0.036	37.99	13.14	2.891	41
8	e	B	51.58	-1.11	0.02	1.000	51.58	0.375	0.060	4.05	0.052	7.13	1.63	4.374	41
8	e	S	47.38	1.03	0.02	1.000	47.38	0.345	0.060	4.05	0.049	6.72	1.63	4.120	41
13	e	I	-0.27	-0.95	3.52	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.87	2.70	1.432	43
13	e	J	-0.27	1.35	5.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.87	2.70	1.432	43
15	e	I	-7.39	1.38	0.19	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.87	2.58	1.499	41
15	e	J	-7.39	-0.81	0.11	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.87	2.58	1.499	41
16	e	B	17.75	-0.12	0.01	1.000	17.75	0.271	0.060	4.05	0.042	2.72	0.27	>> 1	42
16	e	S	16.44	0.11	0.01	1.000	16.44	0.251	0.060	4.05	0.040	2.59	0.27	9.602	42
19	e	B	143.83	-8.19	0.06	1.000	143.83	0.259	0.060	4.05	0.040	22.43	3.09	7.258	42
19	e	S	114.61	-1.23	0.01	1.000	114.61	0.207	0.060	4.05	0.035	19.54	3.09	6.324	42
23	e	B	100.82	-8.68	0.09	1.000	100.82	0.121	0.060	4.05	0.027	22.31	6.27	3.559	42
23	e	S	53.71	6.46	0.12	1.000	53.71	0.064	0.060	4.05	0.021	17.66	6.27	2.817	42
27	e	B	300.75	19.57	0.07	1.000	300.75	0.240	0.060	4.05	0.039	48.28	9.35	5.164	44
27	e	S	223.25	-5.12	0.02	1.000	223.25	0.178	0.060	4.05	0.032	40.63	9.35	4.345	44
31	e	I	0.43	0.53	1.23	1.000	0.43	0.001	0.060	4.05	0.015	4.44	1.63	2.725	42
31	e	J	0.43	-0.86	2.00	1.000	0.43	0.001	0.060	4.05	0.015	4.44	1.63	2.725	42
33	e	I	-0.97	0.73	0.75	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.04	1.30	3.111	42
33	e	J	-0.97	-0.31	0.32	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.04	1.30	3.111	42
35	e	I	-0.08	0.10	1.25	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.04	0.39	>> 1	42
35	e	J	-0.08	-0.22	2.75	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.04	0.39	>> 1	42
36	e	B	144.45	17.13	0.12	1.000	144.45	0.185	0.060	4.05	0.033	25.82	8.05	3.208	43
36	e	S	94.82	-4.75	0.05	1.000	94.82	0.122	0.060	4.05	0.027	20.92	8.05	2.599	43
38	e	B	176.40	-14.67	0.08	1.000	176.40	0.217	0.060	4.05	0.036	29.45	9.83	2.996	41
38	e	S	124.66	12.10	0.10	1.000	124.66	0.154	0.060	4.05	0.030	24.34	9.83	2.476	41
40	e	I	-0.66	0.55	0.83	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	2.40	1.14	2.105	41
40	e	J	-0.66	-0.43	0.65	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	2.40	1.14	2.105	41
41	e	B	244.51	-10.81	0.04	1.000	244.51	0.225	0.060	4.05	0.037	40.26	6.78	5.938	42
41	e	S	167.56	9.69	0.06	1.000	167.56	0.154	0.060	4.05	0.030	32.66	6.78	4.817	42
44	e	B	243.09	-10.88	0.04	1.000	243.09	0.225	0.060	4.05	0.037	40.01	7.27	5.503	42
44	e	S	171.32	9.77	0.06	1.000	171.32	0.159	0.060	4.05	0.030	32.92	7.27	4.528	42
46	e	B	29.18	-0.62	0.02	1.000	29.18	0.162	0.060	4.05	0.031	5.55	0.73	7.601	44
46	e	S	19.99	-2.21	0.11	0.950	19.99	0.117	0.060	4.05	0.026	4.50	0.73	6.165	44
48	e	B	408.09	-13.44	0.03	1.000	408.09	0.390	0.060	4.05	0.053	55.82	5.82	9.590	42
48	e	S	339.10	2.96	0.01	1.000	339.10	0.324	0.060	4.05	0.047	49.00	5.82	8.420	42
49	e	B	99.46	-2.45	0.02	1.000	99.46	0.230	0.060	4.05	0.038	16.22	1.84	8.815	42
49	e	S	72.71	2.41	0.03	1.000	72.71	0.168	0.060	4.05	0.031	13.58	1.84	7.379	42
52	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.00	>> 1	1
53	e	I	0.05	-0.68	13.60	1.000	0.05	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.72	8.340	41
53	e	J	0.05	0.38	7.60	1.000	0.05	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.72	8.340	41
54	e	I	-0.39	-0.13	0.33	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.91	6.593	42
54	e	J	-0.39	0.59	1.51	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.91	6.593	42

55	e	I	-2.15	0.66	0.31	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.80	7.500	44
55	e	J	-2.15	-0.01	0.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.80	7.500	44
56	e	B	348.85	10.41	0.03	1.000	348.85	0.225	0.060	4.05	0.037	57.41	16.41	3.499	43
56	e	S	252.96	-32.97	0.13	1.000	252.96	0.163	0.060	4.05	0.031	47.94	16.41	2.922	43
57	e	B	30.41	-0.05	0.00	1.000	30.41	0.492	0.060	4.05	0.063	3.92	0.06	>> 1	43
57	e	S	27.45	0.07	0.00	1.000	27.45	0.444	0.060	4.05	0.059	3.63	0.06	>> 1	43
* 59	e	I	-2.83	0.31	0.11	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.51	4.50	0.780	41
* 59	e	J	-2.83	-3.29	1.16	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	3.51	4.50	0.780	41
60	e	B	420.09	47.18	0.11	1.000	420.09	0.227	0.060	4.05	0.037	68.88	27.79	2.479	43
60	e	S	294.61	-33.41	0.11	1.000	294.61	0.159	0.060	4.05	0.031	56.49	27.79	2.033	43
62	e	B	5.40	-0.11	0.02	1.000	5.40	0.120	0.060	4.05	0.027	1.20	0.13	9.231	37
62	e	S	3.35	0.15	0.04	1.000	3.35	0.074	0.060	4.05	0.022	1.00	0.13	7.673	37
65	e	B	80.21	-31.52	0.39	1.000	80.21	0.106	0.060	4.05	0.025	19.17	8.21	2.335	41
65	e	S	31.44	-8.97	0.29	1.000	31.44	0.041	0.060	4.05	0.019	14.35	8.21	1.748	41
68	e	I	-1.92	-0.37	0.19	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	2.44	1.05	2.328	43
68	e	J	-1.92	0.46	0.24	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	2.44	1.05	2.328	43
69	e	B	42.33	-0.31	0.01	1.000	42.33	0.223	0.060	4.05	0.037	6.99	0.19	>> 1	41
69	e	S	28.63	0.29	0.01	1.000	28.63	0.151	0.060	4.05	0.030	5.63	0.19	>> 1	41
72	e	B	169.40	-10.59	0.06	1.000	169.40	0.218	0.060	4.05	0.036	28.22	6.27	4.501	41
72	e	S	111.02	9.56	0.09	1.000	111.02	0.143	0.060	4.05	0.029	22.46	6.27	3.582	41
74	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.21	0.00	>> 1	1
75	e	B	219.95	-14.52	0.07	1.000	219.95	0.220	0.060	4.05	0.037	36.55	8.56	4.270	41
75	e	S	146.29	12.42	0.08	1.000	146.29	0.146	0.060	4.05	0.029	29.28	8.56	3.420	41
78	e	B	131.76	4.93	0.04	1.000	131.76	0.215	0.060	4.05	0.036	22.11	3.27	6.762	43
78	e	S	86.99	-5.25	0.06	1.000	86.99	0.142	0.060	4.05	0.029	17.69	3.27	5.410	43
81	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	5.85	0.00	>> 1	1
82	e	B	80.68	-2.83	0.04	1.000	80.68	0.127	0.060	4.05	0.027	17.38	2.99	5.813	41
86	e	B	81.82	7.64	0.09	1.000	81.82	0.067	0.060	4.05	0.021	26.23	4.04	6.494	43
91	e	I	3.49	0.00	0.00	1.000	3.49	0.005	0.060	4.05	0.015	10.82	0.80	>> 1	41
92	e	B	90.72	0.50	0.01	1.000	90.72	0.116	0.060	4.05	0.026	20.53	3.54	5.800	43
95	e	B	105.61	9.76	0.09	1.000	105.61	0.130	0.060	4.05	0.028	22.43	6.35	3.532	43
98	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	8.70	0.00	>> 1	1
99	e	B	288.59	14.00	0.05	1.000	288.59	0.120	0.060	4.05	0.027	64.12	4.84	>> 1	44
100	e	B	279.90	0.66	0.00	1.000	279.90	0.117	0.060	4.05	0.026	62.97	3.33	>> 1	42
101	e	B	21.12	-0.60	0.03	1.000	21.12	0.141	0.060	4.05	0.029	4.30	0.48	8.966	41
105	e	B	147.30	-1.03	0.01	1.000	147.30	0.139	0.060	4.05	0.029	30.29	2.22	>> 1	41
110	e	I	-0.96	0.75	0.78	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	7.95	0.93	8.545	43
110	e	J	-0.96	1.60	1.67	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	7.95	0.93	8.545	43
111	e	B	181.05	-19.28	0.11	1.000	181.05	0.071	0.060	4.05	0.022	55.45	15.23	3.641	41
114	e	B	19.56	0.44	0.02	1.000	19.56	0.138	0.060	4.05	0.028	4.03	0.61	6.613	39
117	e	B	137.56	10.24	0.07	1.000	137.56	0.123	0.060	4.05	0.027	30.20	5.94	5.085	43
120	e	I	-1.69	1.04	0.62	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.96	1.42	4.905	43
120	e	J	-1.69	2.12	1.25	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.96	1.42	4.905	43
121	e	B	200.25	19.44	0.10	1.000	200.25	0.108	0.060	4.05	0.026	47.15	9.46	4.984	43
124	e	B	135.31	-4.90	0.04	1.000	135.31	0.083	0.060	4.05	0.023	37.48	3.24	>> 1	44
127	e	B	1.17	-0.03	0.03	1.000	1.17	0.018	0.060	4.05	0.017	1.08	0.06	>> 1	44
129	e	B	66.97	-1.20	0.02	1.000	66.97	0.121	0.060	4.05	0.027	14.83	1.32	>> 1	44
131	e	B	181.32	24.76	0.14	1.000	181.32	0.078	0.060	4.05	0.023	52.40	5.06	>> 1	44
132	e	I	0.10	-0.67	6.70	1.000	0.10	0.000	0.060	4.05	0.015	7.12	0.98	7.266	44
132	e	J	0.10	0.17	1.70	1.000	0.10	0.000	0.060	4.05	0.015	7.12	0.98	7.266	44
133	e	I	0.96	0.39	0.41	1.000	0.96	0.002	0.060	4.05	0.015	7.21	1.18	6.107	42
133	e	J	0.96	-0.55	0.57	1.000	0.96	0.002	0.060	4.05	0.015	7.21	1.18	6.107	42
134	e	B	30.24	0.45	0.01	1.000	30.24	0.220	0.060	4.05	0.037	5.02	0.43	>> 1	43
139	e	I	0.07	-3.99	57.00	1.000	0.07	0.000	0.060	4.05	0.015	13.42	1.41	9.515	43
139	e	J	0.07	-2.75	39.29	1.000	0.07	0.000	0.060	4.05	0.015	13.42	1.41	9.515	43
140	e	B	23.33	-0.14	0.01	1.000	23.33	0.335	0.060	4.05	0.048	3.34	0.13	>> 1	41
143	e	B	20.49	0.12	0.01	1.000	20.49	0.328	0.060	4.05	0.047	2.95	0.11	>> 1	2
146	e	I	2.56	-7.04	2.75	1.000	2.56	0.003	0.060	4.05	0.015	12.38	3.62	3.420	43
146	e	J	2.56	-3.90	1.52	1.000	2.56	0.003	0.060	4.05	0.015	12.38	3.62	3.420	43
147	e	B	320.68	14.85	0.05	1.000	320.68	0.209	0.060	4.05	0.035	54.44	8.60	6.330	42
147	e	S	198.43	-14.40	0.07	1.000	198.43	0.129	0.060	4.05	0.028	42.36	8.60	4.926	42
149	e	B	330.55	-15.75	0.05	1.000	330.55	0.213	0.060	4.05	0.036	55.65	8.93	6.231	42
149	e	S	207.03	14.61	0.07	1.000	207.03	0.133	0.060	4.05	0.028	43.45	8.93	4.865	42
152	e	B	99.22	1.99	0.02	1.000	99.22	0.065	0.060	4.05	0.021	32.58	1.83	>> 1	42
154	e	B	31.97	-0.68	0.02	1.000	31.97	0.049	0.060	4.05	0.020	12.82	0.82	>> 1	44
158	e	B	35.33	0.69	0.02	1.000	35.33	0.054	0.060	4.05	0.020	13.16	0.83	>> 1	42
163	e	I	0.29	0.12	0.41	1.000	0.29	0.001	0.060	4.05	0.015	6.36	0.33	>> 1	42
163	e	J	0.29	-0.15	0.52	1.000	0.29	0.001	0.060	4.05	0.015	6.36	0.33	>> 1	42
164	e	B	34.76	0.71	0.02	1.000	34.76	0.053	0.060	4.05	0.020	13.10	0.79	>> 1	44
168	e	B	38.38	-1.26	0.03	1.000	38.38	0.059	0.060	4.05	0.021	13.46	1.58	8.517	42
173	e	I	-1.42	0.15	0.11	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.33	0.38	>> 1	42
173	e	J	-1.42	-0.15	0.11	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.33	0.38	>> 1	42
174	e	B	112.73	-3.52	0.03	1.000	112.73	0.073	0.060	4.05	0.022	34.13	3.67	9.301	42
176	e	B	246.01	-18.82	0.08	1.000	246.01	0.151	0.060	4.05	0.030	48.44	10.23	4.735	42
176	e	S	141.17	9.31	0.07	1.000	141.17	0.087	0.060	4.05	0.023	38.08	10.23	3.722	42
541	e	I	5.52	-0.82	0.15	1.000	5.52	0.008	0.060	4.05	0.016	10.59	7.03	1.506	42
541	e	J	5.52	2.24	0.41	1.000	5.52	0.008	0.060	4.05	0.016	10.59	7.03	1.506	42
542	e	I	-2.16	1.72	0.80	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	10.04	6.58	1.527	43
542	e	J	-2.16	-1.34	0.62	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	10.04	6.58	1.527	43

#### VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (D.M.17.1.2018 (NTC18), §4.5.6, §C8.7.1.5)

Secondo §4.5.6.2, in analisi statica il taglio per azioni nel piano del muro e il taglio di travi di accoppiamento sono stati limite ultimi da verificare: in PCM vengono trattati nell'ambito del taglio per fessurazione diagonale (oltre eventualmente al taglio per scorrimento).

Le verifiche vanno condotte con riferimento a normative di comprovata validità, con l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e trascurando la resistenza a trazione per flessione della muratura (§4.5.6).

Nel rispetto delle prescrizioni normative, PCM svolge le verifiche suddette in analogia alle corrispondenti verifiche descritte in dettaglio nel medesimo testo normativo per l'analisi sismica degli edifici in muratura (§C8.7.1.5).

Per gli edifici esistenti, in §8.2 si prescrive che le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli del D.M. 14.1.2008 costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti: in particolare, quindi, le formulazioni dell'analisi statica relative agli edifici in muratura di nuova costruzione costituiscono il riferimento anche per gli edifici esistenti. Peraltro, nel testo normativo non si evidenzia chiaramente la possibilità di non effettuare le verifiche statiche in caso di valutazione di sicurezza di edifici esistenti. Si deve però considerare che le verifiche statiche dipendenti dall'azione orizzontale del vento e caratterizzate da formulazioni molto precise (legate alle eccentricità strutturali, §4.5.6.2), tipiche della muratura nuova la cui regolarità geometrica è un dato intrinseco, potrebbero essere fuori luogo e inappropriate per le murature esistenti. Per gli edifici esistenti, oltretutto, il soddisfacimento della verifica sismica di strutture spesso massicce e molto pesanti dovrebbe garantire implicitamente la resistenza all'azione del vento: in altre parole, potrebbe essere ragionevole evitare l'esecuzione delle verifiche statiche.



La resistenza a taglio per fessurazione diagonale viene valutata per mezzo di una formulazione esprimibile nel modo seguente:

$V_t = l \cdot t \cdot f_{vd}$ , dove:

$l$  = lunghezza del pannello,  $t$  = spessore del pannello,

$f_{vd} = (1.5 \tau_{od} / b) \cdot \sqrt{[1 + \sigma_o / (1.5 \tau_{od})]} = (f_{td} / b) \cdot \sqrt{[1 + \sigma_o / f_{td}]}$

essendo:

$\sigma_o$  = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ( $= P / l t$ , con  $P$  forza assiale agente positiva se di compressione);

$f_{td}$  = valore di calcolo della resistenza a trazione per fessurazione diagonale  $= 1.5 \tau_{od}$

$\tau_{od}$  = valore di calcolo della resistenza a taglio di riferimento (=resistenza a taglio puro, cioè in assenza di sforzo normale) per fessurazione diagonale

$b$  = coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete.

Si può assumere  $b = \lambda (=h/l)$ , essendo  $\lambda$  la snellezza della parete, comunque non superiore a 1.5 e non inferiore a 1, dove  $h$  è l'altezza della parete. Questa relazione è indicata in §C8.7.1.5. In alternativa, è possibile adottare la formulazione di Turnsek-Cacovic ( $b=1.5$  indipendente da  $\lambda$ ) o la relazione:  $b=1.0 + 0.5 \lambda$ , con  $b \leq 1.5$  (quest'ultima riportata in: Betti-Galano-Petracchi-Vignoli, "Uno studio numerico sul coefficiente di forma  $b$  nel criterio di rottura a taglio per fessurazione diagonale di pannelli di muratura ordinaria", Ingegneria Sismica, Anno XXVIII, n.2, Aprile-Giugno 2011).

Secondo §C8.7.1.5, i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza  $F_c$  e per il coefficiente parziale di sicurezza sui materiali  $\gamma_M$  (l'analisi statica è un'analisi lineare).

Il Fattore di Confidenza  $F_c$  (§8.5.4, §C.8.7.1.5, Tab.C8A.1), assume normalmente i valori 1.35, 1.20, 1.00 in corrispondenza rispettivamente dei livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $\tau_{od}$ ). I valori medi delle resistenze sono definiti in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali interventi (§C8A.2, Tab.C8A.2.1).

La formulazione riportata in §C8.7.1.5 fa diretto riferimento a muratura esistente.

Secondo vari Autori (cfr. G.Magenes, "Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura", GNDT), nella valutazione della resistenza a taglio è opportuno distinguere fra rottura per fessurazione diagonale e rottura per scorrimento. La resistenza a taglio per fessurazione diagonale è infatti da considerarsi alternativa rispetto alla resistenza a taglio per scorrimento, alla quale corrisponde la formulazione accolta dalla Normativa al punto §7.8.2.2.2. Può essere quindi corretto considerare la possibilità di applicare la verifica a taglio per fessurazione diagonale anche alla muratura nuova (analogamente all'applicazione della verifica a taglio per scorrimento alla muratura esistente).

La formulazione del taglio resistente per fessurazione diagonale per muratura nuova può essere ottenuta utilizzando, al posto di  $\tau_{od}$ , il valore medio della resistenza a taglio puro della muratura ( $f_{vmo}$ , se non noto:  $f_{vmo} = f_{vko}/0.7$ ). Per la muratura nuova, il valore della resistenza di calcolo a taglio puro si ottiene quindi dividendo  $f_{vmo}$  per  $\gamma_M$  (analisi lineare).

Sia alla muratura esistente, sia alla nuova, ai valori di calcolo della resistenza a taglio per fessurazione diagonale sono applicati inoltre gli stessi limiti massimi proposti in §7.8.2.2.2 per la resistenza a taglio per scorrimento.

Per le verifiche statiche viene utilizzato il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$  definito in §4.5.6.1 (che assume valori compresi fra 2.0 e 3.0), il cui valore è specificato nei Parametri di Calcolo.

Si ha pertanto il seguente schema di valutazione della resistenza di calcolo (o: di progetto)  $f_{vd}$  (analisi lineare):

**Muratura esistente:** è nota  $\tau_{od}$  (dipendente, fra l'altro, dal livello di conoscenza).

Da §C8.7.1.5:  $f_{vd} = (\tau_{od} / \gamma_M / F_c) \cdot \sqrt{[1 + \sigma_o / (b (\tau_{od} / \gamma_M / F_c))]}$ , con  $f_{vd} \leq 1.5 \text{ MPa} / \gamma_M$ .

**Muratura nuova:**  $f_{vmo}$ : se non è nota, si pone:  $f_{vmo} = f_{vko} / 0.7$ , dove  $f_{vko}$  è certamente nota.

Si ha:  $f_{vd} = (f_{vmo} / \gamma_M) \cdot \sqrt{[1 + \sigma_o / (b (f_{vmo} / \gamma_M))]}$ , con  $f_{vd} \leq 1.4 f_{bk} / \gamma_M$  e  $f_{vd} \leq 1.5 \text{ MPa} / \gamma_M$ .

**Muratura rinforzata:**

**Rinforzo a taglio di muratura ordinaria o armata:** il rinforzo consiste in un'armatura trasversale (es. tralicci) posta nei giunti orizzontali. Per la resistenza a taglio  $V_t$  è possibile considerare un incremento rispetto alla muratura ordinaria (qualora nei Parametri di Calcolo sia stata selezionata, nei Dati per Muratura Armata, la corrispondente opzione) (§7.8.3.2.2):

$V_t = V_{tm} \text{ (contributo muratura)} + V_{ts} \text{ (contributo armatura)} = (l \cdot t \cdot f_{vd}) + (0.6 \cdot l \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}) / s$ ,

con la limitazione, nel caso di muratura con armature verticali:  $V_t \leq V_{t,lim} = 0.3 f_d t l$ ,

dove:

$s$  = distanza verticale tra i livelli di armatura;

$A_{sw}$  = area dell'armatura a taglio disposta in direzione parallela alla forza di taglio (armatura orizzontale) nel singolo corso orizzontale;

$f_{yd}$  = resistenza di calcolo dell'acciaio, pari a:  $f_{yk} / \gamma_s$  (analisi lineare) ( $\gamma_s = 1.15$ );

$f_d$  = resistenza a compressione di calcolo della muratura, pari a:  $f_d / \gamma_M$  (analisi lineare).

