

RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DI UNA PORZIONE DEL PALAZZO PEDRONI, SITO IN OTRICOLI, IN VICOLO DELL'OLMO N. 7, CON NUOVA DESTINAZIONE COME ZONA NOTTE DEL NUOVO OSTELLO DELLA GIOVENTU'.

Intervento: Ostello zona notte Casa Pedroni

ELABORATO 10: RELAZIONI PROGETTO STRUTTURALE



Ministero
dei beni e delle
attività culturali
e del turismo



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Comune di Otricoli

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DI UNA PORZIONE DEL PALAZZO PEDRONI, SITO IN OTRICOLI, IN VICOLO DELL'OLMO N. 7, CON NUOVA DESTINAZIONE COME ZONA NOTTE DEL NUOVO OSTELLO DELLA GIOVENTÙ

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato

RELAZIONI PROGETTO STRUTTURALE

- Relazione tecnica illustrativa
- Relazione sulle fondazioni
- Relazione di calcolo elementi strutturali
- Relazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale (cap. 10.2 delle N.T.C.18)
- Relazione sulla valutazione della sicurezza (cap. 8.3 delle N.T.C.18)
- Relazione sui materiali impiegati e resistenze di calcolo
- Piano di manutenzione

Il Progettista

Il Direttore dei Lavori



Elaborato

Rel Prog Strutt

Scala

Data

Settembre 2023



Andrea Mattioli
Ingegnere

Via dei Trinci, 89 - 06034 Foligno - PG

tel. +39 339 222 80 27 - e-mail ing.andreamattioli@gmail.com - www.studioingegneriamattioli.it - P.I. 02737820544 - c.f. MTT NDR 70M03 D653E

Comune di Otricoli
Provincia di Terni

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

La presente relazione riguarda il progetto per la ristrutturazione di una porzione di edificio da destinare ad ostello sito nel Comune di Otricoli (TR) in Vicolo dell'Olmo, n. 7. La proprietà dell'immobile è della Famiglia Pedroni ed è stata concessa in uso al Comune di Otricoli che rappresenta il soggetto attuatore del presente intervento.

Descrizione della struttura

Si tratta di un edificio storico sito nel centro di Otricoli ed è costituito da tre piani fuori terra. Sono interessati dall'intervento solamente parte del piano terra e piano primo. Attualmente gli accessi ai piani sono in via della Valle per il piano terra e Vicolo dell'Olmo, n. 7 per il piano primo.

Il fabbricato costituisce la testata di più edifici posti in linea. Le murature dell'edificio sono in pietra tufacea. Nella porzione oggetto d'intervento i solai del primo impalcato sono realizzati con travi in legno, tavolato e mattoni mentre al piano superiore sono in profilati di acciaio e tavelloni con inserite delle travi in legno; il solaio di copertura è realizzato con travetti in c.a. e tavelloni, il manto è in coppi.

Carenze strutturali

Nella porzione di fabbricato oggetto d'intervento le carenze strutturali riguardano soprattutto i due campi di solaio del primo impalcato. Tali solai presentano evidenti limiti obsolescenza sia nelle travi principali e secondarie sia nel tavolato; sono presenti anche puntellature localizzate. Le murature ed i solai degli altri impalcati, sempre con riferimento alla porzione oggetto del presente lavoro, non presentano evidenti carenze soprattutto il solaio e la copertura che sono stati interessati da interventi in epoca recente.

Descrizione dell'intervento

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

Le opere previste sono le seguenti:

- Rimozione completa dei due campi di solaio del primo impalcato della porzione di fabbricato interessata dall'intervento e realizzazione di nuovi solai costituiti da profilati di acciaio e tavolato. Le travi in acciaio sono inserite nella muratura tramite innesti "a coda di rondine" e ulteriormente ammorsate attraverso profilati in acciaio, disposti lungo il perimetro dei vani, collegati sia alla muratura tramite perfori armati sia alle travi tramite saldatura (cfr Esecutivi strutturali);
- Sostituzione dell'architrave nell'apertura di passaggio tra i due locali al piano terra;
- Realizzazione di due aperture verso l'edificio adiacente, una per ogni livello, su cui sono state previste delle cerchiature in acciaio;
- Posa di una scala a chiocciola di tipo autoportante , di collegamento tra i due livelli

Nel complesso non viene alterato in modo significativo il comportamento della struttura sia sotto l'azione dei carichi statici che nei confronti delle azioni orizzontali in fase sismica.