Analoga formulazione viene applicata nel caso di muratura esistente rinforzata con **CAM o Reticolatus** (per questi casi, il contributo  $V_{ts}$  è sempre considerato; al posto della lunghezza del pannello  $l$  viene considerata la distanza  $d$  tra lembo compresso e baricentro dell'armatura tesa).

Per muratura esistente rinforzata con **FRP**, il contributo del rinforzo ha le seguenti formulazioni (cfr. §5.4.1.2.2 CNR DT 200)

( $V_{ts} = V_{Rd,t}$ ).

a) Nel caso di pannello murario (maschio o fascia) rinforzato con nastri verticali e orizzontali, cioè con nastri a pressoflessione e con nastri ad essi ortogonali orientati secondo la direzione dello sforzo di taglio:

$V_{ts} = (1/\gamma_{Rd}) \cdot 0.6 d \cdot (E_f \varepsilon_{fd}) \cdot 2 t_f b_f / p_f$ , dove:

$E_f$  = modulo di elasticità del composito nella direzione delle fibre;

$\varepsilon_{fd}$  = deformazione di progetto del rinforzo in FRP = minima fra la deformazione di distacco  $\varepsilon_{fdd}$  (se specificata in input) e la

deformazione di rottura:  $\eta_a \varepsilon_{fk} / \gamma_f$ ;

$t_f$  = spessore del rinforzo (considerando il numero di nastri sovrapposti; il fattore 2 corrisponde al rinforzo su entrambe le facce del pannello);

$b_f, p_f$  = larghezza e passo delle strisce;

$\gamma_{Rd}$  = coefficiente parziale, pari a 1.20.

Il valore di  $V_{ts}$  viene inoltre ridotto mediante il fattore moltiplicativo  $\text{ctg}(90^\circ - \varphi)$ , dove  $\varphi$  è l'angolo d'attrito dei corsi di malta.

La resistenza a taglio massima, corrispondente allo stato limite di compressione delle diagonali del traliccio, è data da:  $V_{t,lim} = 0.3 f_{hd} t d$ , dove  $f_{hd}$  è la resistenza a compressione di progetto nella direzione del taglio (per i maschi: parallela ai letti di malta; per le fasce si considera  $f_d$ ).

b) Se invece il rinforzo a taglio è effettuato mediante nastri diagonali:

$V_{ts} = (\delta_{Rd}/H) \cdot (\sin \alpha \cos^2 \alpha \cdot E_f A_f)$ , dove:

$\delta_{Rd}/H = \min \{ 0.005, \varepsilon_{fdd} / (\sin \alpha \cos \alpha) \}$ , con:  $\alpha$  = angolo di inclinazione del rinforzo a taglio diagonale;  $\varepsilon_{fdd}$  = deformazione di progetto;

$A_f = 2 t_f b_f$ , con  $t_f$  che tiene conto dei nastri sovrapposti.

Il coefficiente:  $[(\delta_{Rd}/H)/0.005]$  moltiplica inoltre il contributo della muratura  $V_{tm}$ . Nel caso in cui la correzione di  $V_{tm}$  comporti un taglio

resistente ( $V_{IM} + V_{IS}$ ) minore della resistenza  $V_{IM}$  senza nastri, si trascura il contributo di FRP assumendo come resistenza a taglio la resistenza del pannello senza nastri.

Le verifiche statiche a taglio per fessurazione diagonale, come le altre verifiche di resistenza statiche, sono condotte allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**; non è infatti necessario eseguire verifiche statiche a stati limite di esercizio (§4.5.6.3). Le sollecitazioni di progetto derivano direttamente dall'analisi. Per i nuovi edifici è possibile che sia richiesta la **verifica di robustezza del progetto** (§3.1.1): in tal caso, le sollecitazioni di progetto vengono determinate incrementando i valori del taglio risultanti dall'analisi di una quota pari all'1% dello sforzo normale, evitando le combinazioni di carico dove si considera l'azione del vento.

**Simbologia adottata** dal software PCM (risultati analisi lineare):

**N.** = numero progressivo dell'elemento murario

**n/e** = parete in muratura nuova (n) o esistente (e)

**Sez.** = indica la sezione di verifica (M=mezzeria, con riferimento alla luce deformabile nel piano complanare)

**Coeff.** = coefficiente correttivo b

**P** = forza assiale positiva se di compressione

**p** =  $\sigma_0$  = tensione normale media riferita all'intera sezione

**fvko/tauo** = resistenza a taglio per fessurazione diagonale in assenza di compressione:  $f_{vko}$  (caratteristica) per muratura nuova,  $\tau_0$  (media) per muratura esistente

**$\gamma_m \cdot FC$**  = prodotto del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali per il fattore di confidenza ( $\gamma_m = 2.0$ ;  $FC = 1.00$  per muratura nuova; dipendente dal livello di conoscenza LC1, LC2 o LC3 per muratura esistente)

**fvd** = valore di calcolo (o: di progetto) della resistenza a taglio per fessurazione diagonale

**Vt** = taglio resistente

**V** = taglio di calcolo. Per gli edifici nuovi in muratura armata progettata secondo la gerarchia delle resistenze (§7.8.1.7), il taglio di calcolo viene amplificato per il fattore ( $M_u/M$ ), dove M è il momento di calcolo corrispondente a V e  $M_u$  è il momento resistente, in modo da ottenere l'azione di taglio corrispondente alla resistenza a collasso per flessione; V è inoltre amplificato per  $\gamma_{RD} = 1.5$

**C.Sic.** = coefficiente di sicurezza dato dal rapporto  $V_t / V$ . La verifica è soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza è  $\geq 1$

Nel caso di muratura rinforzata, compaiono inoltre i seguenti parametri:

**% arm. tag.** = percentuale di armatura a taglio (definita da:  $A_{sw} / (s \cdot t) \cdot 100$ ).

Nel caso di rinforzo con armatura trasversale posta nei giunti, si adottano i limiti normativi indicati in §4.5.7: la percentuale non può essere inferiore allo 0.04% né superiore allo 0.5%, e in caso contrario il dato viene posto in evidenza (grassetto in colore blu)

**VtM** = contributo della muratura al taglio resistente

**VtS** = contributo dell'armatura orizzontale al taglio resistente

**Vtlim** = valore limite del taglio resistente

Per alcuni parametri utilizzati nelle verifiche [p.es.: Materiali: armatura a taglio: massimo passo, percentuale minima e massima], PCM consente specifiche diverse rispetto ai valori generalmente indicati nei testi normativi, al fine di descrivere adeguatamente materiali e/o modelli le cui particolarità richiedano l'utilizzo di parametri specifici. I risultati delle verifiche a taglio si riferiscono quindi ai valori correntemente utilizzati per il modello (consultare i dati per le corrispondenti specifiche).

#### 10. VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§4.5.6, §C8.7.1.5) [ SLV ] - C.Sic: 1.156 (CCC ID 41) (Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	n/e	Sez.	Coeff. b	P (kN)	p (N/mm <sup>2</sup> )	fvko/tauo (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_m \cdot FC$	fvd (N/mm <sup>2</sup> )	Vt (kN)	V (kN)	C.Sic.	ID CCC
1	e	M	1.500	38.72	0.253	0.060	4.05	0.052	7.98	1.76	4.533	41
4	e	M	1.000	256.83	0.245	0.060	4.05	0.077	80.87	13.24	6.108	41
8	e	M	1.500	49.48	0.360	0.060	4.05	0.061	8.44	1.63	5.180	41
13	e	M	1.000	-0.27	0.000	0.060	4.05	0.022	5.80	2.70	2.148	43
15	e	M	1.000	-7.39	0.000	0.060	4.05	0.022	5.80	2.58	2.248	41
16	e	M	1.500	17.10	0.261	0.060	4.05	0.053	3.46	0.27	>> 1	42
19	e	M	1.220	129.22	0.233	0.060	4.05	0.062	34.35	3.09	>> 1	42
23	e	M	1.000	77.27	0.093	0.060	4.05	0.051	42.14	6.27	6.720	42
27	e	M	1.000	262.00	0.209	0.060	4.05	0.072	89.88	9.35	9.612	44
31	e	M	1.000	0.43	0.001	0.060	4.05	0.023	6.81	1.63	4.179	42
33	e	M	1.000	-0.97	0.000	0.060	4.05	0.022	6.07	1.30	4.667	42
35	e	M	1.000	-0.08	0.000	0.060	4.05	0.022	6.07	0.39	>> 1	42
36	e	M	1.050	119.64	0.153	0.060	4.05	0.060	46.59	8.05	5.788	43
38	e	M	1.010	150.53	0.185	0.060	4.05	0.068	54.80	9.83	5.575	41
40	e	M	1.500	-0.66	0.000	0.060	4.05	0.015	2.40	1.14	2.105	41
41	e	M	1.000	206.03	0.189	0.060	4.05	0.069	74.59	6.78	>> 1	42
44	e	M	1.000	207.21	0.192	0.060	4.05	0.069	74.49	7.27	>> 1	42
46	e	M	1.500	24.59	0.137	0.060	4.05	0.040	7.13	0.73	9.766	44
48	e	M	1.000	373.59	0.357	0.060	4.05	0.092	96.09	5.82	>> 1	42
49	e	M	1.500	86.08	0.199	0.060	4.05	0.047	20.20	1.84	>> 1	42
52	e	M	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.022	9.00	0.00	>> 1	1
53	e	M	1.100	0.05	0.000	0.060	4.05	0.020	8.23	0.72	>> 1	41
54	e	M	1.000	-0.39	0.000	0.060	4.05	0.022	9.00	0.91	9.890	42
55	e	M	1.000	-2.15	0.000	0.060	4.05	0.022	9.00	0.80	>> 1	44
56	e	M	1.000	300.90	0.194	0.060	4.05	0.069	107.47	16.41	6.549	43
57	e	M	1.500	28.93	0.468	0.060	4.05	0.070	4.30	0.06	>> 1	43
59	e	M	1.010	-2.83	0.000	0.060	4.05	0.022	5.20	4.50	1.156	41
60	e	M	1.000	357.35	0.193	0.060	4.05	0.069	127.95	27.79	4.604	43
62	e	M	1.500	4.37	0.097	0.060	4.05	0.034	1.54	0.13	>> 1	37
65	e	M	1.000	55.83	0.074	0.060	4.05	0.046	35.02	8.21	4.266	41
68	e	M	1.000	-1.92	0.000	0.060	4.05	0.022	3.67	1.05	3.492	43
69	e	M	1.500	35.48	0.187	0.060	4.05	0.045	8.62	0.19	>> 1	41
72	e	M	1.500	140.21	0.181	0.060	4.05	0.045	34.73	6.27	5.540	41
74	e	M	1.500	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	4.21	0.00	>> 1	1
75	e	M	1.410	183.12	0.183	0.060	4.05	0.048	47.78	8.56	5.581	41
78	e	M	1.500	109.37	0.178	0.060	4.05	0.044	27.32	3.27	8.354	43
81	e	M	1.500	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	5.85	0.00	>> 1	1

82	e	M	1.500	62.01	0.098	0.060	4.05	0.034	21.86	2.99	7.310	41
86	e	M	1.000	50.89	0.042	0.060	4.05	0.038	46.12	4.04	>> 1	43
91	e	M	1.020	3.49	0.005	0.060	4.05	0.024	17.08	0.80	>> 1	41
92	e	M	1.000	68.82	0.088	0.060	4.05	0.050	38.68	3.54	>> 1	43
95	e	M	1.110	77.31	0.095	0.060	4.05	0.046	37.41	6.35	5.891	43
98	e	M	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.022	13.05	0.00	>> 1	1
99	e	M	1.000	177.19	0.074	0.060	4.05	0.046	111.01	4.84	>> 1	44
100	e	M	1.000	169.63	0.071	0.060	4.05	0.046	108.62	3.33	>> 1	42
101	e	M	1.500	17.60	0.118	0.060	4.05	0.037	5.56	0.48	>> 1	41
105	e	M	1.000	103.46	0.097	0.060	4.05	0.052	54.79	2.09	>> 1	41
110	e	M	1.000	-0.96	0.000	0.060	4.05	0.022	11.92	0.93	>> 1	43
111	e	M	1.000	91.14	0.036	0.060	4.05	0.036	91.18	15.23	5.987	41
114	e	M	1.500	15.86	0.112	0.060	4.05	0.036	5.16	0.61	8.462	39
117	e	M	1.000	89.46	0.080	0.060	4.05	0.048	53.40	5.94	8.989	43
120	e	M	1.000	-1.69	0.000	0.060	4.05	0.022	10.45	1.42	7.357	43
121	e	M	1.000	123.93	0.067	0.060	4.05	0.045	82.31	9.46	8.701	43
124	e	M	1.000	71.33	0.044	0.060	4.05	0.038	62.35	3.24	>> 1	44
127	e	M	1.500	0.34	0.005	0.060	4.05	0.016	1.08	0.06	>> 1	44
129	e	M	1.080	54.01	0.097	0.060	4.05	0.048	26.49	1.32	>> 1	44
131	e	M	1.000	113.23	0.049	0.060	4.05	0.040	92.38	5.06	>> 1	44
132	e	M	1.000	0.10	0.000	0.060	4.05	0.022	10.72	0.98	>> 1	44
133	e	M	1.000	0.96	0.002	0.060	4.05	0.023	11.14	1.18	9.438	42
134	e	M	1.500	26.87	0.196	0.060	4.05	0.046	6.37	0.40	>> 1	43
139	e	M	1.000	0.07	0.000	0.060	4.05	0.022	20.15	1.41	>> 1	43
140	e	M	1.500	21.55	0.310	0.060	4.05	0.057	3.98	0.13	>> 1	41
143	e	M	1.500	18.92	0.303	0.060	4.05	0.057	3.54	0.11	>> 1	2
146	e	M	1.000	2.56	0.003	0.060	4.05	0.024	19.43	3.62	5.368	43
147	e	M	1.000	259.56	0.169	0.060	4.05	0.065	100.15	8.60	>> 1	42
149	e	M	1.000	268.79	0.173	0.060	4.05	0.066	102.29	8.93	>> 1	42
152	e	M	1.000	63.23	0.041	0.060	4.05	0.038	57.69	1.83	>> 1	42
154	e	M	1.110	19.73	0.030	0.060	4.05	0.031	20.15	0.82	>> 1	44
158	e	M	1.110	23.09	0.035	0.060	4.05	0.032	21.12	0.83	>> 1	42
163	e	M	1.000	0.29	0.001	0.060	4.05	0.023	9.64	0.33	>> 1	42
164	e	M	1.110	22.52	0.035	0.060	4.05	0.032	20.96	0.79	>> 1	44
168	e	M	1.110	26.15	0.040	0.060	4.05	0.034	21.96	1.58	>> 1	42
173	e	M	1.000	-1.42	0.000	0.060	4.05	0.022	9.50	0.38	>> 1	42
174	e	M	1.000	76.40	0.049	0.060	4.05	0.040	61.86	3.67	>> 1	42
176	e	M	1.000	193.59	0.119	0.060	4.05	0.056	91.21	10.23	8.916	42
541	e	M	1.000	2.13	0.003	0.060	4.05	0.024	16.10	6.48	2.484	41
542	e	M	1.000	-2.16	0.000	0.060	4.05	0.022	15.07	6.58	2.290	43

## VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE

(azioni ortogonali da analisi di modello 3D)

(D.M.17.1.2018 (NTC18), §4.5.6, §7.8.2.2.3)

Secondo §4.5.6.2, in analisi statica la pressoflessione per carichi laterali (pressoflessione ortogonale al piano medio della parete) è uno stato limite ultimo da verificare. Tale stato limite in PCM viene trattato secondo due distinte tipologie di verifica:

(1) utilizzando le azioni derivanti dall'analisi del modello spaziale della struttura, in analogia con la verifica a pressoflessione fuori piano proposta in §7.8.2.2.3. In questa formulazione gli effetti del secondo ordine riconducibili all'instabilizzazione fuori piano di una parete in muratura ordinaria vengono inclusi o meno a seconda della scelta del corrispondente parametro di calcolo;

(2) in alternativa è disponibile la procedura di verifica descritta in dettaglio in §4.5.6.2, identificata come 'Metodo semplificato: ipotesi di articolazione completa alle estremità della parete'.

Le verifiche vanno condotte con riferimento a normative di comprovata validità, con l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e trascurando la resistenza a trazione per flessione della muratura (§4.5.6).

Nel rispetto delle prescrizioni normative, PCM svolge la tipologia di verifica (1) in analogia alla corrispondente verifica descritta in dettaglio nel medesimo testo normativo per l'analisi sismica degli edifici in muratura (§7.8.2.2.3).

Le verifiche statiche, originariamente nate per edifici di nuova costruzione, possono essere svolte anche per gli edifici esistenti, provvedendo a sostituire la resistenza caratteristica  $f_k$  con i valori medi divisi per il fattore di confidenza:  $f_m/FC$  (§C8.7.1.5).

Per gli edifici esistenti, in §8.2 si prescrive che le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli del D.M. 17.1.2018 costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti: in particolare, quindi, le formulazioni dell'analisi statica relative agli edifici in muratura di nuova costruzione costituiscono il riferimento anche per gli edifici esistenti. Peraltro, nel testo normativo non si evidenzia chiaramente la possibilità di non effettuare le verifiche statiche in caso di valutazione di sicurezza di edifici esistenti. Si deve però considerare che le verifiche statiche dipendenti dall'azione orizzontale del vento e caratterizzate da formulazioni molto precise (legate alle eccentricità strutturali, §4.5.6.2), tipiche della muratura nuova la cui regolarità geometrica è un dato intrinseco, potrebbero essere fuori luogo e inappropriate per le murature esistenti. Per gli edifici esistenti, oltretutto, il soddisfacimento della verifica sismica di strutture spesso massicce e molto pesanti dovrebbe garantire implicitamente la resistenza all'azione del vento: in altre parole, potrebbe essere ragionevole evitare l'esecuzione delle verifiche statiche.

Il valore del momento di collasso per azioni perpendicolari al piano della parete viene calcolato assumendo un diagramma delle compressioni rettangolare, un valore della resistenza pari a  $0.85 f_d$  e trascurando la resistenza a trazione della muratura.

In alternativa, PCM prevede la possibilità di adottare per la muratura la legge di comportamento parabolico-rettangolare: il momento ultimo viene quindi calcolato attraverso l'elaborazione del dominio di resistenza N-M. Per gli elementi in muratura armata (sia in edifici nuovi, sia in murature esistenti rinforzate con armature), viene sempre utilizzato il diagramma parabola-rettangolo. Oltre ai risultati riportati in tabella, specifiche rappresentazioni grafiche di PCM evidenziano il dominio di resistenza ed i punti rappresentativi degli stati di sollecitazione sottoposti a verifica di sicurezza.

$f_d = f_k / \gamma_M$  è la resistenza a compressione di calcolo della muratura nuova. Per la muratura esistente, il parametro descrittivo del materiale è la resistenza a compressione media  $f_m$ , definita in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali interventi (§C8A.2, Tab.C8A.2.1).  $f_m$  sostituisce  $f_k$  nella formulazione di  $f_d$ ; inoltre,  $\gamma_M$  deve essere moltiplicato per il Fattore di Confidenza  $F_C$  (§8.5.4, §C.8.7.1.5, Tab.C8A.1), e che normalmente assume i valori 1.35, 1.20, 1.00 rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $f_m$ ).



Per le verifiche statiche viene utilizzato il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$  definito in §4.5.6.1 (che assume valori compresi fra 2.0 e 3.0), il cui valore è specificato nei Parametri di Calcolo.

Si ha pertanto il seguente schema di valutazione della resistenza di calcolo (o: di progetto)  $f_d$  (analisi lineare):

**Muratura nuova:** da §7.8.2.2.1:  $f_d = f_k / \gamma_M$ .

**Muratura esistente:** è nota  $f_m$  (dipendente, fra l'altro, dal livello di conoscenza). Da §C.8.7.1.5:  $f_d = f_m / \gamma_M / F_C$ .

Le verifiche statiche a pressoflessione ortogonale con azioni da modello 3D, come le altre verifiche di resistenza statiche, sono condotte allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**; non è infatti necessario eseguire verifiche statiche a stati limite di esercizio (§4.5.6.3). Le sollecitazioni di progetto derivano direttamente dall'analisi. Per i nuovi edifici è possibile che sia richiesta la **verifica di robustezza del progetto (§3.1.1)**: in tal caso, le sollecitazioni di progetto vengono determinate incrementando i valori del momento flettente risultanti dall'analisi di una quota pari all'1% dello sforzo normale (evitando le combinazioni di carico dove si considera l'azione del vento) moltiplicata - a favore di sicurezza, indipendentemente dalla sezione di verifica - per l'altezza (=luce deformabile in direzione ortogonale) dell'elemento.

Per quanto riguarda l'eventuale **verifica di stabilità**, eseguita se è stata scelta la corrispondente opzione dei parametri di calcolo, essa viene svolta applicando le formulazioni proposte nei seguenti riferimenti bibliografici:

Schultz, A.E., J.G. Mueffelman, and N.J. Ojard: "Critical Axial Loads for Transverse Loaded Masonry Walls ", Proceedings, 12th International Brick/Block Masonry Conference, 2000, pp. 1633-1646;

Masonry Standards Joint Committee: "Building Code Requirements for Masonry Structures", ACI 530-99/ASCE 5-99/TMS 402-99, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, The Masonry Society, Boulder, CO, 1999.