L'intervento si inquadra come riparazione o intervento locale ai sensi dell'art. 8.4.1 del D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle altre relazioni ed agli elaborati grafici di progetto.

Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO: Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE: Comune di Otricoli

UBICAZIONE: Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

La presente relazione riguarda il progetto per la ristrutturazione di una porzione di edificio da destinare ad ostello sito nel Comune di Otricoli (TR) in Vicolo dell'Olmo, n. 7. La proprietà dell'immobile è della Famiglia Pedroni ed è stata concessa in uso al Comune di Otricoli che rappresenta il soggetto attuatore del presente intervento.

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

Nel complesso non viene alterato in modo significativo il comportamento della struttura sia sotto l'azione dei carichi statici che nei confronti delle azioni orizzontali in fase sismica.

Gli interventi previsti non incrementano il carico in fondazione.

Non si riscontrano attualmente fenomeni che possano indicare dissesti o cedimenti della struttura di fondazione.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle altre relazioni ed agli elaborati grafici di progetto.

Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

**RELAZIONE DI CALCOLO ELEMENTI
STRUTTURALI**

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

La presente relazione riguarda il progetto per la ristrutturazione di una porzione di edificio da destinare ad ostello sito nel Comune di Otricoli (TR) in Vicolo dell'Olmo, n. 7. La proprietà dell'immobile è della Famiglia Pedroni ed è stata concessa in uso al Comune di Otricoli che rappresenta il soggetto attuatore del presente intervento.

Si tratta di un edificio storico sito nel centro di Otricoli ed è costituito da tre piani fuori terra. Sono interessati dall'intervento solamente parte del piano terra e piano primo. Attualmente gli accessi ai piani sono in via della Valle per il piano terra e Vicolo dell'Olmo, n. 7 per il piano primo.

Il fabbricato costituisce la testata di più edifici posti in linea. Le murature dell'edificio sono in pietra tufacea. Nella porzione oggetto d'intervento i solai del primo impalcato sono realizzati con travi in legno, tavolato e mattoni mentre al piano superiore sono in profilati di acciaio e tavelloni con inserite delle travi in legno; il solaio di copertura è realizzato con travetti in c.a. e tavelloni, il manto è in coppi.

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

Le opere previste sono le seguenti:

- Rimozione completa dei due campi di solaio del primo impalcato della porzione di fabbricato interessata dall'intervento e realizzazione di nuovi solai costituiti da profilati di acciaio e tavolato. Le travi in acciaio sono inserite nella muratura tramite innesti "a coda di rondine" e ulteriormente ammorsate attraverso profilati in acciaio, disposti lungo il perimetro dei vani, collegati sia alla muratura tramite perfori armati sia alle travi tramite saldatura (cfr Esecutivi strutturali);
- Sostituzione dell'architrave nell'apertura di passaggio tra i due locali al piano terra;
- Realizzazione di due aperture verso l'edificio adiacente, una per ogni livello, su cui sono state previste delle cerchiature in acciaio;
- Posa di una scala a chiocciola di tipo autoportante, di collegamento tra i due livelli

Nel complesso non viene alterato in modo significativo il comportamento della struttura sia sotto l'azione dei carichi statici che nei confronti delle azioni orizzontali in fase sismica.

L'intervento si inquadra come riparazione o intervento locale ai sensi dell'art. 8.4.1 del D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle altre relazioni ed agli elaborati grafici di progetto.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321): "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- **Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G.U. 21 marzo 1974 n. 76): "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- **Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico** in materia di rischio sismico (Delibera Giunta Regionale n.606 del 21/6/2010): "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti".
- **Edifici monumentali: Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9.2.2011**: "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008", di cui costituisce parte integrante la Circ. 26 del 2.12.2010 del Ministero per i Beni e le Attività Culturali: "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale".
- **D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5) Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- **Eurocodice 3** - "Progettazione delle strutture in acciaio" - EN 1993-1-1.

MATERIALI IMPIEGATI

- Acciaio per strutture in C.a. in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento, Resistenza caratteristica allo snervamento $F_{yk} = 4500 \text{ N/mm}^2$, coefficiente di sicurezza allo SLU 1.15
- Acciaio per profilati S235: Resistenza caratteristica allo snervamento $F_{yk} (t < 40 \text{ mm}) = 2350 \text{ N/mm}^2$, Resistenza caratteristica allo snervamento $F_{yk} (t > 40 \text{ mm}) = 2150 \text{ N/mm}^2$, coefficiente di sicurezza allo SLU 1.05, coefficiente di sicurezza per instabilità = 1.05, coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite 1.25.
- Calcestruzzo C25/30 sia per le strutture in elevazione che in fondazione con: Resistenza cubica caratteristica $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$, coefficiente di sicurezza allo SLU 1.5, Resistenza di calcolo a trazione $F_{yk} = 1,19 \text{ N/mm}^2$, Resistenza media a trazione per flessione $F_{cfm} = 3,07 \text{ N/mm}^2$, Resistenza tangenziale di calcolo $\tau_{rd} = 0.345 \text{ N/mm}^2$.
- Legno massiccio

Tipologia del legname: Massiccio - D24 - Latifoglia - UNI EN 338:2016

$$f_{m,g,k} = 24,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 10.000,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,mean} = 630,0 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,7 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 8.400,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,05} = 529,2 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 485,0 \text{ kg/mc}$$

$$E_{90,g,mean} = 670,0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,mean} = 580,0 \text{ kg/mc}$$

ANALISI DEI CARICHI

Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \times \mu_i \times C_e \times C_t$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura che si assume pari a 1;

C_e è il coefficiente di esposizione che si assume pari a 1.0;

C_t è il coefficiente termico che si assume pari a 1.0.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Zona III; $a_s = 200 \text{ m}$; $q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$

$$q_s = 0.60 \times 1.00 = 0.60 \text{ kN/m}^2 = 60 \text{ daN/m}^2$$

PESO DEI MATERIALI

Conglomerato cementizio armato	25.0	kN/m ³
Conglomerato cementizio	24.0	kN/m ³
Conglomerato cementizio alleggerito	16.0	kN/m ³
Elementi divisori interni in cartongesso	0.4	kN/m ²
Legno massiccio	5.8	kN/m ³

STATO ATTUALE

SOLAIO DI INTERPIANO 1 IN LEGNO

Il solaio è realizzato con doppia orditura di travi in legno, tavolato, allettamento e pavimento in mattoni.

<u>Peso del solaio</u>		
Peso proprio strutturale medio	100	daN/m ²
Allettamento e pavimento	120	daN/m ²
Sovraccarico deposito	600	daN/m ²
Totale carico	820	daN/m²

SOLAIO DI INTERPIANO 2 IN ACCIAIO E TAVELLONI

Il solaio è realizzato con travi in acciaio, tavelloni, soletta in c.a., massetto e pavimento. All'intradosso sono presenti delle travi in legno.

<u>Peso del solaio</u>		
Travetti in acciaio	30	daN/m ²
Tavelloni	50	daN/m ²
Soletta in c.a.	100	daN/m ²
Massetto e pavimento	160	daN/m ²
Fondelli	110	daN/m ²
Travi in legno	20	daN/m ²
Sovraccarico	200	daN/m ²
Totale carico	670	daN/m²

COPERTURA IN TRAVETTI E TAVELLONI

Il solaio di copertura è realizzato con travetti in c.a., tavelloni, caldana e manto in coppi.

<u>Peso del solaio</u>		
Travetti	30	daN/m ²
Tavelloni	50	daN/m ²
Caldana in c.a.	50	daN/m ²
Manto in coppi	85	daN/m ²
Sovraccarico	60	daN/m ²
Totale carico	275	daN/m²

STATO DI PROGETTO

SOLAIO DI INTERPIANO 1 IN ACCIAIO E LEGNO

Il solaio è realizzato con travi in acciaio, tavolato e pavimento in legno.

<u>Peso del solaio</u>		
Peso proprio travi in acciaio	60	daN/m ²
Tavolato	30	daN/m ²
Pavimento	50	daN/m ²
Fondelli in cartogesso	40	daN/m ²
Sovraccarico	300	daN/m ²
Totale carico	480	daN/m²

Si è scelto di adottare un sovraccarico analogo a quello utilizzato per il progetto della zona giorno (più gravoso rispetto alla destinazione d'uso prevista in progetto), quindi sovraccarico per ambienti suscettibili di affollamento:

Cat. C1: Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento

Carico su Trave principale locale 1

Distanza di influenza: $i = (3.50/2) + (2.50/2) = 3.00$ m

$G_1 = (60+30) \times 3.00 = 270$ daN/m

$G_1 = (50+40) \times 3.00 = 270$ daN/m

$Q = 300 \times 3.00 = 900$ daN/m

Carico su Trave principale locale 2

Distanza di influenza: $i = 1.45 \text{ m}$

$$G_1 = (60+30) \times 1.45 = 135 \text{ daN/m}$$

$$G_1 = (50+40) \times 1.45 = 135 \text{ daN/m}$$

$$Q = 300 \times 1.45 = 435 \text{ daN/m}$$

Carico su Travi secondarie

Distanza di influenza: $i = 1.20 \text{ m}$

$$G_1 = (60+30) \times 1.20 = 108 \text{ daN/m}$$

$$G_1 = (50+40) \times 1.20 = 108 \text{ daN/m}$$

$$Q = 300 \times 1.20 = 360 \text{ daN/m}$$

VERIFICHE

Nuovo solaio di interpiano

Con l'intervento previsto non vengono alterate né la tessitura né la rigidezza dei due campi di solaio. Si riportano in allegato le verifiche degli elementi strutturali dei solai.