Il **carico critico** viene calcolato tenendo conto dell'influenza dell'eccentricità dello sforzo normale e della flessione dovuta alle azioni trasversali, attraverso la seguente relazione:

$$(P_{crit} / P_E) = [1 - 2 (e_a + \lambda e_f) / t]^3 = [1 - 2 e_d / t - 2 \lambda e_f / t]^3$$

dove  $P_E$  è il carico critico euleriano:  $P_E = \pi^2 EJ / l_0^2$

essendo: EJ la rigidezza flessionale dell'intera sezione trasversale della parete valutata nel piano ortogonale (il piano di minima inerzia),  $l_0$  è la lunghezza libera di inflessione, assunta inizialmente pari all'altezza della parete nello schema di riferimento (asta incernierata). Il carico critico viene poi corretto utilizzando le relazioni proposte in letteratura tecnica per i diversi tipi di vincolamento interno, tenendo conto anche del carico assiale variabile (determinato, per le pareti in muratura, dagli effetti del peso proprio).

Inoltre:  $e_a$  e  $e_f$  sono le eccentricità corrispondenti rispettivamente al carico verticale e al momento flettente;  $\lambda$  è un coefficiente pari a 0.813 per il momento lineare e a 0.905 per il momento parabolico dovuto a carico distribuito,  $t$  è lo spessore della parete.

Il calcolo di verifica determina il minimo ed il massimo valore del carico critico entro i quali deve essere compreso il carico verticale di progetto (riferito alla sezione di mezzzeria della luce deformabile ortogonale), affinché lo stato di sollecitazione resti compreso nel **dominio di stabilità**; i dettagli sul metodo sono riportati nella manualistica associata al software PCM.

La verifica di stabilità si riferisce all'asta nel suo complesso. Se la verifica di stabilità è più sfavorevole rispetto alla verifica di resistenza, il valore dello sforzo normale ultimo  $N_u$  viene sostituito dal Carico critico, ed è preceduto da un asterisco \*. In tal caso, il corrispondente coefficiente di sicurezza fa riferimento alla verifica di stabilità.

**Simbologia** utilizzata nel software PCM:

**N.** = numero progressivo dell'elemento murario

**x Sez.** = ascissa della sezione di verifica. La sezione indicata corrisponde alla verifica più sfavorevole lungo la luce deformabile dell'asta; nel caso sia stata scelta l'opzione di eseguire la verifica nella mezzzeria della parete, la sezione si riferisce alla mezzzeria della luce deformabile

**P** = forza assiale positiva se di compressione

**fd** = valore di calcolo (o: di progetto) della resistenza a compressione

**Nu** = sforzo normale ultimo = 0.85  $f_d$ . La presenza di \* indica il valore del Carico critico (la verifica si riferisce alla stabilità)

**M** = momento di calcolo

**Mu** = momento di collasso per pressoflessione =  $(N t / 2) \cdot (1 - N / N_u)$

**C.Sic.** = coefficiente di sicurezza dato dal rapporto  $M_u / M$ . La verifica è soddisfatta quando il coefficiente di sicurezza è  $\geq 1$

# **11. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (§4.5.6, §7.8.2.2.3) [ SLV ] - C.Sic: 0.000 (CCC ID 1)** (Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	n/e	x Sez.	P	p	f <sub>k</sub> / f <sub>m</sub>	$\gamma_M$	f <sub>d</sub>	Nu	Mu	M	C.Sic.	ID
		(m)	(kN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	* FC	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN m)	(kN m)		CCC
1	e	1.375	40.13	0.262	2.402	4.05	0.593	77.07	2.89	0.55	5.229	4
4	e	1.375	264.71	0.252	2.402	4.05	0.593	529.04	19.84	3.64	5.451	4
8	e	1.375	51.62	0.376	2.402	4.05	0.593	69.21	1.97	0.71	2.772	4
16	e	1.450	17.73	0.271	2.402	4.05	0.593	32.94	1.23	0.26	4.777	43
19	e	1.450	131.59	0.237	2.402	4.05	0.593	279.56	10.45	1.91	5.475	39
23	e	1.450	82.35	0.099	2.402	4.05	0.593	420.09	9.93	1.19	8.317	3
27	e	1.450	277.39	0.221	2.402	4.05	0.593	631.64	23.34	4.02	5.802	39
36	e	1.450	125.28	0.161	2.402	4.05	0.593	392.89	12.80	1.82	7.046	38
38	e	1.450	156.30	0.193	2.402	4.05	0.593	408.91	14.48	2.27	6.391	2
41	e	1.700	207.68	0.191	2.402	4.05	0.593	547.78	19.34	3.53	5.478	2
44	e	1.700	207.46	0.192	2.402	4.05	0.593	544.00	19.25	3.53	5.459	3
46	e	1.700	21.22	0.118	2.402	4.05	0.593	90.67	2.44	0.63	3.870	43
48	e	1.700	379.50	0.362	2.402	4.05	0.593	527.38	15.96	6.45	2.474	1
49	e	1.700	87.21	0.202	2.402	4.05	0.593	217.45	7.84	1.48	5.285	4
56	e	1.375	309.89	0.200	2.402	4.05	0.593	780.64	28.03	4.26	6.579	2
* 57	e	1.375	29.45	0.477	2.402	4.05	0.593	31.13	0.24	0.40	0.588	38
60	e	1.450	369.16	0.200	2.402	4.05	0.593	931.30	33.42	5.35	6.244	3
62	e	1.450	4.09	0.091	2.402	4.05	0.593	22.67	0.25	0.06	4.239	39
65	e	1.450	58.82	0.077	2.402	4.05	0.593	382.46	3.73	0.85	4.377	3
69	e	1.700	34.38	0.181	2.402	4.05	0.593	95.43	4.95	0.78	6.344	42
72	e	1.700	142.83	0.184	2.402	4.05	0.593	390.77	20.39	2.43	8.398	1
75	e	1.700	186.32	0.186	2.402	4.05	0.593	504.11	26.43	3.17	8.343	2
78	e	1.700	114.71	0.187	2.402	4.05	0.593	309.40	16.24	1.95	8.328	1
82	e	1.901	55.64	0.088	2.402	4.05	0.593	320.05	10.34	1.06	9.778	40
86	e	1.249	46.93	0.038	2.402	4.05	0.593	617.21	9.76	0.71	>> 1	42
92	e	1.468	68.86	0.088	2.402	4.05	0.593	393.49	8.52	1.01	8.433	39
95	e	2.055	66.56	0.082	2.402	4.05	0.593	407.85	8.35	1.62	5.157	44
99	e	2.030	172.90	0.072	2.402	4.05	0.593	1211.16	22.23	3.62	6.142	43
100	e	2.030	168.08	0.070	2.402	4.05	0.593	1201.18	21.68	3.79	5.721	43
101	e	1.728	15.57	0.104	2.402	4.05	0.593	75.40	1.85	0.35	5.295	42

105	e	2.280	91.29	0.086	2.402	4.05	0.593	535.39	11.36	3.28	3.463	42
111	e	1.515	88.69	0.035	2.402	4.05	0.593	1277.49	18.57	1.60	>> 1	44
114	e	1.725	13.88	0.098	2.402	4.05	0.593	71.48	1.68	0.24	7.007	40
117	e	2.264	81.45	0.073	2.402	4.05	0.593	565.00	10.46	1.84	5.672	39
121	e	1.765	137.62	0.074	2.402	4.05	0.593	930.69	17.59	2.43	7.242	37
124	e	1.680	71.92	0.044	2.402	4.05	0.593	819.78	9.84	1.63	6.038	41
* 127	e	1.250	-0.72	0.000	2.402	4.05	0.000	0.00	0.00	0.06	0.000	1
129	e	1.250	56.67	0.102	2.402	4.05	0.593	279.40	6.78	1.54	4.400	39
131	e	1.250	114.67	0.049	2.402	4.05	0.593	1172.62	15.52	1.66	9.348	41
134	e	2.403	22.83	0.166	2.402	4.05	0.593	69.21	2.29	0.95	2.416	42
140	e	2.595	19.69	0.283	2.402	4.05	0.593	35.06	1.29	0.51	2.534	38
143	e	2.378	17.53	0.281	2.402	4.05	0.593	31.43	1.16	0.42	2.790	37
147	e	1.700	275.11	0.179	2.402	4.05	0.593	774.07	39.90	4.68	8.531	1
149	e	1.700	279.58	0.180	2.402	4.05	0.593	782.00	40.42	4.75	8.503	1
152	e	1.000	65.81	0.043	2.402	4.05	0.593	774.52	13.55	0.66	>> 1	41
154	e	1.000	17.95	0.028	2.402	4.05	0.593	328.67	3.82	0.18	>> 1	43
158	e	1.000	21.46	0.033	2.402	4.05	0.593	328.67	4.51	0.21	>> 1	39
164	e	1.000	20.62	0.032	2.402	4.05	0.593	328.67	4.35	0.21	>> 1	41
168	e	1.000	25.97	0.040	2.402	4.05	0.593	328.67	5.38	0.26	>> 1	37
174	e	1.000	79.67	0.051	2.402	4.05	0.593	782.00	16.10	0.80	>> 1	37
176	e	1.375	203.39	0.125	2.402	4.05	0.593	820.68	22.95	2.80	8.205	3

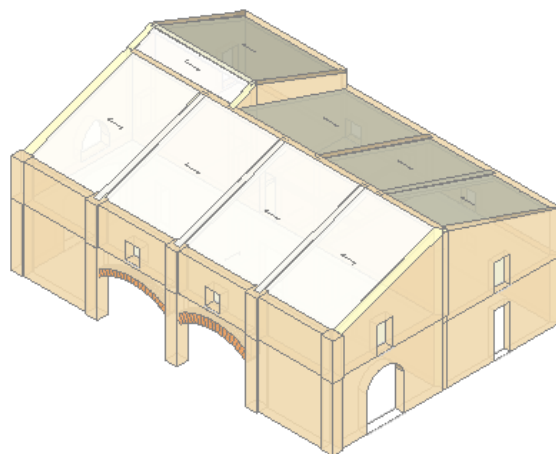
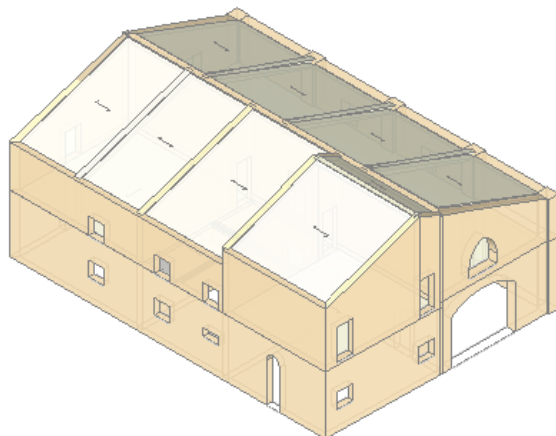
## RISULTATI ANALISI SISMICA STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

N°curve	Distr.	Direz.	Mt	F/W	q"	q	PGA/CLV	TR/CLV	PVR/CLV	ζPGA(SLV)	ζTR(SLV)	VN/CLV	PGA/CLD	TR/CLD	PVR/CLD	ζPGA(SLD)	ζTR(SLD)	PGA/CLO	TR/CLO	PVR/CLO	ζPGA(SLO)	ζTR(SLO)
1	B	+X'		0.290	1.905	3.750	0.375	1534	3.207	1.285	3.229	162	0.158	108	37.058	1.463	2.160	0.104	47	65.487	1.204	1.567
2	B	+X'	+	0.290	1.967	3.750	0.361	1217	4.025	1.237	2.562	128	0.153	102	38.749	1.417	2.040	0.103	44	67.902	1.192	1.467
3	B	+X'	-	0.284	1.889	3.750	0.376	1564	3.146	1.289	3.293	165	0.160	110	36.526	1.481	2.200	0.104	47	65.487	1.204	1.567
4	B	+Y'		0.337	1.592	3.750	0.289	458	10.342	0.991	0.964	48	0.185	155	27.572	1.713	3.100	0.126	69	51.550	1.458	2.300
5	B	+Y'	+	0.337	1.599	3.750	0.287	444	10.650	0.984	0.935	47	0.185	152	28.032	1.713	3.040	0.126	67	52.587	1.458	2.233
6	B	+Y'	-	0.333	1.597	3.750	0.335	830	5.846	1.148	1.747	87	0.185	152	28.032	1.713	3.040	0.126	67	52.587	1.458	2.233
7	B	-X'		0.179	3.104	2.937	0.097	40	71.350	0.333	0.084	4	0.097	38	73.174	0.898	0.760	0.064	15	96.433	0.741	0.500
8	B	-X'	+	0.220	2.502	3.618	0.128	69	51.560	0.439	0.145	7	0.119	61	55.942	1.102	1.220	0.079	24	87.549	0.914	0.800
9	B	-X'	-	0.163	3.453	3.356	0.090	32	79.039	0.309	0.067	3	0.086	29	82.167	0.796	0.580	0.057	12	98.450	0.660	0.400
10	B	-Y'		0.337	1.593	3.750	0.287	444	10.650	0.984	0.935	47	0.185	155	27.572	1.713	3.100	0.126	69	51.550	1.458	2.300
11	B	-Y'	+	0.337	1.601	3.750	0.287	444	10.650	0.984	0.935	47	0.185	152	28.032	1.713	3.040	0.126	67	52.587	1.458	2.233
12	B	-Y'	-	0.337	1.593	3.750	0.281	417	11.299	0.963	0.878	44	0.185	155	27.572	1.713	3.100	0.126	69	51.550	1.458	2.300
13	E	+X'		0.292	1.986	3.430	0.374	1518	3.240	1.282	3.196	160	0.153	100	39.347	1.417	2.000	0.099	42	69.592	1.146	1.400
14	E	+X'	+	0.296	2.035	3.750	0.379	1667	2.955	1.299	3.509	176	0.149	95	40.922	1.380	1.900	0.097	40	71.350	1.123	1.333
15	E	+X'	-	0.281	2.011	3.306	0.365	1303	3.765	1.251	2.743	137	0.151	97	40.278	1.398	1.940	0.097	40	71.350	1.123	1.333
16	E	+Y'		0.338	1.674	3.750	0.312	622	7.724	1.070	1.309	66	0.176	138	30.394	1.630	2.760	0.121	61	55.942	1.400	2.033
17	E	+Y'	+	0.337	1.673	3.750	0.289	458	10.342	0.991	0.964	48	0.176	138	30.394	1.630	2.760	0.121	61	55.942	1.400	2.033
18	E	+Y'	-	0.314	1.824	3.750	0.200	180	24.253	0.686	0.379	19	0.164	118	34.540	1.519	2.360	0.108	51	62.484	1.250	1.700
19	E	-X'		0.277	2.064	3.253	0.374	1514	3.249	1.282	3.187	160	0.148	93	41.587	1.370	1.860	0.097	38	73.174	1.123	1.267
20	E	-X'	+	0.273	2.053	2.805	0.356	1121	4.362	1.220	2.360	118	0.148	93	41.587	1.370	1.860	0.097	38	73.174	1.123	1.267
21	E	-X'	-	0.209	2.845	2.871	0.108	51	62.484	0.370	0.107	5	0.104	47	65.487	0.963	0.940	0.069	18	93.782	0.799	0.600
22	E	-Y'		0.316	1.814	3.750	0.187	158	27.127	0.641	0.333	17	0.164	118	34.540	1.519	2.360	0.108	51	62.484	1.250	1.700
23	E	-Y'	+	0.316	1.837	3.750	0.187	158	27.127	0.641	0.333	17	0.164	115	35.259	1.519	2.300	0.108	51	62.484	1.250	1.700
24	E	-Y'	-	0.337	1.681	3.750	0.268	373	12.545	0.919	0.785	39	0.176	138	30.394	1.630	2.760	0.121	61	55.942	1.400	2.033

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Control	ζPGA(SLV)	ζTR(SLV)	VN/CLV	ζPGA(SLD)	ζTR(SLD)	ζPGA(SLO)	ζTR(SLO)
1			B	+X'			L2	1.285	3.229	162	1.463	2.160	1.204	1.567
2			B	+X'	+		L2	1.237	2.562	128	1.417	2.040	1.192	1.467
3			B	+X'	-		L2	1.289	3.293	165	1.481	2.200	1.204	1.567
4			B	+Y'			L2	0.991	0.964	48	1.713	3.100	1.458	2.300
5			B	+Y'	+		L2	0.984	0.935	47	1.713	3.040	1.458	2.233
6			B	+Y'	-		L2	1.148	1.747	87	1.713	3.040	1.458	2.233
7			B	-X'			L2	0.333	0.084	4	0.898	0.760	0.741	0.500
8			B	-X'	+		L2	0.439	0.145	7	1.102	1.220	0.914	0.800
9			B	-X'	-		L2	0.309	0.067	3	0.796	0.580	0.660	0.400
10			B	-Y'			L2	0.984	0.935	47	1.713	3.100	1.458	2.300
11			B	-Y'	+		L2	0.984	0.935	47	1.713	3.040	1.458	2.233
12			B	-Y'	-		L2	0.963	0.878	44	1.713	3.100	1.458	2.300
13			E	+X'			L2	1.282	3.196	160	1.417	2.000	1.146	1.400
14			E	+X'	+		L2	1.299	3.509	176	1.380	1.900	1.123	1.333
15			E	+X'	-		L2	1.251	2.743	137	1.398	1.940	1.123	1.333
16			E	+Y'			L2	1.070	1.309	66	1.630	2.760	1.400	2.033
17			E	+Y'	+		L2	0.991	0.964	48	1.630	2.760	1.400	2.033
18			E	+Y'	-		L2	0.686	0.379	19	1.519	2.360	1.250	1.700
19			E	-X'			L2	1.282	3.187	160	1.370	1.860	1.123	1.267
20			E	-X'	+		L2	1.220	2.360	118	1.370	1.860	1.123	1.267
21			E	-X'	-		L2	0.370	0.107	5	0.963	0.940	0.799	0.600
22			E	-Y'			L2	0.641	0.333	17	1.519	2.360	1.250	1.700
23			E	-Y'	+		L2	0.641	0.333	17	1.519	2.300	1.250	1.700
24			E	-Y'	-		L2	0.919	0.785	39	1.630	2.760	1.400	2.033

VERSIONE RIDOTTA DELL'IMMAGINE SOPRA

## STATO DI PROGETTO



### 1. GENERALITA' - PARAMETRI DI CALCOLO - AZIONE SISMICA

Nome del file del Progetto : CaAieSDP2  
Data e Ora di archiviazione: ( 05/06/2018 - 10:13:04 )  
Dati PCM Versione 2018.02.3  
Abilitazione Hardware USB: LQLTLJLH

#### Commento al Progetto

PCM 2018: progetto di edificio in muratura

#### Dati PROGETTO

Numero Piani : 2  
Numero Materiali : 8  
Numero Nodi : 441  
Numero Sezioni : 107  
Numero Aste : 596  
Numero Solai : 14  
Numero Condizioni di Carico Elementari : 9  
Numero Combinazioni di Condizioni di Carico : 27  
Vettore traslazione (dX, dY) (m)  
(spostamento del riferimento globale XY rispetto al modello grafico):  
-.146,-.035

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Generali

Tipi di analisi richieste:  
Analisi Modale  
Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]  
Analisi Sismica Statica NON Lineare Pushover [§7.8.1.5.4]  
- Analisi eseguita per Fasi Costruttive

#### AZIONE SISMICA

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50  
Classe d'uso: II  
Coefficiente d'uso CU = 1  
Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN\*CU (anni) = 50

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 12.265049  
- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 44.358296  
Tipo di interpolazione: media ponderata ([3] in All.a)

ag(g) Fo Tc\*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento

30	0.048	2.445	0.26
50	0.06	2.478	0.28
72	0.072	2.442	0.282
101	0.085	2.466	0.285
140	0.099	2.5	0.282
201	0.116	2.545	0.282
475	0.165	2.553	0.28
975	0.219	2.493	0.29
2475	0.308	2.408	0.305

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

ag(TR) = K \* TR<sup>α</sup>, dove:

K = 0.010017450, α = 0.462055340

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.i)

SLE: SLO	81
SLE: SLD	63
SLU: SLV	10
SLU: SLC	5

ag(g) Fo Tc\*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite [§3.2.3]

Stato limite	TR (anni)	a,g (*g)	Fo	TC* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)
SLO	30	0.048	2.445	0.260	1.800	0.212	0.637	1.792
SLD	50	0.060	2.478	0.280	1.800	0.220	0.661	1.840
SLV	475	0.165	2.553	0.280	1.768	0.220	0.661	2.260
SLC	975	0.219	2.493	0.290	1.581	0.224	0.673	2.476

(parametri di spettro conformi al reticolo sismico secondo D.M. 14.1.2008)

Suolo:

Categoria di sottosuolo e Condizioni topografiche:

Categoria di sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico = 0

Coefficiente di amplificazione topografica ST = 1

PGA:

Definizione di PGA: Accelerazione al suolo (analoga ad:  $ag \cdot S$ , dove:  $S = SS \cdot ST$ )

Componenti:

Spettro di risposta: componente orizzontale:

SLE: Smorzamento viscoso ( $\xi$ ) (%) = 5

$\eta = [10 / (5 + \xi)] = 1$

SLU: Rapporto  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.5$

Regolarità in altezza: no

SLV: Fattore di Comportamento = 3  $\Rightarrow \eta = 1/q = 0.333$

SLD: Fattore di Comportamento = 1.5

Spettro di risposta: componente verticale:

SS=1.000, S=1.000, TB=0.050 sec, TC=0.150 sec, TD=1.000 sec,  $\xi=5\%$  ( $\eta=1.000$ ),  $q=1.500$  ( $\eta=1/q=0.667$ )

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Sismica

Direzioni di analisi e quote di riferimento:

Angolo tra sistema di riferimento globale XY e direzioni sismiche X'Y' (+ se antiorario) ( $\alpha^\circ$ ) = 0

(analisi nelle direzioni X e Y)

Altezza della costruzione a partire dal piano di fondazione H (m) = 7.99

Quota di inizio degli effetti sismici H,S (m) = 0

Analisi Sismiche Lineari:

Criterio di combinazione delle componenti orizzontali: +30% [§7.3.5]

Ignorare gli effetti dei momenti torcenti dovuti alle eccentricità accidentali [§7.2.6]: no

Amplificazione spostamenti sismici con fattore  $\mu$  [§7.3.3.3 per SLV]:

ignorare ai fini del calcolo delle tensioni sul terreno: no

Eseguire le verifiche di sicurezza anche per le combinazioni (Nmin, T/Mmax), (Nmax, T/Mmin): no

Analisi Sismica Statica Lineare:

Periodo principale T1 (sec) in direzione X': T1X = 0.238

- in direzione Y': T1Y = 0.238

Calcolo di T1 con relazione  $T1 = C1 \cdot H^{(3/4)}$ : si

- C1 per il calcolo di T1 = 0.05

$\lambda=1.00$  nella definizione delle forze sismiche [§7.3.3.2]: no

Progettazione semplificata per zone a bassa sismicità [§7]: no

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Analisi Modale

Metodo di calcolo per Analisi Modale: Lanczos

Numero modi da calcolare: 50

Numero di modi da considerare: tutti i modi con massa part.>5% e comunque tali che massa part.tot.>85%

[§7.3.3.1]

Metodo di combinazione dei modi: CQC (combinazione quadratica completa) [§7.3.3.1]

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Muratura

Tipo di edificio: Muratura Ordinaria

Edificio Esistente

Coefficienti parziali di sicurezza: Edificio Esistente

-  $\gamma_M$  in Statica [§4.5.6.1] = 3

-  $\gamma_M$  in Sismica [§7.8.1.1] = 2.4

Per maschi murari:

Contributo rigidità trasversale: si

Assemblaggio rigidità flessionale (EJ) per elementi contigui: no

Comportamento muratura:

Diagramma di calcolo tensione-deformazione [§4.1.2.1.2]: Stress-block

Coefficienti correttivi dei parametri meccanici [Tab. C8A.2.2]: per 2 o più coefficienti:

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Valutazione

Stati Limite da considerare: SLO - SLD - SLV

Valutazione della sicurezza sismica per edifici esistenti: SLO - SLD - SLV

Stato di Progetto di un Intervento di Miglioramento:

indicatore di rischio sismico  $\zeta, E \geq 0.600$

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Verifiche

Per maschi murari:

Sezioni di verifica. Alla base, e in sommità in pushover: obbligatoria; in sommità in an.lineare: a tutti i piani, tranne l'ultimo

Pressoflessione Complanare:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.1]: si

Considerare la Flessione solo nei maschi snelli: no

- snelli se (h/l) superiore a: 2

Taglio per Scorrimento:

Eseguire le verifiche [§7.8.2.2.2]: si

Modalità di calcolo della zona reagente: distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3(6)]

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione: no  
 Taglio per fessurazione diagonale:  
 Eseguire le verifiche [§C8.7.1.5]: si  
 Per muratura nuova, in Analisi lineare:  $\tau_0 = f_{vm0}$ : si  
 (in analogia con la muratura esistente, anziché:  $\tau_0 = f_{vk0}$ )  
 Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza  $\lambda = (h/l)$ :  $b = 1.5$  indipendente da  $\lambda$  (Turnsek-Cacovic)  
 Resistenza a trazione  $f_t = b \tau_0$   
 PressoFlessione Ortogonale:  
 Analisi Statica [§4.5.6.2]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: si  
 - metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) [§4.5.5, §4.5.6.2]: no  
 eseguire le verifiche solo in mezzera: si  
 Analisi Sismiche Lineari [§7.8.2.2.3]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: no  
 - con azioni convenzionali (forze equivalenti per elementi non strutturali) [§7.2.3]: si  
 Analisi Pushover [§7.8.2.2.3]:  
 - con azioni da modello di calcolo 3D: si  
 Opzioni varie:  
 - riduzione della resistenza per gli effetti di instabilità: no  
 - considerare eccentricità minima  $(h/200)$ : si

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (1)

Distribuzioni di forze [cfr. §7.3.4.1]:  
 Gruppo 1: distribuzioni principali  
 (B) Uni-modale: forze corrispondenti al primo modo di vibrare  
 Gruppo 2: distribuzioni secondarie  
 (E) Uniforme: forze proporzionali alle masse  
 Fattore di partecipazione modale  $\Gamma$  [cfr. §C7.3.5]:  
 calcolato con le sole masse equiverse all'analisi  
 $\Gamma = 1.00$  nella distribuzione di forze Uniforme (E): si  
 Direzione e verso di analisi:  
 + $\alpha$  (+X per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 - $\alpha$  (-X per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 + $\alpha + 90^\circ$  (+Y per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 -( $\alpha + 90^\circ$ ) (-Y per  $\alpha = 0^\circ$ )  
 considerare gli effetti dell'eccentricità accidentale: si  
 Punto di controllo:  
 baricentro del piano 2  
 E' possibile che in input siano stati definiti nodi aggiuntivi  
 per l'elaborazione delle curve di capacità [§7.3.4.2]:  
 in ogni caso, i risultati delle verifiche con confronto  
 tra capacità e domanda per i vari stati limite si riferiscono  
 alle curve che producono i risultati a maggior favore di sicurezza.

#### PARAMETRI DI CALCOLO: Pushover (2)

Comportamento degli elementi strutturali:  
 Verifiche di sicurezza in corso di analisi:  
 Maschi murari:  
 Non eseguire verifiche a Sforzo Normale di Trazione: no  
 Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra):  
 Non eseguire verifiche a PressoFlessione: no  
 Non eseguire verifiche a Taglio: no  
 Fondazioni:  
 Ignorare aste su suolo elastico in Analisi Pushover: si  
 Fasce di piano (Strisce, Sottofinestra): comportamento elasto-plastico  
 Dopo il collasso, la fascia non vincola più gli spostamenti orizzontali dei nodi dei maschi tra i quali è  
 definita: no  
 Modalità di calcolo:  
 Spostamento ultimo:  
 Drift ultimo (deformazione angolare): si  
 - fattore di snellezza  $H_0/D$  per drift a pressoflessione: no  
 Controllo di duttilità (multiplo dello spostamento al limite elastico): no  
 Sistema bilineare equivalente:  
 Massima riduzione R di resistenza in corrispondenza di SLU (%) = 20  
 Tratto elastico passante per il punto con Taglio ( $K T_{max}$ ), dove  $K = 0.7$   
 Riduzione del Taglio non superiore a R% del massimo:  
 Ultima configurazione equilibrata corrispondente a una riduzione del Taglio pari a R% rispetto al massimo  
 Opzioni varie:  
 Tratto plastico con spostamenti plastici cumulati in elevazione: si  
 Ignorare tratti plastici in caso di collasso completo di un piano: si  
 Ignorare caduta di taglio per crisi a pressoflessione ortogonale: si

## 2. Dati PIANI

-----												
-----												
N°	Z:altezza da	Piano Rigido	Nodo	>3D:Ecc.agg.	-ecc. agg.	Piano di						
controllo	Vento	Vento	Vento	Vento	Press.X							
	fondaz. (m)	(master/slave)	master	dir. (a+90)°	[Y] (m)	dir. (a)°	[X] (m)	in Pushover	+X	+Y	-X	-Y
	(kN/m^2)	-----										
-----												
1	3.400	X		440	0.847	0.602			X	X	X	X
	0.50											
2	5.400			441	0.847	0.602	X		X	X	X	X
	0.50											

N°	Depress.X	Press.Y	Depress.Y
1	0.25	0.50	0.25
2	0.25	0.50	0.25

### 3. Dati MATERIALI

N°	fm	fk	Tipologia	Descrizione	Mat.	Tipologia	E
G			materiale	[parametri meccanici:N/mm^2]	nuovo	muratura	
1	1	1	1) Conglomerato Cementizio Armato	C25/30			
31000	13000	25.00					
2	2	2	2) Acciaio	Acciaio S235			
210000	80769	0.00					
3	3	3	3) Muratura	Muratura esistente		6) Mattoni pieni, malta di calce	1500
500	2.40	1.68					
6	6	4	4) Blocchi e giunti	Blocchi e giunti			
50000	20000	35.00					
7	7	5	5) Materiale generico	LegnoC24			11000
690	0.00	0.00					
8	8	5	5) Materiale generico	LegnoC30			12000
750	0.00	0.00					

N°	fvm0 (mur.nuova) / sp.	fvk0	ftm	fhm	fhk	fbk	f'bk	Malta:	Duttilità	Coeff.	Coeff.dilataz.	Peso
1)	tau0 (mur.esistente) (kN/m^3)	Malta buona	sottili					fm	(du/de)	attrito	termica (°^-	
1	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	12.50	12.50	0.00	0.00	0.00	0.000010	25.00
2	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.00	117.50	0.00	0.00	0.00	0.000012	78.50
3	1.50	1.50	0.060	0.042	0.240	1.20	0.84	0.00	0.00	0.00	0.000010	18.00
6	1.00	1.00	0.000	0.000	3.500	17.50	12.25	0.00	0.00	0.40	0.000004	20.00
7	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000004	6.00
8	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000004	6.00

N°	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente	Iniezioni di miscele	Intonaco armato	E giunto	G giunto	fm giunto	ftm giunto	FC
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35
3	1.00	1.30	0.70	1.50	1.50	0	0	0.00	0.000	1.35
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	660	264	2.50	0.250	1.35
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000	1.35

### 5. Dati SOLAI

N°	Tipologia	Piano	Rigido	G1	G2	Q	Superf.	Direz.	Distr.	Pend.	G1 tot.	G2 tot.
Q tot.				(kN/m^2)	=	=	(m^2)	princ.(°)	trasv.(%)	(%)	(kN)	=
1	Solaio piano	1	X	1.36	2.00	3.00	90.64	0	0	0	123.28	
181.29	271.93											
2	Solaio piano	1	X	1.36	2.00	3.00	38.13	0	0	0	51.86	
76.27	114.40											

3	Solaio piano	1	X	1.36	2.00	3.00	30.39	90	0	0	41.33
60.78	91.17										
4	Falda	2		0.96	0.95	1.20	23.98	90	0	40	23.02
22.78	28.77										
5	Falda	2		0.96	0.95	1.20	5.11	90	0	-52	4.91
4.86	6.13										
6	Falda	2		0.90	0.95	1.20	20.41	90	0	38	18.37
19.39	24.50										
7	Falda	2		0.90	0.95	1.20	22.39	90	0	38	20.15
21.27	26.87										
8	Falda	2		0.90	0.95	1.20	22.38	90	0	38	20.14
21.26	26.86										
9	Falda	2		0.90	0.95	1.20	20.61	90	0	38	18.55
19.58	24.73										
10	Falda	2		0.96	0.95	1.20	25.62	90	0	34	24.60
24.34	30.75										
11	Falda	2		0.90	0.95	1.20	18.15	90	0	34	16.33
17.24	21.78										
12	Falda	2		0.90	0.95	1.20	18.21	90	0	34	16.39
17.30	21.86										
13	Falda	1	X	1.30	2.00	3.00	8.81	0	0	0	11.45
17.62	26.43										
14	Falda	1	X	1.30	2.00	3.00	6.21	90	0	0	8.07
12.42	18.62										

## 6. DATI GEOMETRICI ELEMENTI IN MURATURA

Edificio Esistente

Coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_M$ : analisi statica [§4.5.6.1] = 3.00

- analisi sismica [§7.8.1.1] = 2.40

N.	p.no	M/A	S/F	lunghezza [l(base)]	Piano Complanare (m)				Piano Ortogonale (m)				Xg (m)	Yg (m)	N° mat
					alt. H	alt. def.h	h/l	l/h	spess. t	alt. def.h	ho= r*h	ho/t			
1	1	X		0.50	3.15	1.40	2.814	0.355	0.30	3.15	3.15	10.500	0.253	0.108	3
5	1	X		3.50	3.15	2.67	0.762	1.312	0.30	3.15	3.15	10.500	3.103	0.056	3
9	1	X		0.46	3.15	1.36	2.978	0.336	0.30	3.15	3.15	10.500	5.932	0.004	3
13	0		X	1.08	0.85	0.85	0.787	1.271	0.30						3
14	1		X	1.27	0.85	0.85	0.669	1.494	0.30						3
15	0		X	1.08	0.85	0.85	0.787	1.271	0.30						3
16	1		X	1.27	0.85	0.85	0.669	1.494	0.30						3
17	1	X		2.35	3.15	2.91	1.242	0.805	0.30	3.15	3.15	10.500	0.004	1.286	3
20	1	X		2.60	3.15	2.46	0.949	1.054	0.30	3.15	3.15	10.500	0.004	4.457	3
23	1	X		1.85	3.15	2.33	1.259	0.794	0.30	3.15	3.15	10.500	0.004	7.530	3
27	1	X		2.78	3.15	2.53	0.910	1.099	0.30	3.15	3.15	10.500	0.004	10.645	3
31	1	X		4.18	3.15	2.80	0.671	1.491	0.30	3.15	3.15	10.500	0.004	14.925	3
34	1		X	0.75	0.70	0.70	0.935	1.070	0.30						3
35	0		X	1.51	0.85	0.85	0.563	1.776	0.30						3
36	1		X	1.24	0.85	0.85	0.685	1.459	0.30						3
37	0		X	1.19	0.80	0.80	0.672	1.488	0.30						3
38	1		X	1.16	0.80	0.80	0.690	1.450	0.30						3
39	0		X	1.19	0.80	0.80	0.672	1.488	0.30						3
40	1		X	1.16	0.80	0.80	0.690	1.450	0.30						3
41	1	X		2.60	3.15	2.88	1.107	0.903	0.30	3.15	3.15	10.500	1.304	17.015	3
43	1	X		2.71	3.15	2.88	1.066	0.938	0.30	3.15	3.15	10.500	4.817	17.015	3
45	1		X	0.79	0.86	0.86	1.089	0.919	0.30						3
46	1	X		3.62	3.40	3.02	0.834	1.199	0.30	3.40	3.40	11.333	6.170	15.128	3
49	1	X		3.82	3.40	2.89	0.756	1.323	0.30	3.40	3.40	11.333	6.167	10.354	3
51	1	X		4.90	3.40	3.12	0.638	1.568	0.30	3.40	3.40	11.333	6.165	4.794	3
52	1	X		1.47	3.40	2.66	1.809	0.553	0.30	3.40	3.40	11.333	6.163	0.810	3
55	1		X	1.35	1.05	1.05	0.778	1.286	0.30						3
56	1		X	1.35	1.20	1.20	0.889	1.125	0.30						3
57	1		X	1.35	0.80	0.80	0.593	1.688	0.30						3
58	1	X		5.16	3.15	2.96	0.575	1.739	0.30	3.15	3.15	10.500	2.581	5.542	3
59	1	X		0.21	3.15	2.14	10.403	0.096	0.30	3.15	3.15	10.500	6.062	5.541	3
61	1		X	1.10	0.80	0.80	0.727	1.375	0.30						3
62	1	X		5.16	3.15	2.96	0.575	1.740	0.30	3.15	3.15	10.500	2.581	10.213	3
63	1	X		0.21	3.15	2.14	10.308	0.097	0.30	3.15	3.15	10.500	6.063	10.212	3
65	1		X	1.10	0.80	0.80	0.727	1.375	0.30						3
66	1	X		0.42	3.40	3.09	7.333	0.136	0.45	3.40	3.40	7.556	6.373	0.076	3
69	1	X		1.72	3.40	3.22	1.865	0.536	0.45	3.40	3.40	7.556	10.936	0.076	3
71	1		X	0.63	3.49	3.49	5.522	0.181	0.45						3
72	1	X		2.22	3.40	3.15	1.415	0.707	0.45	3.40	3.40	7.556	7.282	16.940	3
74	1	X		1.37	3.40	3.12	2.282	0.438	0.45	3.40	3.40	7.556	11.116	16.940	3
76	1		X	0.88	2.04	2.04	2.326	0.430	0.45						3
77	2	X		1.41	3.80	2.51	1.778	0.562	0.45	3.80	3.80	8.449	6.869	0.076	3
81	2	X		2.72	2.50	2.16	0.793	1.262	0.45	2.50	2.50	5.551	10.437	0.076	3
85	1		X	0.32	1.50	1.50	4.688	0.213	0.45						3
86	2		X	1.57	1.60	1.60	1.017	0.984	0.45						3
87	2	X		2.60	2.68	2.24	0.861	1.161	0.30	2.68	2.68	8.950	1.302	17.015	3
90	2	X		2.70	3.86	2.89	1.070	0.935	0.30	3.86	3.86	12.863	4.813	17.015	3
93	2		X	1.72	0.91	0.91	0.527	1.897	0.30						3

94	2	X		8.81	4.06	4.01	0.455	2.196	0.30	4.06	4.06	13.533	6.163	12.532	3
95	2	X		7.15	4.06	3.84	0.537	1.863	0.30	4.06	4.06	13.533	6.163	3.650	3
97	2		X	1.96	0.90	0.90	0.459	2.178	0.30						3
98	2	X		0.50	3.06	1.97	3.956	0.253	0.30	3.06	3.06	10.187	0.253	0.108	3
102	2	X		3.54	4.16	3.35	0.947	1.056	0.30	4.16	4.16	13.863	3.124	0.056	3
106	1		X	0.15	0.85	0.85	5.667	0.176	0.30						3
107	2		X	1.41	0.91	0.91	0.644	1.554	0.30						3
108	2	X		2.82	3.55	2.80	0.992	1.008	0.45	3.55	3.55	7.878	7.572	16.940	3
111	2	X		1.97	2.36	1.98	1.006	0.994	0.45	2.36	2.36	5.244	10.815	16.940	3
114	2		X	1.34	0.91	0.90	0.676	1.478	0.45						3
115	2	X		4.93	3.90	3.90	0.792	1.263	0.30	3.90	3.90	13.000	2.463	5.543	3
118	2	X		5.15	3.11	2.91	0.566	1.768	0.30	3.11	3.11	10.370	2.580	10.213	3
121	2	X		0.21	4.28	2.23	10.707	0.093	0.30	4.28	4.28	14.250	6.059	10.212	3
124	2		X	1.90	0.84	0.84	0.444	2.255	0.30						3
125	2	X		5.43	2.96	2.96	0.546	1.833	0.30	2.96	2.96	9.867	0.002	2.825	3
128	2	X		0.22	2.25	1.06	4.862	0.206	0.30	2.25	2.25	7.500	0.000	5.646	3
130	2	X		1.85	2.25	1.83	0.987	1.013	0.30	2.25	2.25	7.500	0.000	7.530	3
133	2	X		2.77	2.25	2.25	0.812	1.231	0.30	2.25	2.25	7.500	0.000	10.640	3
135	2	X		4.19	2.25	2.17	0.519	1.927	0.30	2.25	2.25	7.500	0.000	14.920	3
137	2		X	1.35	0.85	0.85	0.630	1.586	0.30						3
138	2		X	1.35	0.80	0.80	0.593	1.688	0.30						3
139	2		X	1.35	0.80	0.80	0.593	1.688	0.30						3
140	2	X		0.46	4.41	2.07	4.513	0.222	0.30	4.41	4.41	14.687	5.932	0.004	3
145	2		X	2.65	0.88	0.88	0.331	3.023	0.30						3
146	2	X		0.23	4.79	2.26	9.746	0.103	0.30	4.79	4.79	15.967	5.043	5.541	3
149	2	X		0.21	4.36	2.23	10.726	0.093	0.30	4.36	4.36	14.517	6.059	5.541	3
152	2		X	2.27	0.87	0.87	0.381	2.621	0.30						3
153	1	X		3.41	3.40	3.40	0.996	1.004	0.45	3.40	3.40	7.556	12.075	2.108	3
155	1	X		3.45	3.40	3.40	0.986	1.015	0.45	3.40	3.40	7.556	12.077	14.890	3
158	2	X		3.42	2.00	2.00	0.585	1.709	0.45	2.00	2.00	4.444	12.075	2.109	3
161	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.078	5.190	3
165	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.075	7.440	3
169	1		X	0.15	0.80	0.80	5.333	0.188	0.45						3
170	2		X	0.95	0.80	0.80	0.842	1.188	0.45						3
171	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.071	9.540	3
175	2	X		1.45	2.00	1.60	1.106	0.905	0.45	2.00	2.00	4.444	12.073	11.790	3
179	1		X	0.15	0.80	0.80	5.333	0.188	0.45						3
180	2		X	0.95	0.80	0.80	0.842	1.188	0.45						3
181	2	X		3.45	2.00	2.00	0.580	1.725	0.45	2.00	2.00	4.444	12.077	14.890	3
222	1		X	1.13	0.08	0.08	0.075	13.417	0.45						3
227	1		X	1.04	0.17	0.17	0.167	5.983	0.45						3
232	1		X	0.94	0.18	0.18	0.192	5.200	0.45						3
237	1		X	0.84	0.19	0.19	0.221	4.522	0.45						3
242	1		X	0.76	0.19	0.19	0.252	3.963	0.45						3
247	1		X	0.69	0.19	0.19	0.285	3.513	0.45						3
252	1		X	0.62	0.20	0.20	0.318	3.141	0.45						3
257	1		X	0.58	0.20	0.20	0.351	2.851	0.45						3
262	1		X	0.54	0.20	0.20	0.378	2.642	0.45						3
267	1		X	0.51	0.21	0.21	0.399	2.507	0.45						3
272	1		X	0.50	0.21	0.21	0.410	2.437	0.45						3
277	1		X	0.50	0.21	0.21	0.410	2.437	0.45						3
282	1		X	0.51	0.21	0.21	0.401	2.495	0.45						3
287	1		X	0.54	0.20	0.20	0.377	2.655	0.45						3
292	1		X	0.58	0.20	0.20	0.351	2.851	0.45						3
297	1		X	0.62	0.20	0.20	0.318	3.141	0.45						3
302	1		X	0.69	0.20	0.19	0.285	3.513	0.45						3
307	1		X	0.76	0.19	0.19	0.252	3.963	0.45						3
312	1		X	0.84	0.19	0.19	0.221	4.522	0.45						3
317	1		X	0.94	0.18	0.18	0.192	5.200	0.45						3
322	1		X	1.04	0.17	0.17	0.167	5.983	0.45						3
325	1		X	1.13	0.08	0.08	0.075	13.417	0.45						3
328	1		X	1.01	0.09	0.09	0.085	11.733	0.45						3
333	1		X	0.92	0.18	0.18	0.192	5.222	0.45						3
338	1		X	0.81	0.18	0.18	0.226	4.415	0.45						3
343	1		X	0.71	0.19	0.19	0.268	3.726	0.45						3
348	1		X	0.62	0.20	0.19	0.314	3.185	0.45						3
353	1		X	0.55	0.20	0.20	0.365	2.739	0.45						3
358	1		X	0.48	0.20	0.20	0.424	2.358	0.45						3
363	1		X	0.43	0.21	0.21	0.479	2.087	0.45						3
368	1		X	0.39	0.21	0.21	0.535	1.871	0.45						3
373	1		X	0.37	0.21	0.21	0.578	1.730	0.45						3
378	1		X	0.35	0.21	0.21	0.599	1.668	0.45						3
383	1		X	0.35	0.21	0.21	0.599	1.668	0.45						3
388	1		X	0.37	0.21	0.21	0.578	1.730	0.45						3
393	1		X	0.39	0.21	0.21	0.535	1.871	0.45						3
398	1		X	0.43	0.21	0.21	0.479	2.087	0.45						3
403	1		X	0.48	0.20	0.20	0.424	2.358	0.45						3
408	1		X	0.55	0.20	0.20	0.365	2.739	0.45						3
413	1		X	0.62	0.19	0.19	0.314	3.185	0.45						3
418	1		X	0.71	0.19	0.19	0.268	3.726	0.45						3
423	1		X	0.81	0.18	0.18	0.226	4.415	0.45						3
428	1		X	0.92	0.18	0.18	0.193	5.192	0.45						3
431	1		X	1.01	0.09	0.09	0.084	11.871	0.45						3



# VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

7. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§4.5.6, §7.8.2.2.1, §7.8.2.2.4) [ SLV ] - C.Sic: 0.000 (CCC ID 5)  
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	Tip.	n/e	Sez.	P (kN)	p (N/mm^2)	fk / fm (N/mm^2)	γ <sub>m</sub> * FC	fd (N/mm^2)	Nu (kN)	Mu (kN m)	M (kN m)	C.Sic.	ID CCC
1	M	e	B	42.93	0.290	2.389	4.05	0.590	75.40	4.61	1.06	4.352	43
1	M	e	S	38.01	0.250	2.389	4.05	0.590	75.40	4.70	-1.11	4.237	43
5	M	e	B	304.63	0.290	2.389	4.05	0.590	529.04	226.20	-21.09	>> 1	41
5	M	e	S	239.06	0.230	2.389	4.05	0.590	529.04	229.38	9.78	>> 1	41
9	M	e	B	46.52	0.340	2.389	4.05	0.590	69.21	3.49	0.80	4.366	43
9	M	e	S	42.13	0.310	2.389	4.05	0.590	69.21	3.77	-0.79	4.778	43
* 14	S	e	I	-0.18	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.80	0.000	7
* 14	S	e	J	-0.18	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.99	0.000	7
* 16	S	e	I	-0.89	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.71	0.000	5
* 16	S	e	J	-0.89	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.75	0.000	5
17	M	e	B	118.22	0.170	3.604	4.05	0.890	531.99	107.90	5.56	>> 1	44
17	M	e	S	70.20	0.100	3.604	4.05	0.890	531.99	71.51	-5.12	>> 1	44
20	M	e	B	133.67	0.170	3.604	4.05	0.890	588.43	134.09	7.09	>> 1	44
20	M	e	S	88.79	0.110	3.604	4.05	0.890	588.43	97.86	-6.37	>> 1	44
23	M	e	B	104.00	0.190	3.604	4.05	0.890	419.33	72.34	3.42	>> 1	8
23	M	e	S	73.75	0.130	3.604	4.05	0.890	419.33	56.22	-6.40	8.785	8
27	M	e	B	167.97	0.200	3.604	4.05	0.890	630.13	171.24	7.59	>> 1	44
27	M	e	S	118.60	0.140	3.604	4.05	0.890	630.13	133.83	-7.65	>> 1	44
31	M	e	B	312.30	0.250	3.604	4.05	0.890	947.47	437.56	2.96	>> 1	6
31	M	e	S	230.05	0.180	3.604	4.05	0.890	947.47	364.06	31.67	>> 1	6
* 36	S	e	I	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.36	0.000	7
* 36	S	e	J	-0.05	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.31	0.000	7
* 38	S	e	I	-0.12	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.64	0.000	6
* 38	S	e	J	-0.12	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.53	0.000	6
* 40	S	e	I	-0.54	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.17	0.000	5
* 40	S	e	J	-0.54	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.65	0.000	5
41	M	e	B	145.89	0.190	3.604	4.05	0.890	589.33	142.71	-14.94	9.552	41
41	M	e	S	93.35	0.120	3.604	4.05	0.890	589.33	102.13	12.56	8.132	41
43	M	e	B	198.22	0.240	3.604	4.05	0.890	613.36	181.52	-16.14	>> 1	41
43	M	e	S	143.42	0.180	3.604	4.05	0.890	613.36	148.67	10.95	>> 1	41
* 45	S	e	I	-0.06	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.04	0.000	5
* 45	S	e	J	-0.06	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-1.02	0.000	5
46	M	e	B	379.86	0.350	3.604	4.05	0.890	821.67	370.20	-11.89	>> 1	42
46	M	e	S	302.91	0.280	3.604	4.05	0.890	821.67	346.62	10.28	>> 1	42
49	M	e	B	417.41	0.360	3.604	4.05	0.890	866.09	413.13	-13.01	>> 1	42
49	M	e	S	339.90	0.300	3.604	4.05	0.890	866.09	394.53	11.03	>> 1	42
51	M	e	B	542.95	0.370	3.604	4.05	0.890	1110.44	679.67	-20.61	>> 1	42
51	M	e	S	435.48	0.300	3.604	4.05	0.890	1110.44	648.38	8.66	>> 1	42
52	M	e	B	147.80	0.340	3.604	4.05	0.890	332.97	60.37	-2.91	>> 1	42
52	M	e	S	120.39	0.270	3.604	4.05	0.890	332.97	56.45	2.86	>> 1	42
55	S	e	I	0.00	0.000	1.782	4.05	0.440	0.00	0.00	0.00	>> 1	5
* 56	S	e	I	0.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.07	0.000	5
* 56	S	e	J	0.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.22	0.000	5
* 57	S	e	I	0.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.15	0.000	5
* 57	S	e	J	0.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.50	0.000	5
58	M	e	B	456.51	0.300	3.604	4.05	0.890	1168.47	716.95	-1.16	>> 1	7
58	M	e	S	349.25	0.230	3.604	4.05	0.890	1168.47	631.13	-71.40	8.839	7
59	M	e	B	28.70	0.460	3.604	4.05	0.890	46.69	1.14	0.00	1.627	6
59	M	e	S	25.59	0.410	3.604	4.05	0.890	46.69	1.19	0.00	1.825	6
* 61	S	e	I	-0.85	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.88	0.000	7
* 61	S	e	J	-0.85	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.57	0.000	7
62	M	e	B	360.53	0.230	3.604	4.05	0.890	1168.47	642.54	-53.85	>> 1	41
62	M	e	S	253.30	0.160	3.604	4.05	0.890	1168.47	511.35	13.47	>> 1	41
63	M	e	B	27.57	0.440	3.604	4.05	0.890	47.15	1.19	0.00	1.710	8
63	M	e	S	24.44	0.390	3.604	4.05	0.890	47.15	1.22	0.00	1.929	8
* 65	S	e	I	-0.03	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.10	0.000	6
* 65	S	e	J	-0.03	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.07	0.000	6
66	M	e	B	60.88	0.320	3.604	4.05	0.890	143.14	7.36	-0.36	>> 1	41
66	M	e	S	47.19	0.250	3.604	4.05	0.890	143.14	6.66	0.36	>> 1	41
69	M	e	B	246.13	0.320	3.604	4.05	0.890	586.16	123.08	12.23	>> 1	43
69	M	e	S	187.76	0.240	3.604	4.05	0.890	586.16	110.01	-11.68	9.418	43
72	M	e	B	328.75	0.330	3.604	4.05	0.890	756.16	206.63	16.27	>> 1	43
72	M	e	S	255.09	0.250	3.604	4.05	0.890	756.16	187.97	-12.49	>> 1	43
74	M	e	B	147.54	0.240	2.389	4.05	0.590	309.40	52.68	4.25	>> 1	43
74	M	e	S	102.77	0.170	2.389	4.05	0.590	309.40	46.84	-4.07	>> 1	43
77	M	e	B	93.70	0.150	2.389	4.05	0.590	320.05	46.79	-2.79	>> 1	41
81	M	e	B	118.72	0.100	2.389	4.05	0.590	617.21	130.55	15.94	8.190	39
87	M	e	B	90.01	0.120	2.389	4.05	0.590	393.49	90.39	-5.69	>> 1	37
90	M	e	B	103.63	0.130	2.389	4.05	0.590	407.85	104.31	11.31	9.223	43
* 93	S	e	I	-0.66	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.11	0.000	6
* 93	S	e	J	-0.66	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.02	0.000	6
94	M	e	B	402.98	0.150	2.389	4.05	0.590	1332.04	1238.80	59.01	>> 1	40
95	M	e	B	271.64	0.130	2.389	4.05	0.590	1080.29	726.82	-18.17	>> 1	39
* 97	S	e	I	-0.82	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.67	0.000	7
* 97	S	e	J	-0.82	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.44	0.000	7
98	M	e	B	17.31	0.120	2.389	4.05	0.590	75.40	3.33	-0.36	9.243	41
102	M	e	B	139.76	0.130	2.389	4.05	0.590	535.39	182.95	-2.99	>> 1	37
* 107	S	e	I	-1.52	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.51	0.000	7
* 107	S	e	J	-1.52	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.18	0.000	7

108	M	e	B	144.94	0.110	2.389	4.05	0.590	638.75	157.88	-11.86	>> 1	41
111	M	e	B	82.69	0.090	2.389	4.05	0.590	446.08	66.28	10.41	6.367	39
* 114	S	e	I	-0.60	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.04	0.000	6
* 114	S	e	J	-0.60	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.05	0.000	6
115	M	e	B	181.78	0.120	2.389	4.05	0.590	744.37	338.39	-19.65	>> 1	37
118	M	e	B	201.82	0.130	2.389	4.05	0.590	778.37	385.01	-24.76	>> 1	37
121	M	e	B	19.76	0.320	2.389	4.05	0.590	31.43	0.76	0.00	1.591	39
* 124	S	e	I	-2.64	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.81	0.000	5
* 124	S	e	J	-2.64	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.13	0.000	5
125	M	e	B	115.79	0.070	2.389	4.05	0.590	819.78	269.72	4.67	>> 1	42
128	M	e	B	6.38	0.100	2.389	4.05	0.590	32.94	0.56	0.00	5.163	37
130	M	e	B	37.35	0.070	2.389	4.05	0.590	279.40	29.91	0.53	>> 1	42
133	M	e	B	56.81	0.070	2.389	4.05	0.590	418.58	68.00	-3.73	>> 1	40
135	M	e	B	113.06	0.090	2.389	4.05	0.590	633.16	194.57	-13.40	>> 1	40
* 137	S	e	I	-0.62	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.08	0.000	7
* 137	S	e	J	-0.62	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.11	0.000	7
* 138	S	e	I	-0.57	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.03	0.000	7
* 138	S	e	J	-0.57	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.25	0.000	7
* 139	S	e	I	-0.02	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.15	0.000	6
* 139	S	e	J	-0.02	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.27	0.000	6
140	M	e	B	18.20	0.130	2.389	4.05	0.590	69.21	3.07	0.39	7.876	39
* 145	S	e	I	-0.86	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-1.11	0.000	7
* 145	S	e	J	-0.86	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.76	0.000	7
146	M	e	B	23.97	0.340	2.389	4.05	0.590	35.06	0.88	-0.13	6.765	41
149	M	e	B	20.79	0.330	2.389	4.05	0.590	31.43	0.73	0.17	4.306	39
* 152	S	e	I	-1.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	1.46	0.000	5
* 152	S	e	J	-1.00	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.25	0.000	5
153	M	e	B	353.48	0.230	2.389	4.05	0.590	774.07	327.95	11.28	>> 1	42
153	M	e	S	231.23	0.150	2.389	4.05	0.590	774.07	276.88	-10.84	>> 1	42
155	M	e	B	365.73	0.240	2.389	4.05	0.590	782.00	335.83	11.36	>> 1	44
155	M	e	S	242.22	0.160	2.389	4.05	0.590	782.00	288.41	-10.93	>> 1	44
158	M	e	B	109.87	0.070	2.389	4.05	0.590	774.52	161.08	9.14	>> 1	38
161	M	e	B	43.39	0.070	2.389	4.05	0.590	328.67	27.30	1.32	>> 1	38
165	M	e	B	50.31	0.080	2.389	4.05	0.590	328.67	30.89	0.46	>> 1	42
* 170	S	e	I	-0.76	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.10	0.000	5
* 170	S	e	J	-0.76	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.03	0.000	5
171	M	e	B	53.90	0.080	2.389	4.05	0.590	328.67	32.67	0.00	6.098	37
175	M	e	B	46.19	0.070	2.389	4.05	0.590	328.67	28.78	1.63	>> 1	40
* 180	S	e	I	-0.86	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	0.05	0.000	5
* 180	S	e	J	-0.86	0.000	0.000	4.05	0.000	0.00	0.00	-0.11	0.000	5
181	M	e	B	103.94	0.070	2.389	4.05	0.590	782.00	155.47	11.17	>> 1	39
514	B		I	0.25	0.090	-	1.05	223.810	637.86	43.49	14.83	2.932	5
514	B		J	0.25	0.090	-	1.05	223.810	637.86	43.49	0.57	>> 1	5
548	B		I	0.04	0.010	-	1.05	223.810	1204.10	86.98	19.75	4.404	8
548	B		J	0.04	0.010	-	1.05	223.810	1204.10	86.98	12.99	6.696	8
549	B		I	0.18	0.030	-	1.05	223.810	1204.10	86.98	11.94	7.285	6
549	B		J	0.18	0.030	-	1.05	223.810	1204.10	86.98	21.65	4.018	6

## 8. VERIFICHE PER ALTRE TIPOLOGIE STRUTTURALI [ SLV ]

(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Involuppo CCC)

N.	Tipologia strutturale	N	Ty (kN)	Tz	My (kN m)	Mz	Verifica soddisfatta	ID CCC
189	pil. murario	80.78	0.39	0.06	-0.08	0.67	si	43
	pil. murario	51.82	0.39	0.06	0.11	-0.66	si	43
190	pil. murario	84.80	0.32	0.03	-0.05	0.55	si	43
	pil. murario	55.84	0.32	0.03	0.05	-0.53	si	43
191	pil. murario	25.64	-1.01	0.08	-0.10	-0.89	si	41
	pil. murario	5.86	-1.01	0.08	0.06	1.13	si	41
192	pil. murario	33.54	-3.71	0.00	0.00	-1.71	si	37
	pil. murario	13.76	-3.71	0.00	-0.01	5.70	no: pressoflessione	37
193	pil. murario	26.21	-0.89	-0.07	0.07	-0.66	si	41
	pil. murario	6.44	-0.89	-0.07	-0.07	1.11	si	41
194	pil. murario	23.20	0.35	0.09	-0.12	0.50	si	43
	pil. murario	6.16	0.35	0.09	0.06	-0.20	si	43
195	pil. murario	28.88	-0.36	0.00	-0.01	-0.29	si	41
	pil. murario	11.84	-0.36	0.00	0.00	0.44	si	41
* 196	pil. murario	132.04	-0.85	30.03	-26.22	-0.99	no: pressoflessione	5
	pil. murario	127.84	-0.85	30.03	-13.45	-0.63	si	5
197	pil. murario	127.25	0.01	30.35	-13.72	0.01	si	8
	pil. murario	123.05	0.01	30.35	-0.82	0.01	si	8
198	pil. murario	123.05	0.01	30.35	-0.82	0.01	si	8
	pil. murario	118.84	0.01	30.35	12.08	0.00	si	8
199	pil. murario	119.44	-0.85	30.03	12.07	0.09	si	5
	pil. murario	115.24	-0.85	30.03	24.84	0.46	no: pressoflessione	5
* 200	pil. murario	115.24	-0.85	30.03	24.84	0.46	no: pressoflessione	5
	pil. murario	111.04	-0.85	30.03	37.60	0.82	no: pressoflessione	5
204	pil. murario	158.05	-1.78	-1.83	2.23	-1.86	si	41
	pil. murario	153.85	-1.78	-1.83	1.45	-1.10	si	41
205	pil. murario	153.85	-1.78	-1.83	1.45	-1.10	si	41
	pil. murario	149.64	-1.78	-1.83	0.67	-0.34	si	41
206	pil. murario	149.64	-1.78	-1.83	0.67	-0.34	si	41
	pil. murario	145.44	-1.78	-1.83	-0.11	0.41	si	41
207	pil. murario	145.44	-1.78	-1.83	-0.11	0.41	si	41
	pil. murario	141.24	-1.78	-1.83	-0.89	1.17	si	41
208	pil. murario	141.24	-1.78	-1.83	-0.89	1.17	si	41
	pil. murario	137.04	-1.78	-1.83	-1.67	1.93	si	41
* 212	pil. murario	133.74	-0.98	-24.53	21.56	-1.03	no: pressoflessione	5
	pil. murario	129.53	-0.98	-24.53	11.14	-0.62	si	5

213	pil. murario	129.22	-0.21	-24.82	11.35	-0.05	si	6
	pil. murario	125.01	-0.21	-24.82	0.80	0.04	si	6
214	pil. murario	125.01	-0.21	-24.82	0.80	0.04	si	6
	pil. murario	120.81	-0.21	-24.82	-9.75	0.13	si	6
215	pil. murario	121.13	-0.98	-24.53	-9.71	0.21	si	5
*	pil. murario	116.93	-0.98	-24.53	-20.13	0.63	no: pressoflessione	5
* 216	pil. murario	116.93	-0.98	-24.53	-20.13	0.63	no: pressoflessione	5
*	pil. murario	112.73	-0.98	-24.53	-30.56	1.04	no: pressoflessione	5

## VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO

### 9. VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§4.5.6, §7.8.2.2.2) [ SLV ] - C.Sic: 1.307 (CCC ID 43)

(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	n/e	Sez.	P (kN)	M (kN m)	Ecc. (m)	Beta	C (kN)	$\sigma_n$ (N/mm^2)	f <sub>vk0</sub> /tau0	$\gamma_m$ * FC	f <sub>vd</sub> (N/mm^2)	V <sub>t</sub> (kN)	V (kN)	C.Sic.	ID CCC
1	e	B	42.93	1.06	0.02	1.000	42.93	0.287	0.060	4.05	0.043	6.46	1.54	4.193	43
1	e	S	38.01	-1.11	0.03	1.000	38.01	0.254	0.060	4.05	0.040	5.97	1.54	3.878	43
5	e	B	309.16	20.38	0.07	1.000	309.16	0.294	0.060	4.05	0.044	46.09	12.33	3.738	43
5	e	S	243.59	-12.24	0.05	1.000	243.59	0.232	0.060	4.05	0.038	39.62	12.13	3.266	43
9	e	B	45.64	-0.80	0.02	1.000	45.64	0.332	0.060	4.05	0.048	6.54	1.17	5.592	41
9	e	S	41.25	0.79	0.02	1.000	41.25	0.300	0.060	4.05	0.044	6.11	1.17	5.222	41
14	e	I	0.38	1.33	3.50	1.000	0.38	0.001	0.060	4.05	0.015	5.68	3.60	1.578	41
14	e	J	0.38	-1.73	4.55	1.000	0.38	0.001	0.060	4.05	0.015	5.68	3.60	1.578	41
16	e	I	-1.48	2.85	1.93	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	8.47	4.82	1.757	41
16	e	J	-1.48	-1.25	0.84	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	8.47	4.82	1.757	41
17	e	B	118.22	5.56	0.05	1.000	118.22	0.168	0.090	4.05	0.039	27.32	3.66	7.465	44
17	e	S	70.20	-5.12	0.07	1.000	70.20	0.100	0.090	4.05	0.032	22.58	3.66	6.169	44
20	e	B	133.67	7.09	0.05	1.000	133.67	0.172	0.090	4.05	0.039	30.51	5.46	5.588	44
20	e	S	88.79	-6.37	0.07	1.000	88.79	0.114	0.090	4.05	0.033	26.08	5.46	4.776	44
23	e	B	101.54	4.67	0.05	1.000	101.54	0.183	0.090	4.05	0.040	22.36	4.60	4.861	44
23	e	S	71.29	-6.03	0.08	1.000	71.29	0.128	0.090	4.05	0.035	19.37	4.60	4.212	44
27	e	B	167.97	7.59	0.05	1.000	167.97	0.201	0.090	4.05	0.042	35.12	6.02	5.834	44
27	e	S	118.60	-7.65	0.06	1.000	118.60	0.142	0.090	4.05	0.036	30.25	6.02	5.024	44
31	e	B	297.76	-6.02	0.02	1.000	297.76	0.237	0.090	4.05	0.046	57.28	11.93	4.801	42
31	e	S	215.51	27.43	0.13	1.000	215.51	0.172	0.090	4.05	0.039	49.15	11.93	4.120	42
34	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	4.99	0.00	>> 1	5
36	e	I	-0.34	-0.56	1.65	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	5.51	1.73	3.186	44
36	e	J	-0.34	0.91	2.68	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	5.51	1.73	3.186	44
38	e	I	0.18	-1.06	5.89	1.000	0.18	0.001	0.090	4.05	0.022	7.75	2.44	3.177	44
38	e	J	0.18	0.89	4.94	1.000	0.18	0.001	0.090	4.05	0.022	7.75	2.44	3.177	44
40	e	I	-0.12	1.17	9.75	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.73	2.80	2.762	42
40	e	J	-0.12	-1.06	8.83	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.73	2.80	2.762	42
41	e	B	145.89	-14.94	0.10	1.000	145.89	0.187	0.090	4.05	0.041	31.74	9.55	3.324	41
41	e	S	93.35	12.56	0.13	1.000	93.35	0.120	0.090	4.05	0.034	26.55	9.55	2.780	41
43	e	B	198.22	-16.14	0.08	1.000	198.22	0.244	0.090	4.05	0.046	37.62	9.39	4.006	41
43	e	S	143.42	10.95	0.08	1.000	143.42	0.177	0.090	4.05	0.040	32.20	9.39	3.430	41
45	e	I	0.29	-1.80	6.21	1.000	0.29	0.001	0.090	4.05	0.022	5.30	4.05	1.307	43
45	e	J	0.29	1.68	5.79	1.000	0.29	0.001	0.090	4.05	0.022	5.30	4.05	1.307	43
46	e	B	377.15	11.87	0.03	1.000	377.15	0.347	0.090	4.05	0.056	61.42	7.32	8.390	44
46	e	S	300.20	-10.27	0.03	1.000	300.20	0.276	0.090	4.05	0.049	53.82	7.32	7.352	44
49	e	B	417.41	-13.01	0.03	1.000	417.41	0.364	0.090	4.05	0.058	66.70	8.32	8.017	42
49	e	S	339.90	11.03	0.03	1.000	339.90	0.297	0.090	4.05	0.052	59.04	8.32	7.097	42
51	e	B	542.95	-20.61	0.04	1.000	542.95	0.369	0.090	4.05	0.059	86.28	9.37	9.209	42
51	e	S	435.48	8.66	0.02	1.000	435.48	0.296	0.090	4.05	0.051	75.67	9.37	8.076	42
52	e	B	147.80	-2.91	0.02	1.000	147.80	0.335	0.090	4.05	0.055	24.39	2.17	>> 1	42
52	e	S	120.39	2.86	0.02	1.000	120.39	0.273	0.090	4.05	0.049	21.68	2.17	9.992	42
55	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	9.00	0.00	>> 1	5
56	e	I	0.00	-1.14	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	9.00	2.27	3.965	42
56	e	J	0.00	1.58	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	9.00	2.27	3.965	42
57	e	I	0.00	-1.04	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	9.00	1.53	5.882	42
57	e	J	0.00	0.18	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	9.00	1.53	5.882	42
58	e	B	435.87	28.41	0.07	1.000	435.87	0.282	0.090	4.05	0.050	77.42	31.37	2.468	43
58	e	S	328.60	-64.58	0.20	1.000	328.60	0.212	0.090	4.05	0.043	66.82	31.37	2.130	43
59	e	B	27.17	0.04	0.00	1.000	27.17	0.440	0.090	4.05	0.066	4.06	0.04	>> 1	43
59	e	S	24.07	-0.04	0.00	1.000	24.07	0.389	0.090	4.05	0.061	3.75	0.04	>> 1	43
61	e	I	-1.42	-1.47	1.04	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.33	5.10	1.438	43
61	e	J	-1.42	2.61	1.84	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.33	5.10	1.438	43
62	e	B	353.11	45.49	0.13	1.000	353.11	0.228	0.090	4.05	0.045	69.24	24.85	2.786	43
62	e	S	245.89	-28.14	0.11	1.000	245.89	0.159	0.090	4.05	0.038	58.65	24.85	2.360	43
63	e	B	26.08	0.05	0.00	1.000	26.08	0.418	0.090	4.05	0.064	3.96	0.04	>> 1	43
63	e	S	22.95	-0.05	0.00	1.000	22.95	0.368	0.090	4.05	0.059	3.65	0.04	>> 1	43
65	e	I	-0.17	-1.56	9.18	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.33	4.08	1.797	43
65	e	J	-0.17	1.70	10.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	7.33	4.08	1.797	43
66	e	B	60.88	-0.36	0.01	1.000	60.88	0.321	0.090	4.05	0.054	10.22	0.23	>> 1	41
66	e	S	47.19	0.36	0.01	1.000	47.19	0.249	0.090	4.05	0.047	8.87	0.23	>> 1	41
69	e	B	246.13	12.23	0.05	1.000	246.13	0.317	0.090	4.05	0.054	41.55	7.43	5.592	43
69	e	S	187.76	-11.68	0.06	1.000	187.76	0.242	0.090	4.05	0.046	35.78	7.43	4.816	43
71	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	6.32	0.00	>> 1	5
72	e	B	328.75	16.27	0.05	1.000	328.75	0.328	0.090	4.05	0.055	54.71	9.14	5.986	43
72	e	S	255.09	-12.49	0.05	1.000	255.09	0.255	0.090	4.05	0.047	47.43	9.14	5.190	43
74	e	B	147.54	4.25	0.03	1.000	147.54	0.240	0.060	4.05	0.039	23.67	2.67	8.866	43
74	e	S	102.77	-4.07	0.04	1.000	102.77	0.167	0.060	4.05	0.031	19.25	2.67	7.210	43
76	e	I	0.00	0.00	0.00	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	8.77	1.18	7.432	41
77	e	B	101.33	0.12	0.00	1.000	101.33	0.159	0.060	4.05	0.031	19.42	3.39	5.729	39
81	e	B	105.82	0.29	0.00	1.000	105.82	0.086	0.060	4.05	0.023	28.60	4.17	6.860	41
86	e	I	3.78	0.00	0.00	1.000	3.78	0.005	0.060	4.05	0.015	10.85	0.63	>> 1	41
87	e	B	92.20	-4.50	0.05	1.000	92.20	0.118	0.060	4.05	0.026	20.68	5.65	3.660	39
90	e	B	103.63	11.31	0.11	1.000	103.63	0.128	0.060	4.05	0.027	22.23	9.00	2.470	43
93	e	I	0.05	0.82	16.40	1.000	0.05	0.000	0.060	4.05	0.015	7.65	1.57	4.875	41
93	e	J	0.05	-0.60	12.00	1.000	0.05	0.000	0.060	4.05	0.015	7.65	1.57	4.875	41
94	e	B	373.76	37.97	0.10	1.000	373.76	0.141	0.060	4.05					

108	e	B	144.94	-11.86	0.08	1.000	144.94	0.114	0.060	4.05	0.026	33.10	9.03	3.666	41
111	e	B	71.54	7.54	0.11	1.000	71.54	0.081	0.060	4.05	0.023	20.19	3.09	6.533	43
114	e	I	-2.72	-0.98	0.36	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	8.92	2.43	3.671	43
114	e	J	-2.72	1.23	0.45	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	8.92	2.43	3.671	43
115	e	B	172.05	-16.02	0.09	1.000	172.05	0.116	0.060	4.05	0.026	38.89	6.15	6.323	41
118	e	B	185.90	-19.58	0.11	1.000	185.90	0.120	0.060	4.05	0.027	41.25	8.39	4.917	41
121	e	B	18.81	-0.04	0.00	1.000	18.81	0.301	0.060	4.05	0.045	2.78	0.04	>> 1	41
124	e	I	-4.40	1.36	0.31	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	8.46	1.86	4.547	41
124	e	J	-4.40	-0.21	0.05	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	8.46	1.86	4.547	41
125	e	B	115.79	4.67	0.04	1.000	115.79	0.071	0.060	4.05	0.022	35.55	2.65	>> 1	42
128	e	B	6.06	0.02	0.00	1.000	6.06	0.093	0.060	4.05	0.024	1.57	0.04	>> 1	42
130	e	B	37.35	0.53	0.01	1.000	37.35	0.067	0.060	4.05	0.021	11.91	1.04	>> 1	42
133	e	B	54.38	-2.48	0.05	1.000	54.38	0.065	0.060	4.05	0.021	17.68	1.27	>> 1	44
135	e	B	113.57	-11.83	0.10	1.000	113.57	0.090	0.060	4.05	0.024	29.84	6.40	4.662	38
137	e	I	2.05	0.51	0.25	1.000	2.05	0.005	0.060	4.05	0.015	6.20	0.89	6.969	42
137	e	J	2.05	-0.25	0.12	1.000	2.05	0.005	0.060	4.05	0.015	6.20	0.89	6.969	42
138	e	I	-0.95	-0.05	0.05	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.59	>> 1	43
138	e	J	-0.95	0.42	0.44	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.00	0.59	>> 1	43
139	e	I	0.98	-0.30	0.31	1.000	0.98	0.002	0.060	4.05	0.015	6.10	0.93	6.556	44
139	e	J	0.98	0.44	0.45	1.000	0.98	0.002	0.060	4.05	0.015	6.10	0.93	6.556	44
140	e	B	18.20	0.39	0.02	1.000	18.20	0.132	0.060	4.05	0.028	3.83	0.50	7.666	39
145	e	I	-1.43	-1.85	1.29	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	11.77	0.67	>> 1	43
145	e	J	-1.43	-1.27	0.89	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	11.77	0.67	>> 1	43
146	e	B	23.97	-0.13	0.01	1.000	23.97	0.344	0.060	4.05	0.049	3.40	0.11	>> 1	41
149	e	B	20.79	0.17	0.01	1.000	20.79	0.333	0.060	4.05	0.048	2.98	0.16	>> 1	39
152	e	I	2.91	-3.52	1.21	1.000	2.91	0.004	0.060	4.05	0.015	10.38	3.12	3.326	43
152	e	J	2.91	-0.82	0.28	1.000	2.91	0.004	0.060	4.05	0.015	10.38	3.12	3.326	43
153	e	B	353.48	11.28	0.03	1.000	353.48	0.230	0.060	4.05	0.038	57.68	6.50	8.874	42
153	e	S	231.23	-10.84	0.05	1.000	231.23	0.150	0.060	4.05	0.030	45.60	6.50	7.016	42
155	e	B	365.73	11.36	0.03	1.000	365.73	0.236	0.060	4.05	0.038	59.12	6.56	9.012	44
155	e	S	242.22	-10.93	0.05	1.000	242.22	0.156	0.060	4.05	0.030	46.92	6.56	7.153	44
158	e	B	108.51	5.88	0.05	1.000	108.51	0.071	0.060	4.05	0.022	33.50	2.28	>> 1	42
161	e	B	37.74	1.08	0.03	1.000	37.74	0.058	0.060	4.05	0.021	13.39	0.92	>> 1	42
165	e	B	50.31	0.46	0.01	1.000	50.31	0.077	0.060	4.05	0.022	14.64	0.54	>> 1	42
170	e	I	-1.27	-0.17	0.13	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.33	0.28	>> 1	41
170	e	J	-1.27	0.05	0.04	1.000	0.00	0.000	0.060	4.05	0.015	6.33	0.28	>> 1	41
171	e	B	49.93	-0.46	0.01	1.000	49.93	0.077	0.060	4.05	0.022	14.60	0.56	>> 1	42
175	e	B	40.18	1.21	0.03	1.000	40.18	0.062	0.060	4.05	0.021	13.64	1.01	>> 1	44
180	e	I	1.63	-0.09	0.06	1.000	1.63	0.004	0.060	4.05	0.015	6.49	0.35	>> 1	43
180	e	J	1.63	0.19	0.12	1.000	1.63	0.004	0.060	4.05	0.015	6.49	0.35	>> 1	43
181	e	B	105.14	11.27	0.11	1.000	105.14	0.068	0.060	4.05	0.022	33.38	2.80	>> 1	40

## VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE

10. VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§4.5.6, §C8.7.1.5) [ SLV ] - C.Sic: 1.819 (CCC ID 41)  
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	n/e	Sez.	Coeff.	P	p	f <sub>vk0</sub> /tau0	γ <sub>v,m</sub>	f <sub>vd</sub>	V <sub>t</sub>	V	C.Sic.	ID
			b	(kN)	(N/mm <sup>2</sup> )		* FC	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN)		CCC
1	e	M	1.500	40.47	0.270	0.060	4.05	0.054	8.05	1.54	5.225	43
5	e	M	1.000	276.37	0.263	0.060	4.05	0.080	83.64	12.23	6.839	43
9	e	M	1.500	43.45	0.316	0.060	4.05	0.058	7.94	1.17	6.790	41
14	e	M	1.000	0.38	0.001	0.060	4.05	0.023	8.65	3.60	2.404	41
16	e	M	1.000	-1.48	0.000	0.090	4.05	0.033	12.70	4.82	2.635	41
17	e	M	1.240	94.21	0.134	0.090	4.05	0.060	42.31	3.66	>> 1	44
20	e	M	1.000	111.23	0.143	0.090	4.05	0.077	59.68	5.46	>> 1	44
23	e	M	1.260	86.41	0.156	0.090	4.05	0.063	34.99	4.60	7.607	44
27	e	M	1.000	143.28	0.172	0.090	4.05	0.083	68.96	6.02	>> 1	44
31	e	M	1.000	256.64	0.205	0.090	4.05	0.089	111.69	11.93	9.362	42
34	e	M	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.033	7.49	0.00	>> 1	5
36	e	M	1.000	-0.34	0.000	0.060	4.05	0.022	8.27	1.73	4.778	44
38	e	M	1.000	-0.20	0.000	0.090	4.05	0.033	11.60	2.43	4.774	42
40	e	M	1.000	-0.12	0.000	0.090	4.05	0.033	11.60	2.80	4.143	42
41	e	M	1.110	119.62	0.153	0.090	4.05	0.071	55.57	9.55	5.819	41
43	e	M	1.070	170.82	0.210	0.090	4.05	0.085	68.66	9.39	7.312	41
45	e	M	1.090	-0.10	0.000	0.090	4.05	0.031	7.26	3.99	1.819	41
46	e	M	1.000	338.68	0.311	0.090	4.05	0.107	116.58	7.32	>> 1	44
49	e	M	1.000	378.65	0.330	0.090	4.05	0.110	126.21	8.32	>> 1	42
51	e	M	1.000	489.21	0.333	0.090	4.05	0.110	162.38	9.37	>> 1	42
52	e	M	1.500	134.10	0.304	0.090	4.05	0.071	31.17	2.17	>> 1	42
55	e	M	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.033	13.50	0.00	>> 1	5
56	e	M	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.033	13.50	2.27	5.947	42
57	e	M	1.000	0.00	0.000	0.090	4.05	0.033	13.50	1.53	8.824	42
58	e	M	1.000	382.23	0.247	0.090	4.05	0.097	149.54	31.37	4.767	43
59	e	M	1.500	25.62	0.415	0.090	4.05	0.081	5.03	0.04	>> 1	43
61	e	M	1.000	-1.42	0.000	0.090	4.05	0.033	11.00	5.10	2.157	43
62	e	M	1.000	299.50	0.194	0.090	4.05	0.087	134.52	24.85	5.413	43
63	e	M	1.500	24.52	0.393	0.090	4.05	0.079	4.96	0.04	>> 1	43
65	e	M	1.000	-0.17	0.000	0.090	4.05	0.033	11.00	4.08	2.696	43
66	e	M	1.500	54.03	0.285	0.090	4.05	0.069	13.01	0.23	>> 1	41
69	e	M	1.500	216.94	0.280	0.090	4.05	0.068	52.83	7.43	7.110	43
71	e	M	1.500	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	6.32	0.00	>> 1	5
72	e	M	1.410	291.92	0.292	0.090	4.05	0.074	73.64	9.14	8.057	43
74	e	M	1.500	125.15	0.204	0.060	4.05	0.047	29.02	2.67	>> 1	43
76	e	M	1.500	0.00	0.000	0.090	4.05	0.022	8.77	1.18	7.432	41
77	e	M	1.500	82.66	0.130	0.060	4.05	0.039	24.64	3.39	7.270	39
81	e	M	1.000	74.88	0.061	0.060	4.05	0.043	52.73	4.17	>> 1	41
86	e	M	1.020	-3.26	0.000	0.060	4.05	0.022	15.45	0.60	>> 1	43
87	e	M	1.000	71.71	0.092	0.060	4.05	0.050	39.32	5.65	6.960	39
90	e	M	1.070	76.28	0.094	0.060	4.05	0.048	38.50	9.00	4.278	43
93	e	M	1.000	0.05	0.000	0.060	4.05	0.022	11.50	1.57	7.324	41

94	e	M	1.000	249.54	0.094	0.060	4.05	0.051	134.60	7.46	>> 1	44
95	e	M	1.000	164.59	0.077	0.060	4.05	0.047	100.58	4.30	>> 1	44
97	e	M	1.000	0.42	0.001	0.060	4.05	0.023	13.28	1.53	8.676	44
98	e	M	1.500	13.85	0.093	0.060	4.05	0.034	5.04	0.35	>> 1	41
102	e	M	1.000	93.02	0.088	0.060	4.05	0.049	52.49	2.22	>> 1	41
107	e	M	1.000	3.84	0.009	0.060	4.05	0.026	11.18	1.52	7.357	41
108	e	M	1.000	103.47	0.082	0.060	4.05	0.048	60.91	9.03	6.745	41
111	e	M	1.010	51.03	0.058	0.060	4.05	0.042	37.08	3.09	>> 1	43
114	e	M	1.000	-2.72	0.000	0.060	4.05	0.022	13.38	2.43	5.506	43
115	e	M	1.000	104.62	0.071	0.060	4.05	0.045	67.19	6.15	>> 1	41
118	e	M	1.000	133.21	0.086	0.060	4.05	0.049	75.85	8.39	9.041	41
121	e	M	1.500	17.19	0.275	0.060	4.05	0.054	3.38	0.04	>> 1	41
124	e	M	1.000	-4.40	0.000	0.060	4.05	0.022	12.69	1.86	6.821	41
125	e	M	1.000	59.43	0.037	0.060	4.05	0.036	58.80	2.65	>> 1	42
128	e	M	1.500	5.25	0.080	0.060	4.05	0.032	2.08	0.04	>> 1	42
130	e	M	1.000	25.50	0.046	0.060	4.05	0.039	21.59	1.04	>> 1	42
133	e	M	1.000	32.50	0.039	0.060	4.05	0.037	30.68	1.27	>> 1	44
135	e	M	1.000	81.60	0.065	0.060	4.05	0.044	55.31	6.40	8.643	38
137	e	M	1.000	-1.09	0.000	0.060	4.05	0.022	9.00	0.86	>> 1	44
138	e	M	1.000	-0.95	0.000	0.060	4.05	0.022	9.00	0.59	>> 1	43
139	e	M	1.000	0.98	0.002	0.060	4.05	0.023	9.48	0.93	>> 1	44
140	e	M	1.500	14.88	0.108	0.060	4.05	0.036	4.93	0.48	>> 1	39
145	e	M	1.000	-1.43	0.000	0.060	4.05	0.022	17.65	0.67	>> 1	43
146	e	M	1.500	22.13	0.318	0.060	4.05	0.058	4.03	0.11	>> 1	41
149	e	M	1.500	19.16	0.307	0.060	4.05	0.057	3.56	0.16	>> 1	39
152	e	M	1.000	2.91	0.004	0.060	4.05	0.024	16.52	3.12	5.296	43
153	e	M	1.000	292.35	0.190	0.060	4.05	0.069	105.59	6.50	>> 1	42
155	e	M	1.000	306.92	0.198	0.060	4.05	0.070	108.53	6.60	>> 1	42
158	e	M	1.000	72.53	0.047	0.060	4.05	0.039	60.38	2.28	>> 1	42
161	e	M	1.110	25.50	0.039	0.060	4.05	0.033	21.78	0.92	>> 1	42
165	e	M	1.110	38.07	0.058	0.060	4.05	0.038	24.97	0.54	>> 1	42
170	e	M	1.000	-1.27	0.000	0.060	4.05	0.022	9.50	0.28	>> 1	41
171	e	M	1.110	37.70	0.058	0.060	4.05	0.038	24.89	0.56	>> 1	42
175	e	M	1.110	27.94	0.043	0.060	4.05	0.034	22.44	1.01	>> 1	44
180	e	M	1.000	-1.43	0.000	0.060	4.05	0.022	9.50	0.34	>> 1	41
181	e	M	1.000	68.81	0.044	0.060	4.05	0.038	59.70	2.80	>> 1	40

## VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE

11. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE ORTOGONALE (da modello 3D) (§4.5.6, §7.8.2.2.3) [ SLV ] - C.Sic: 1.813 (CCC ID 42)  
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Inviluppo CCC)

N.	n/e	x Sez.	P	p	fk / fm	$\gamma_m$	fd	Nu	Mu	M	C.Sic.	ID
		(m)	(kN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	* FC	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN m)	(kN m)		CCC
1	e	1.575	40.43	0.270	2.402	4.05	0.593	75.40	2.81	0.64	4.417	8
5	e	1.575	284.08	0.270	2.402	4.05	0.593	529.04	19.73	4.47	4.410	7
9	e	1.575	45.19	0.329	2.402	4.05	0.593	69.21	2.35	0.71	3.305	7
17	e	1.575	93.47	0.133	3.600	4.05	0.889	531.99	11.56	1.47	7.850	7
20	e	1.575	115.01	0.148	3.600	4.05	0.889	588.43	13.88	1.81	7.662	7
23	e	1.575	85.29	0.154	3.600	4.05	0.889	419.33	10.19	1.34	7.587	7
27	e	1.575	148.55	0.178	3.600	4.05	0.889	630.13	17.03	2.34	7.279	7
31	e	1.575	271.85	0.217	3.600	4.05	0.889	947.47	29.08	4.28	6.791	7
41	e	1.575	126.80	0.163	3.600	4.05	0.889	589.33	14.93	2.00	7.475	38
43	e	1.575	188.83	0.233	3.600	4.05	0.889	613.36	19.60	2.97	6.592	7
46	e	1.700	352.21	0.324	3.600	4.05	0.889	821.67	30.19	5.99	5.041	5
49	e	1.700	393.77	0.344	3.600	4.05	0.889	866.09	32.21	6.69	4.812	5
51	e	1.700	511.46	0.348	3.600	4.05	0.889	1110.44	41.38	8.69	4.759	5
52	e	1.700	137.78	0.313	3.600	4.05	0.889	332.97	12.12	2.34	5.172	7
58	e	1.575	402.51	0.260	3.600	4.05	0.889	1168.47	39.58	6.34	6.243	5
59	e	1.575	26.47	0.428	3.600	4.05	0.889	46.69	1.72	0.42	4.125	5
62	e	1.575	316.70	0.205	3.600	4.05	0.889	1168.47	34.63	4.99	6.942	37
63	e	1.575	25.33	0.406	3.600	4.05	0.889	47.15	1.76	0.40	4.407	5
66	e	1.700	56.38	0.298	3.600	4.05	0.889	143.14	7.69	0.96	8.022	7
69	e	1.700	228.81	0.295	3.600	4.05	0.889	586.16	31.39	3.89	8.069	5
72	e	1.700	312.56	0.312	3.600	4.05	0.889	756.16	41.26	5.31	7.764	5
74	e	1.700	128.77	0.210	2.402	4.05	0.593	309.40	16.91	2.19	7.727	6
77	e	1.901	75.27	0.118	2.402	4.05	0.593	320.05	12.95	1.43	9.052	40
81	e	1.249	84.61	0.069	2.402	4.05	0.593	617.21	16.43	1.06	>> 1	39
87	e	1.343	67.66	0.087	2.402	4.05	0.593	393.49	8.40	0.91	9.252	39
90	e	1.930	69.04	0.085	2.402	4.05	0.593	407.85	8.60	1.42	6.058	44
94	e	2.030	278.73	0.105	2.402	4.05	0.593	1332.04	33.06	5.66	5.843	37
95	e	2.030	170.78	0.080	2.402	4.05	0.593	1080.29	21.57	3.47	6.221	38
98	e	1.528	12.49	0.083	2.402	4.05	0.593	75.40	1.56	0.28	5.583	42
102	e	2.080	83.71	0.079	2.402	4.05	0.593	535.39	10.59	2.33	4.546	42
108	e	1.773	107.82	0.085	2.402	4.05	0.593	638.75	20.16	1.91	>> 1	39
111	e	1.180	59.80	0.068	2.402	4.05	0.593	446.08	11.65	0.71	>> 1	37
115	e	1.950	115.26	0.078	2.402	4.05	0.593	744.37	14.61	2.25	6.501	39
118	e	1.556	147.75	0.096	2.402	4.05	0.593	778.37	17.96	2.30	7.813	39
121	e	2.138	16.76	0.269	2.402	4.05	0.593	31.43	1.17	0.36	3.276	37
125	e	1.480	59.83	0.037	2.402	4.05	0.593	819.78	8.32	1.46	5.698	41
128	e	1.125	4.58	0.070	2.402	4.05	0.593	32.94	0.59	0.10	5.915	41
130	e	1.125	21.95	0.040	2.402	4.05	0.593	279.40	3.03	0.90	3.371	5
133	e	1.125	32.36	0.039	2.402	4.05	0.593	418.58	4.48	0.55	8.143	41
135	e	1.125	80.62	0.064	2.402	4.05	0.593	633.16	10.55	0.91	>> 1	39
140	e	2.203	11.62	0.085	2.402	4.05	0.593	69.21	1.45	0.80	1.813	42
146	e	2.395	21.27	0.306	2.402	4.05	0.593	35.06	1.25	0.51	2.463	37
149	e	2.178	17.71	0.284	2.402	4.05	0.593	31.43	1.16	0.39	3.007	39
153	e	1.700	308.22	0.201	2.402	4.05	0.593	774.07	41.74	5.24	7.965	5
155	e	1.700	318.82	0.205	2.402	4.05	0.593	782.00	42.49	5.42	7.839	5
158	e	1.000	75.51	0.049	2.402	4.05	0.593	774.52	15.33	0.76	>> 1	37
161	e	1.000	28.90	0.044	2.402	4.05	0.593	328.67	5.93	0.29	>> 1	39
165	e	1.000	39.83	0.061	2.402	4.05	0.593	328.67	7.88	1.58	4.985	38
171	e	1.000	39.34	0.060	2.402	4.05	0.593	328.67	7.79	1.58	4.932	38



175	e	1.000	31.17	0.048	2.402	4.05	0.593	328.67	6.35	0.39	>> 1	37
181	e	1.000	70.22	0.045	2.402	4.05	0.593	782.00	14.38	0.88	>> 1	37

# VERIFICA SISMICA DI COMPATIBILITA' DEGLI SPOSTAMENTI (ANALISI PUSHOVER)

N°curva	Distr.	Direz.	Mt	F/W	q"	q	PGA/CLV	TR/CLV	PVR/CLV	ζPGA(SLV)	ζTR(SLV)	VN/CLV	PGA/CLD	TR/CLD	PVR/CLD	ζPGA(SLD)	ζTR(SLD)	PGA/CLO	TR/CLO	PVR/CLO	ζPGA(SLO)	ζTR(SLO)
1	B	+X'	-	0.301	1.928	3.750	0.207	199	22.218	0.710	0.419	21	0.157	105	37.885	1.454	2.100	0.104	45	67.081	1.204	1.500
2	B	+X'	+	0.309	1.919	3.750	0.310	597	8.034	1.063	1.257	63	0.158	108	37.058	1.463	2.160	0.104	45	67.081	1.204	1.500
3	B	+X'	-	0.302	1.902	3.750	0.209	203	21.832	0.716	0.427	21	0.158	108	37.058	1.463	2.160	0.104	47	65.487	1.204	1.567
4	B	+Y'	-	0.349	1.511	3.750	0.397	>=2475	2.000	1.361	5.211	261	0.196	173	25.100	1.815	3.460	0.133	75	48.658	1.539	2.500
5	B	+Y'	+	0.349	1.504	3.750	0.397	>=2475	2.000	1.361	5.211	261	0.196	173	25.100	1.815	3.460	0.135	77	47.762	1.562	2.567
6	B	+Y'	-	0.349	1.516	3.750	0.394	2302	2.149	1.351	4.846	243	0.194	169	25.611	1.796	3.380	0.133	75	48.658	1.539	2.500
7	B	-X'	-	0.272	2.209	2.882	0.187	158	27.127	0.641	0.333	17	0.139	81	46.059	1.287	1.620	0.090	32	79.039	1.042	1.067
8	B	-X'	+	0.274	2.165	2.898	0.200	184	23.795	0.686	0.387	19	0.139	84	44.857	1.287	1.680	0.092	34	77.021	1.065	1.133
9	B	-X'	-	0.273	2.238	3.255	0.194	173	25.100	0.665	0.364	18	0.137	79	46.896	1.269	1.580	0.090	32	79.039	1.042	1.067
10	B	-Y'	-	0.362	1.451	3.750	0.320	693	6.961	1.097	1.459	73	0.203	187	23.462	1.880	3.740	0.139	82	45.652	1.609	2.733
11	B	-Y'	+	0.343	1.543	3.750	0.216	221	20.248	0.740	0.465	23	0.191	165	26.142	1.769	3.300	0.131	73	49.588	1.516	2.433
12	B	-Y'	-	0.364	1.437	3.750	0.397	>=2475	2.000	1.361	5.211	261	0.205	191	23.032	1.898	3.820	0.139	84	44.857	1.609	2.800
13	E	+X'	-	0.302	2.080	3.750	0.198	176	24.730	0.679	0.371	19	0.146	90	42.625	1.352	1.800	0.097	38	73.174	1.123	1.267
14	E	+X'	+	0.303	2.099	3.750	0.209	203	21.832	0.716	0.427	21	0.146	90	42.625	1.352	1.800	0.094	37	74.111	1.088	1.233
15	E	+X'	-	0.304	2.071	3.750	0.214	216	20.664	0.734	0.455	23	0.148	93	41.587	1.370	1.860	0.097	38	73.174	1.123	1.267
16	E	+Y'	-	0.327	1.771	3.750	0.207	199	22.218	0.710	0.419	21	0.167	124	33.184	1.546	2.480	0.113	54	60.384	1.308	1.800
17	E	+Y'	+	0.349	1.623	3.750	0.397	>=2475	2.000	1.361	5.211	261	0.182	148	28.669	1.685	2.960	0.122	65	53.663	1.412	2.167
18	E	+Y'	-	0.325	1.780	3.750	0.205	191	23.032	0.703	0.402	20	0.167	124	33.184	1.546	2.480	0.113	54	60.384	1.308	1.800
19	E	-X'	-	0.260	2.260	2.481	0.327	760	6.367	1.121	1.600	80	0.133	77	47.762	1.231	1.540	0.088	31	80.069	1.019	1.033
20	E	-X'	+	0.258	2.252	2.735	0.332	799	6.066	1.138	1.682	84	0.133	77	47.762	1.231	1.540	0.088	31	80.069	1.019	1.033
21	E	-X'	-	0.257	2.321	2.231	0.317	657	7.328	1.087	1.383	69	0.130	73	49.588	1.204	1.460	0.085	29	82.167	0.984	0.967
22	E	-Y'	-	0.341	1.660	3.750	0.200	184	23.795	0.686	0.387	19	0.178	142	29.680	1.648	2.840	0.121	63	54.781	1.400	2.100
23	E	-Y'	+	0.342	1.661	3.750	0.205	191	23.032	0.703	0.402	20	0.178	142	29.680	1.648	2.840	0.121	63	54.781	1.400	2.100
24	E	-Y'	-	0.342	1.654	3.750	0.202	187	23.462	0.692	0.394	20	0.178	142	29.680	1.648	2.840	0.121	63	54.781	1.400	2.100

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Control	ζPGA(SLV)	ζTR(SLV)	VN/CLV	ζPGA(SLD)	ζTR(SLD)	ζPGA(SLO)	ζTR(SLO)
1			B	+X'			L2	0.710	0.419	21	1.454	2.100	1.204	1.500
2			B	+X'		+	L2	1.063	1.257	63	1.463	2.160	1.204	1.500
3			B	+X'		-	L2	0.716	0.427	21	1.463	2.160	1.204	1.567
4			B	+Y'			L2	1.361	5.211	261	1.815	3.460	1.539	2.500
5			B	+Y'		+	L2	1.361	5.211	261	1.815	3.460	1.562	2.567
6			B	+Y'		-	L2	1.351	4.846	243	1.796	3.380	1.539	2.500
7			B	-X'			L2	0.641	0.333	17	1.287	1.620	1.042	1.067
8			B	-X'		+	L2	0.686	0.387	19	1.287	1.680	1.065	1.133
9			B	-X'		-	L2	0.665	0.364	18	1.269	1.580	1.042	1.067
10			B	-Y'			L2	1.097	1.459	73	1.880	3.740	1.609	2.733
11			B	-Y'		+	L2	0.740	0.465	23	1.769	3.300	1.516	2.433
12			B	-Y'		-	L2	1.361	5.211	261	1.898	3.820	1.609	2.800
13			E	+X'			L2	0.679	0.371	19	1.352	1.800	1.123	1.267
14			E	+X'		+	L2	0.716	0.427	21	1.352	1.800	1.088	1.233
15			E	+X'		-	L2	0.734	0.455	23	1.370	1.860	1.123	1.267
16			E	+Y'			L2	0.710	0.419	21	1.546	2.480	1.308	1.800
17			E	+Y'		+	L2	1.361	5.211	261	1.685	2.960	1.412	2.167
18			E	+Y'		-	L2	0.703	0.402	20	1.546	2.480	1.308	1.800
19			E	-X'			L2	1.121	1.600	80	1.231	1.540	1.019	1.033
20			E	-X'		+	L2	1.138	1.682	84	1.231	1.540	1.019	1.033
21			E	-X'		-	L2	1.087	1.383	69	1.204	1.460	0.984	0.967
22			E	-Y'			L2	0.686	0.387	19	1.648	2.840	1.400	2.100
23			E	-Y'		+	L2	0.703	0.402	20	1.648	2.840	1.400	2.100
24			E	-Y'		-	L2	0.692	0.394	20	1.648	2.840	1.400	2.100

### 3. RELAZIONE SUI MATERIALI

Il calcestruzzo impiegato è **C25/30** con le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 25MPa$  ;
- resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 30MPa$  ;
- modulo di elasticità normale  $E = 30000MPa$  ;
- peso specifico medio  $\gamma = 25kN / m^3$  ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$

Il calcestruzzo alleggerito impiegato è **LC30/33** con le seguenti caratteristiche:

- resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 30MPa$  ;
- resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 33MPa$  ;
- modulo di elasticità normale  $E = 20000MPa$  ;
- peso specifico medio  $\gamma = 16kN / m^3$  ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$

Le armature sono in acciaio **B450C** con le seguenti caratteristiche:

- tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} = 450MPa$  ;
- tensione di rottura caratteristica  $f_{tk} = 540MPa$  ;
- modulo di elasticità normale  $E = 200000MPa$  ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$

L'acciaio da carpenteria impiegato è **S235 JR** con le caratteristiche seguenti:

- modulo di elasticità  $E = 210000MPa$
- carico di rottura alla trazione  $f_{tk} = 360MPa$
- carico di snervamento alla trazione  $f_{tk} = 235MPa$
- peso specifico  $\gamma = 7,87kN / m^3$
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_{Mo} = 1.05$  ;  $\gamma_{M2} = 1.25$

Il legno massello **C24** utilizzato presenta le seguenti caratteristiche:

- resistenza a flessione  $f_{yk} = 24MPa$  ;
- resistenza a taglio  $f_{tk} = 2.5MPa$  ;
- modulo di elasticità  $E = 11000MPa$  ;
- modulo di taglio medio  $G = 690MPa$  ;
- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.45$  ;

Il legno massello impiegato è **C30** con le seguenti caratteristiche:

- resistenza a flessione  $f_{yk} = 30MPa$  ;
- resistenza a taglio  $f_{tk} = 3MPa$  ;
- modulo di elasticità  $E = 12000MPa$  ;
- modulo di taglio medio  $G = 750MPa$  ;

- coeff. parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.45$ ;

La ***muratura esistente*** risulta caratterizzata dai seguenti parametri:

- Livello di conoscenza attribuito: LC 1
- Fattore di Confidenza: FC=1.35
- Valori di riferimento dei parametri meccanici (Tabella C8A.2.1 – Circolare 02/02/2009):

$$f_m = 240 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 6 \text{ N/cm}^2$$

$$E = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 18 \text{ kN/m}^3$$

Con gli interventi di ristilatura dei giunti si andrà a incrementare le caratteristiche dei materiali per un coefficiente correttivo pari a 1.5, che verrà applicato sia ai parametri di resistenza che ai moduli elastici.

## **4. ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI**

Si vedano elaborati grafici S01 – S07



## 5. PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

### 5.1. MANUALE D'USO

#### STRUTTURE IN FONDAZIONE

##### PLATEE

**Descrizione:** Strutture di fondazione diretta di tipo continuo con sviluppo piano, che trasmettono le sollecitazioni statiche e sismiche della sovrastruttura al terreno.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le platee sono elementi di fondazione progettate per resistere: a rotture di taglio lungo superfici di scorrimento nel terreno, ad eccessive variazioni di volume del complesso di terreno interessato, ai cedimenti differenziali nei punti di contatto con il terreno.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi di fondazione devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

**Tempo vita:** 30

#### STRUTTURE DI ELEVAZIONE

##### PARETI IN MURATURA

**Descrizione:** Strutture verticali portanti costruite con elementi artificiali o naturali collegati con strati di malta, che trasferiscono al piano di fondazione le sollecitazioni statiche e sismiche trasmesse dai piani della sovrastruttura.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le pareti di muratura sono elementi strutturali portanti progettati per resistere a fenomeni di schiacciamento, flessione e taglio nei confronti dei carichi trasmessi dalle varie parti della struttura. Inoltre devono soddisfare le condizioni di protezione degli ambienti interni secondo i criteri di vivibilità e utilizzo connessi alla destinazione d'uso dei vari locali che racchiudono.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Inoltre devono garantire la tenuta agli agenti atmosferici esterni. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

##### TRAVI IN ACCIAIO

**Descrizione:** Strutture orizzontali o inclinate in acciaio, costituite generalmente da profilati metallici presagomati o ottenuti per composizione saldata, aventi la funzione di trasferire i carichi dei piani della sovrastruttura agli elementi strutturali verticali.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le travi in acciaio sono elementi strutturali portanti che, una volta avvenuta la connessione tra i componenti dei vari collegamenti, sono progettati per resistere a fenomeni di pressoflessione, taglio e torsione nei confronti dei carichi trasmessi dalle varie parti della struttura e che assumono una configurazione deformata dipendente anche dalle condizioni di vincolo presenti alle loro estremità.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

**Tempo vita:** 20

## TRAVI IN LEGNO

**Descrizione:** Strutture orizzontali o inclinate, costituite generalmente da elementi in legno massiccio o composti in legno lamellare, che trasferiscono i carichi dei piani della sovrastruttura agli elementi strutturali verticali.

**Collocazione:** Vedasi le tavole architettoniche e/o strutturali relative al progetto.

**Modalità d'uso:** Le travi in legno sono elementi strutturali portanti che, una volta avvenuta la connessione tra i componenti dei vari collegamenti, sono progettati per resistere a fenomeni di pressoflessione, taglio e torsione nei confronti dei carichi trasmessi dalle varie parti della struttura e che assumono una configurazione deformata dipendente anche dalle condizioni di vincolo presenti alle loro estremità.

**Rappresentazione grafica:** Vedi disegni esecutivi allegati.

**Prestazioni:** Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

## 5.2. MANUALE DI MANUTENZIONE

### STRUTTURE IN FONDAZIONE

#### PLATEE

##### Cedimenti

**Descrizione:** Dissesti uniformi e/o differenziali con manifestazioni di abbassamento del piano di imposta della fondazione.

**Cause:** Mutamenti delle condizioni del terreno dovuti a cause quali: variazione della falda freatica, rottura di fognature o condutture idriche in prossimità della fondazione, ecc. Mutamenti delle condizioni di carico applicate.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale; riduzione della stabilità a livello globale della struttura; lesioni all'elemento strutturale e/o alla sovrastruttura.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Opere di consolidamento del terreno o della struttura, georesine, opere di sostegno, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Corrosione

**Descrizione:** Degradazione che implica l'evolversi di processi chimici che portano alla corrosione delle armature in acciaio per carbonatazione del ricoprimento di calcestruzzo o per cloruri, visibile con distacchi del copriferro, lesioni e striature di ruggine.

**Cause:** Fattori esterni ambientali o climatici; errata realizzazione dell'elemento strutturale e dei getti di calcestruzzo; manutenzione carente; cause accidentali.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, resine, vernici, malte e trattamenti specifici, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Fessurazioni

**Descrizione:** Degrado superficiale che si manifesta con fessurazioni e crepe.

**Cause:** Ritiro; cedimenti strutturali e/o del terreno; mutamenti di carico e/o temperatura; eccessive deformazioni.

**Effetto:** Esposizione delle armature agli agenti corrosivi; ampliamento delle fessurazioni stesse con ramificazioni più o meno profonde.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, georesine, malte, macchine di pompaggio a controllo, trattamenti specifici, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Lesioni

**Descrizione:** Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, le cui caratteristiche e andamento ne definiscono l'importanza e il tipo.

**Cause:** Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale e dell'edificio.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, resine bicomponenti, malte, rinforzi, opere provvisorie, sottofondazioni locali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Non perpendicolarità dell'edificio

**Descrizione:** L'edificio è sottoposto a spostamenti, rotazioni o alterazioni della propria posizione statica di normale funzionamento.

**Cause:** Cedimenti; rotture; eventi di natura diversa.

**Effetto:** Riduzione della stabilità dell'elemento strutturale e dell'edificio.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Opere di consolidamento del terreno o della struttura, georesine, opere di sostegno, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

## STRUTTURE DI ELEVAZIONE PARETI IN MURATURA

### Attacco biologico

**Descrizione:** Presenza di muffe biologiche che si manifestano come un deposito superficiale di microrganismi di colore variabile anche con nascita di vegetazione caratterizzata dalla formazione di muschi e piante lungo la superficie dell'elemento strutturale.

**Cause:** Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; infiltrazioni di acqua e/o umidità in microfessure o cavità presenti sulla superficie dell'elemento.

**Effetto:** Degrado generalizzato dell'elemento strutturale; possibile creazione di crepe e fessure.

**Valutazione:** Lieve

**Risorse necessarie:** Interventi specifici di pulizia; malte; stucchi; opere provvisorie; attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Deterioramento

**Descrizione:** Deterioramento degli elementi artificiali o naturali per esposizione agli agenti atmosferici che si può presentare con erosione e sgretolamenti superficiali, fessurazioni, decolorazione o presenza di macchie di varia natura.

**Cause:** Agenti atmosferici; ammaloramenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne.

**Effetto:** Calo della durabilità, riduzione della stabilità della parete.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, nuovi componenti, stucchi, malte.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Disgregazione giunti

**Descrizione:** Disgregazione e degrado degli strati dei giunti di malta rilevabili con distacchi o erosione di materiale, piccole crepe e cambiamenti di colorazione.

**Cause:** Ammaloramenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne; agenti atmosferici eterni; fattori ambientali.

**Effetto:** Esposizione eccessiva all'azione degli agenti atmosferici; incremento degli ammaloramenti fino alla creazione di vere e proprie lesioni con perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, stucchi, malte, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Utente

### Lesioni

**Descrizione:** Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, sia negli elementi artificiali o naturali che nei giunti di malta.

**Cause:** Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale; cedimenti strutturali e/o del terreno; eccessive deformazioni.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale e della struttura in generale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, nuovi componenti, rinforzi, stucchi, malte, trattamenti specifici, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Umidità

**Descrizione:** Presenza di chiazze o zone di umidità, generalmente in aree dell'elemento in prossimità del terreno e/o delle fondazioni.

**Cause:** Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; presenza di microfratture, screpolature o cavità sulla superficie dell'elemento che agevolano l'assorbimento di acqua.

**Effetto:** Ammaloramento degli elementi costituenti la muratura con perdita, nel tempo, delle caratteristiche di durabilità e di resistenza con probabile nascita di altre anomalie.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti specifici; malte; stucchi; opere provvisorie; attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### TRAVI IN ACCIAIO

##### Bolle o screpolature

**Descrizione:** Presenza di bolle o screpolature dello strato protettivo superficiale con pericolo di corrosione e formazione di ruggine.

**Cause:** Azione degli agenti atmosferici e fattori ambientali; urti o minime sollecitazioni meccaniche esterne; perdita di adesione dello strato protettivo.

**Effetto:** Esposizione dell'elemento metallico agli agenti corrosivi e alla formazione di ruggine.

**Valutazione:** Moderata

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Corrosione o presenza di ruggine

**Descrizione:** Presenza di zone corrose dalla ruggine, estese o localizzate anche in corrispondenza dei giunti e degli elementi di giunzione.

**Cause:** Perdita degli strati protettivi e/o passivanti; esposizione agli agenti atmosferici e fattori ambientali; presenza di agenti chimici.

**Effetto:** Riduzione degli spessori delle varie parti dell'elemento; perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine, passivanti, vernici, prodotti e/o trattamenti specifici per la rimozione della ruggine, attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Deformazioni o distorsioni

**Descrizione:** Presenza di evidenti ed eccessive variazioni geometriche e di forma dell'elemento strutturale e/o di locali distorsioni delle lamiere di metallo che costituiscono l'elemento stesso.

**Cause:** Le eccessive deformazioni e distorsioni si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Nuovi componenti, elementi di rinforzo, opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### Imbozzamenti locali

**Descrizione:** Fenomeno d'instabilità locale che si può presentare nelle lamiere metalliche costituenti un elemento strutturale in acciaio, le quali si instabilizzano fuori dal piano piegandosi e corrugandosi.

**Cause:** Carichi concentrati; cambiamento delle condizioni di carico.

**Effetto:** Perdita di stabilità e di portanza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Elementi di rinforzo, irrigidimenti, nuovi componenti, attrezzature per saldature in opera.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Serraggio elementi giuntati**

**Descrizione:** Perdita della forza di serraggio nei bulloni costituenti le giunzioni tra elementi in acciaio.

**Cause:** Non corretta messa in opera degli elementi giuntati; cambiamento delle condizioni di carico; cause esterne.

**Effetto:** Perdita di resistenza della giunzione e quindi perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, attrezzature speciali, chiave dinamometrica.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Trattamenti ignifughi**

**Descrizione:** Perdita della protezione e/o dei rivestimenti ignifughi.

**Cause:** Agenti atmosferici e fattori ambientali esterni; ammaloramenti dei rivestimenti; minime sollecitazioni meccaniche esterne.

**Effetto:** Perdita della protezione nei confronti delle elevate temperature che portano deformazioni notevoli e quindi il possibile collasso degli elementi strutturali.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti ignifughi, attrezzature manuali, trattamenti specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

## **TRAVI IN LEGNO**

**Attacco biologico**

**Descrizione:** Attacco di funghi, muffe e carie (di tipo bruna o bianca), con relativa formazione di macchie, depositi o putrefazione sugli strati superficiali del legno visibili anche con alterazioni cromatiche; degrado delle parti in legno, dovuto ad insetti xilofagi, che si può manifestare con la formazione di alveoli o piccole cavità.

**Cause:** Esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni; infiltrazioni di acqua e/o umidità in microfessure o cavità presenti sulla superficie dell'elemento; attacco fungino dovuto al distacco e alla perdita della vernice protettiva; scarsa ventilazione.

**Effetto:** Putrefazione e disgregazione del legno che nel caso di carie bruna diventa friabile e inconsistente, mentre nel caso di carie bianca il materiale mantiene la sua struttura fibrosa ma perde peso, diventa molle e si spezza facilmente senza però essere friabile; diminuzione della sezione resistente.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Trattamenti specifici, attrezzature manuali e speciali, vernici, sostanze fungicide, antitarlo e/o antimuffa.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Corrosione dei collegamenti metallici**

**Descrizione:** Presenza di zone corrose dalla ruggine estese o localizzate in corrispondenza degli elementi metallici delle giunzioni.

**Cause:** Perdita degli strati protettivi e/o passivanti; esposizione agli agenti atmosferici e fattori ambientali; presenza di agenti chimici.

**Effetto:** Riduzione degli spessori delle varie parti delle giunzioni; perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, prodotti specifici per la rimozione della ruggine, attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Deformazioni eccessive

**Descrizione:** Presenza di evidenti ed eccessive deformazioni geometriche e/o morfologiche dell'elemento strutturale.

**Cause:** Mutamenti di carico e/o eccessivi carichi permanenti; eventuali modifiche dell'assetto geometrico della struttura.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Nuovi elementi, componenti di rinforzo, attrezzature speciali, opere provvisoriale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Deterioramento

**Descrizione:** Deterioramento e degrado dell'elemento strutturale in legno con la formazione di microfessure, screpolature, sfogliamenti e distacchi di materiale.

**Cause:** Esposizione agli agenti atmosferici; invecchiamento; minime sollecitazioni meccaniche esterne; cause esterne.

**Effetto:** Esposizione agli agenti atmosferici e/o biologici; riduzione, nel tempo, delle sezioni resistenti con conseguente perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Applicazione di prodotti protettivi impregnanti, trattamenti specifici, resine, vernici, attrezzature manuali.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Lesioni

**Descrizione:** Rotture che si manifestano con l'interruzione del tessuto strutturale dell'elemento, le cui caratteristiche e andamento ne definiscono l'importanza e il tipo.

**Cause:** Le lesioni e le rotture si manifestano quando lo sforzo a cui è sottoposto l'elemento strutturale supera la resistenza corrispondente del materiale.

**Effetto:** Perdita della stabilità e della resistenza dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, nuovi elementi, rinforzi, sottofondazioni locali, opere provvisoriale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

### Serraggio giunzioni

**Descrizione:** Perdita della forza di serraggio nei bulloni costituenti le giunzioni metalliche tra elementi strutturali in legno.

**Cause:** Non corretta messa in opera degli elementi giuntati; cambiamento delle condizioni di carico; cause esterne.

**Effetto:** Perdita di resistenza della giunzione e quindi perdita di stabilità dell'elemento strutturale.

**Valutazione:** Grave

**Risorse necessarie:** Attrezzature manuali, attrezzature speciali, chiave dinamometrica.

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### Umidità

**Descrizione:** Presenza di chiazze o zone di umidità sull'elemento, dovute all'assorbimento di acqua.

**Cause:** Presenza di microfratture, screpolature o cavità sulla superficie dell'elemento in legno; esposizione prolungata all'azione diretta degli agenti atmosferici e a fattori ambientali esterni.

**Effetto:** Variazione di volume dell'elemento e conseguente disgregazione con perdita di resistenza e stabilità.

**Valutazione:** Grave

Risorse necessarie: Attrezzature manuali, vernici, prodotti idrorepellenti, trattamenti specifici

### **5.3. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

#### **STRUTTURE IN FONDAZIONE**

##### **PLATEE**

##### **Controlli da effettuare**

##### Controllo a cura di personale specializzato

**Descrizione:** Controllo della consistenza dell'elemento strutturale e dell'eventuale presenza di lesioni. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

##### **Manutenzioni da effettuare**

##### Consolidamento terreno

**Descrizione:** Opere e/o procedimenti specifici di consolidamento del terreno da scegliere dopo indagini specifiche e approfondite. Trattamenti di miglioramento della resistenza delle fondazioni anche tramite l'impiego di georesine.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

##### Intervento per anomalie di corrosione

**Descrizione:** Opere di rimozione delle parti ammalorate e della ruggine. Ripristino dell'armatura metallica corrosa con vernici anticorrosive, malte, trattamenti specifici o anche attraverso l'uso di idonei passivanti per la protezione delle armature. Opere di protezione e/o ricostruzione dei copriferri mancanti.

**Esecutore:** Ditta specializzata



**Requisiti: -**

**Periodo: 1**

**Frequenza: Anni**

**Intervento per anomalie di fessurazione**

**Descrizione:** Opere di ripristino delle fessure e consolidamento dell'integrità del materiale tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o vernici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti: -**

**Periodo: 1**

**Frequenza: Anni**

**Realizzazione sottofondazioni**

**Descrizione:** Realizzazione di sottofondazioni locali o globali a sostegno del sistema di fondazione e della struttura.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti: -**

**Periodo: 1**

**Frequenza: Anni**

**Rinforzo elemento**

**Descrizione:** Realizzazione di interventi di rinforzo strutturale dell'elemento mediante la realizzazione di gabbie di armature integrative con getto di malte a ritiro controllato o attraverso l'applicazione di nuovi componenti di rinforzo che aumentino la sezione resistente dell'elemento strutturale.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti: -**

**Periodo: 1**

**Frequenza: Anni**

**Riparazione e ripresa delle lesioni**

**Descrizione:** Interventi di riparazione e di ripristino dell'integrità e della resistenza dell'elemento strutturale lesionato tramite l'utilizzo di resine, malte, cemento o altri prodotti specifici, indicati anche per la ricostruzione delle parti di calcestruzzo mancanti; tali trattamenti saranno eseguiti dopo una approfondita valutazione delle cause del difetto accertato e considerando che la lesione sia stabilizzata o meno.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti: -**

**Periodo: 1**

**Frequenza: Anni**

**STRUTTURE DI ELEVAZIONE  
PARETI IN MURATURA**

**Controlli da effettuare**

**Controllo a cura di personale specializzato**

**Descrizione:** Controllo della consistenza dell'elemento strutturale e dell'eventuale presenza di lesioni. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle possibili zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### Controllo a vista

**Descrizione:** Controllo dell'aspetto e della consistenza dell'elemento strutturale nel suo complesso e dei suoi componenti in specifico. Controllo dell'eventuale presenza di lesioni.

**Modalità d'uso:** A vista.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Utente

### **Manutenzioni da effettuare**

#### Consolidamento muratura

**Descrizione:** Interventi di consolidamento della muratura tramite l'applicazione di prodotti consolidanti da effettuarsi su superfici pulite e/o pretrattate, con l'iniezione di resine epossidiche o adesivi fluidi per il ripristino e la chiusura delle fessure o attraverso la stuccatura dei giunti molto degradati o mancanti.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Consolidamento terreno

**Descrizione:** Opere e/o procedimenti specifici di consolidamento del terreno da scegliere dopo indagini specifiche e approfondite. Trattamenti di miglioramento della resistenza delle fondazioni direttamente interessate dalle pareti di muratura, anche tramite l'impiego di georesine.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Demolizione e ricostruzione

**Descrizione:** Demolizione e ricostruzione di parti o zone di muratura degradate con sostituzione localizzata o estesa degli elementi artificiali/naturali con intervento di cuci-scuci.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Interventi di rinforzo muratura

**Descrizione:** Incremento della capacità portante della muratura con metodi diversi a seconda del livello di degrado e da scegliere dopo indagini specifiche e approfondite: - riempimento di fratture e vuoti interni mediante iniezioni di malta cementizia o resine sintetiche attraverso una serie di fori eseguiti nella muratura; - realizzazione di incamiciature della parete muraria attraverso l'inserimento di barre di acciaio rese solidali alla muratura con malte di consolidamento, oppure tramite il getto, in aderenza alla superficie muraria, di uno strato cementizio armato con rete metallica, reso solidale alla parete mediante chiodatura.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Pulizia superficie

**Descrizione:** Intervento di rimozione manuale o meccanica delle parti deteriorate o delle sostanze estranee accumulate attraverso sabbiature, idrolavaggi o con l'uso di prodotti chimici specifici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Realizzazione sottofondazioni

**Descrizione:** Realizzazione di sottofondazioni locali o globali alla base della muratura o della relativa fondazione.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**TRAVI IN ACCIAIO**

### **Controlli da effettuare**

#### *Controllo a cura di personale specializzato*

**Descrizione:** Controllo del livello di serraggio degli elementi costituenti le giunzioni. Verifica dell'integrità e della presenza di distorsioni e deformazioni eccessive nell'elemento strutturale, nonché della perpendicolarità della struttura.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### *Controllo a vista*

**Descrizione:** Esame dell'aspetto e del degrado dell'elemento strutturale e dei suoi eventuali strati protettivi. Controllo della presenza di possibili corrosioni dell'acciaio e di locali imbozzamenti.

**Modalità d'uso:** A vista.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Utente

### **Manutenzioni da effettuare**

#### *Applicazione prodotti protettivi*

**Descrizione:** Applicazione prodotti antiruggine con ripristino degli strati protettivi e/o passivanti, previa pulizia delle superfici da trattare.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Controllo e riapplicazione serraggio*

**Descrizione:** Verifica ed eventualmente, riapplicazione delle forze di serraggio negli elementi giuntati.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### *Intervento di rinforzo*

**Descrizione:** Realizzazione di elementi di rinforzo con piastre e profili da aggiungere all'elemento strutturale indebolito anche attraverso l'applicazione di irrigidimenti longitudinali e/o trasversali per le lamiere imbozzate.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Pulizia delle superfici metalliche**

**Descrizione:** Spazzolature, sabbiature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, della vernice in fase di distacco o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie dell'elemento strutturale, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Sostituzione elementi giunzione**

**Descrizione:** Sostituzione degli elementi danneggiati facenti parte di una giunzione (lamiere, dadi, bulloni, rosette) con elementi della stessa classe e tipo.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Sostituzione elemento**

**Descrizione:** Interventi di sostituzione dell'elemento o degli elementi eccessivamente deformati, danneggiati o usurati, considerando di sostituire anche i relativi collegamenti. Durante l'intervento si dovrà verificare e garantire la stabilità globale della struttura o dei singoli elementi che la costituiscono anche attraverso l'uso di opere provvisorie.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Trattamenti ignifughi**

**Descrizione:** Trattamenti di rimozione e rifacimento del manto protettivo ignifugo danneggiato o ammalorato presente sulla superficie dell'elemento strutturale di acciaio.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

## **TRAVI IN LEGNO**

**Controlli da effettuare**

**Controllo a cura di personale specializzato**

**Descrizione:** Controllo della consistenza dell'elemento strutturale, della presenza di lesioni o distacchi di materiale. Controllo della compattezza interna del materiale per evidenziare eventuali attacchi da funghi o da insetti che si sviluppano sotto la superficie dell'elemento. Verifica dell'integrità e perpendicolarità della struttura e delle possibili zone di terreno direttamente interessate dalla stessa.

**Modalità d'uso:** A vista e/o con l'ausilio di strumentazione idonea.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Ditta specializzata

#### Controllo a vista

**Descrizione:** Controllo dell'aspetto, del degrado e dell'integrità delle superfici dell'elemento strutturale e dei giunti, controllo della presenza di eventuali macchie, di umidità, di attacco biologico, rigonfiamenti o di alterazioni cromatiche della superficie.

**Modalità d'uso:** A vista.

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Esecutore:** Utente

### **Manutenzioni da effettuare**

#### Applicazione trattamenti protettivi

**Descrizione:** Trattamenti protettivi della superficie lignea con prodotti antitarlo, fungicidi, antimuffa o anche prodotti di carattere ignifugo o idrorepellente. I trattamenti vanno eseguiti su superfici precedentemente pulite.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Controllo e riapplicazione serraggio

**Descrizione:** Verifica e eventualmente, riapplicazione delle forze di serraggio negli elementi giuntati o sostituzione dei componenti facenti parte della giunzione.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

#### Interventi per corrosione giunti metallici

**Descrizione:** Spazzolature, sabbiature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, della vernice in fase di distacco o di sostanze estranee eventualmente presenti sulle superfici dei componenti facenti parte delle giunzioni metalliche, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici. Applicazione prodotti antiruggine con ripristino degli strati protettivi.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Pulizia delle superfici in legno**

**Descrizione:** Pulizia e asportazione delle parti degradate e marcite della superficie dell'elemento di legno, attraverso pulizia meccanica, manuale o ad aria compressa in funzione del tipo e dell'entità del degrado.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Ricostruzione parti mancanti**

**Descrizione:** Ripristino o ricostruzione di parti mancanti o degradate dell'elemento strutturale attraverso sistemi misti con utilizzo di armature metalliche e prodotti a base di resine o con elementi in vetroresina.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Ricostruzione testata trave**

**Descrizione:** Rifacimento della testata di una trave danneggiata o fatiscente attraverso l'impiego di un getto di betoncino utilizzando apposite resine e armature metalliche opportunamente dimensionate.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Rinforzo elemento**

**Descrizione:** Trattamenti di rinforzo e consolidamento localizzati o estesi da eseguirsi dopo una approfondita valutazione delle cause del difetto accertato e considerando che le lesioni, eventualmente presenti, siano stabilizzate o meno: - fissaggio di barre in acciaio in appositi incavi realizzati nelle zone lesionate, attraverso l'impiego di resine epossidiche o altri prodotti specifici; - placcaggio esterno delle zone lesionate con l'uso di lamiere in acciaio o altro materiale; - applicazione di prodotti consolidanti di vario tipo come resine epossidiche, acriliche, poliuretaniche, ecc..

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

**Sostituzione elementi giunzione**

**Descrizione:** Sostituzione degli elementi danneggiati facenti parte di una giunzione (lamiere, dadi, bulloni, rosette) con elementi della stessa classe e tipo.

**Esecutore:** Ditta specializzata

**Requisiti:** -

**Periodo:** 1

**Frequenza:** Anni

## 6. RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI

### 6.1. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Si veda relazione geologica- geotecnica allegata

### 6.2. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DEL TERRENO

Da una verifica dello stato attuale delle fondazioni del fabbricato è emerso che queste presentano dimensioni tali da garantire una adeguata portanza. Non sarebbe pertanto necessario un intervento sulle fondazioni esistenti poiché non si modificano significativamente le pressioni sul terreno. Si è ritenuto comunque opportuno in fase esecutiva rinforzare e consolidare le fondazioni esistenti mediante la realizzazione di cordoli in c.a. laterali rispetto alla base dei muri collegati tra loro e soletta in c.a. di spessore pari a 10 cm armata con rete elettrosaldata, collegata ai muri stessi. Per la morfologia del terreno e per l'assenza della falda alle profondità raggiunte non sono previste opere accessorie.

### 6.3. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA 'PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE' DEL SITO DI COSTRUZIONE

Si è valutata la pericolosità sismica di base del sito sulla base del progetto S1-INGV. I valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  sono stati ottenuti interpolando i dati del reticolo intorno al sito di riferimento. Di seguito sono riportati i valori ottenuti:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.048	2.447	0.263
SLD	50	0.060	2.478	0.280
SLV	475	0.165	2.550	0.282
SLC	975	0.219	2.492	0.288

Considerando un terreno di categoria D si ottiene infine:

$T_R$	$S_t$	$S_s$	$C_c$
30 (SLO)	1.000	1.800	2.436
50 (SLD)	1.000	1.800	2.362
475 (SLV)	1.000	1.771	2.354
975 (SLU)	1.000	1.583	2.331

## 7. ELABORATI GRAFICI DEL RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE



Si vedano le tavole architettoniche dello stato attuale e la tavola strutturale S06.

## 8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Al termine della valutazione della sicurezza del fabbricato condotta sia allo *stato di attuale* sia allo stato ottenuto a seguito degli interventi di progetto (*stato finale*), in base all'analisi dei risultati ottenuti dalla fase di calcolo, si è giunti alle seguenti conclusioni.

Il grado di vulnerabilità allo SLV ( $\alpha_u = \alpha_{CAP}/\alpha_{SLV}$ ), allo SLD ( $\alpha_e = \alpha_{CAP}/\alpha_{SLD}$ ) e SLO ( $\alpha_o = \alpha_{CAP}/\alpha_{SLO}$ ) risulta essere migliorato in entrambe le direzioni, per cui si ritiene che l'edificio sia migliorato sia allo SLV, sia allo SLD che allo SLO.

$\alpha_{SLV} = a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno in condizioni SLV e  $\alpha_{CAP}$ =accelerazione di capacità limite della struttura per ciascun stato limite.

### Livello di Miglioramento sismico

Stato Limite	$\zeta_E$ Stato Attuale	$\zeta_E$ Stato di Progetto	Variazione $\Delta\zeta_E$
<b>SLO</b>	0.660	0.984	0.324
<b>SLD</b>	0.796	1.204	0.408
<b>SLV</b>	0.309	0.641	0.332

**Indicatori di Rischio** (rapporto fra capacità e domanda).

I valori evidenziati si riferiscono al parametro  $\zeta_E$  definito in termini di PGA.

Stato Attuale (prima dell'intervento)		
Stato Limite	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	$\zeta_E$ (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
<b>SLO</b>	0.660	0.400
<b>SLD</b>	0.796	0.580
<b>SLV</b>	0.309	0.067

Il valore di PGA specificato in input è pari ad  $a_g \cdot S$ , accelerazione al suolo.

Stato di Progetto (dopo l'intervento)		
Stato Limite	$\zeta_E$ (PGA <sub>C</sub> /PGA <sub>D</sub> )	$\zeta_E$ (TR <sub>C</sub> /TR <sub>D</sub> )
<b>SLO</b>	<b>0.984</b>	0.967
<b>SLD</b>	<b>1.204</b>	1.460
<b>SLV</b>	<b>0.641</b>	0.333

Il valore di PGA specificato in input è pari ad  $a_g \cdot S$ , accelerazione al suolo.

Per il fabbricato in esame sono state eseguite verifiche specifiche ai meccanismi locali (o di primo modo) dalle quali si è constatato il miglioramento del comportamento riducendo significativamente l'attivazione di tali meccanismi. Infatti, la presenza di cordoli di piano, piattine metalliche ancorate alla copertura in legno e alle murature, le travi ben ammorsate alle murature tendono ad impedire/ridurre fortemente i meccanismi di ribaltamento delle pareti (meccanismo più gravoso che si attiva per bassi valori di accelerazione al suolo e per pareti non vincolate).

MECCANISMI LOCALI			
		INDICE DI RISCHIO	
MECCANISMO	PIANO	STATO ATTUALE	STATO DI PROGETTO
n.01	2	0.382	2.42
n.01	1-2	0.327	0.593
n.02	2	0.315	2.75
n.02	1-2	0.278	0.951

Le verifiche statiche mostrano che gli interventi che si andranno ad eseguire non modificheranno in modo significativo i coefficienti di sicurezza rispetto allo stato attuale per le murature, mentre gli interventi in progetto andranno ad adeguare staticamente i solai, le coperture e la scala.

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)

**Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]**  
**Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura**

**SLU di salvaguardia della Vita (SLV)**  
**Verifica di Resistenza (RES)**

**Involuppo CCC**

Pressofless. complanare [§4.5.6]	0.000	73.1%
Taglio scorrimento [§4.5.6]	0.780	98.6%
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	1.156	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	0.000	96.1%
Pressofless. ortog. [§4.5.6.2]		

SL di tipo geotecnico (GEO): Capacità portante del terreno e Scorrimento sul piano di posa [§6.4.2.1]

Coefficienti di sicurezza per verifiche da azioni in input:  
verde: soddisfatte per tutti gli elementi  
rosso: non soddisfatte per uno o più elementi

Chiudi

Stato Attuale

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)

**Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]**  
**Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura**

**SLU di salvaguardia della Vita (SLV)**  
**Verifica di Resistenza (RES)**

**Involuppo CCC**

Pressofless. complanare [§4.5.6]	0.000	70.4%
Taglio scorrimento [§4.5.6]	1.307	100%
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	1.819	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	1.813	100%
Pressofless. ortog. [§4.5.6.2]		

SL di tipo geotecnico (GEO): Capacità portante del terreno e Scorrimento sul piano di posa [§6.4.2.1]

Coefficienti di sicurezza per verifiche da azioni in input:  
verde: soddisfatte per tutti gli elementi  
rosso: non soddisfatte per uno o più elementi

Chiudi

Stato di progetto

## 9. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fronte fabbricato





Retro fabbricato



Portico piano terra



Solaio piano primo



Scala esistente





Coperture



Murature





Fondazioni esistenti