Allegati:

- **Allegato 1 - Verifiche elementi dei solai;**
- **Allegato 2 - Verifiche delle pareti, cerchiature, architrave**

Il Progettista delle strutture



ALLEGATO 1
VERIFICHE ELEMENTI DEI SOLAI

VERIFICA TRAVI IN ACCIAIO HEB 220 L=600

CARICHI, COEFFICIENTI E SOLLECITAZIONI AGENTI PER SLU E SLE

STATI LIMITE ULTIMI

coeff. parziali azioni SLU	γ_F		γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	Combinazione fondamentale
carico permanente strutturale	G_1	270 daN/m ²	1,3	-	-	$q_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} = 2106 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	270 daN/m ²	-	1,5	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	900 daN/m ²	-	-	1,5	

Luce di calcolo	l	6 m			
Denominatore taglio vincolo	X_v	2			
Denominatore momento vincolo	X_M	8			
Taglio agente V_{Rd}	$1/X_v \times q_d \times l$	6318,00 daN	=	63,18 kN	
Momento agente Med	$1/X_M \times q_d \times l^2$	9477,00 daN m	=	94,77 kN m	

STATI LIMITE DI ESERCIZIO IRREVERSIBILI

coeff. parziali SLE	γ_F		Ψ_{01}	Ψ_{11}	Ψ_{21}	Combinazione caratteristica (rara)
carico permanente strutturale	G_1	270 daN/m ²	-	-	-	$q_d = G_1 + G_2 + \Psi_{11} Q_{k1} = 1440 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	270 daN/m ²	-	-	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	900 daN/m ²	-	-	-	

Luce di calcolo	l	6 m			
Denominatore per vincolo	X	8			
Momento agente Med	$1/X \times q_d \times l^2$	6480 daN m	=	64,80 kN m	

VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO HEB 220 L=600

DATI GENERALI

PROPRIETA' MECCANICHE DEL MATERIALE

Proprietà meccaniche dell'acciaio

Normativa di riferimento del tipo di acciaio	:	UNI EN 10025-2	
Designazione alfanumerica del tipo acciaio	:	S 235	
Descrizione del tipo di acciaio	:	Acciai non legati per impieghi strutturali.	
Tipo di profilato	:	Sezione aperta	
Spessore nominale dell'elemento	:	$t \leq 40$ mm	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= 235	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= 360	N/mm ²
Modulo di elasticità normale (di Young)	E	= 210000	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	ν	= 0,3	-
Modulo di elasticità trasversale	G	= 80769	N/mm ²
Densità	ρ	= 7850	kg/m ³

COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LA RESISTENZA E LA STABILITA'

Resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4	γ_{M0}	= 1,05	-
Resistenza all'instabilità delle membrature	γ_{M1}	= 1,05	-
Resistenza delle sezioni tese indebolite dai fori	γ_{M2}	= 1,25	-

GEOMETRIA DELL'ASTA

DATI GEOMETRICI E STATICI DELLA SEZIONE

Tipologia e designazione del profilato

Tipologia della sezione	:	laminata	
Designazione del profilato	:	HE 220 B	
Opere sicuramente protette contro la corrosione o non esposte agli agenti atmosferici	:	SI	
Spessore minimo del profilato	:	3,0	mm
Descrizione della tipologia di profilato	:	Profili H ad ali larghe	

VERIFICA

Caratteristiche geometriche principali

Altezza della sezione trasversale	h	= 220,0	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	= 220,0	mm
Spessore dell'anima	t_w	= 9,5	mm
Spessore delle ali	t_f	= 16,0	mm
Raggio di raccordo	r	= 18,0	mm
-	r_0	=	mm
-	r_1	=	mm
Altezza della porzione saldabile	d	= 152,0	mm
Area della sezione trasversale	A	= 91,00	cm ²

Caratteristiche statiche rispetto all'asse y-y

Momento d'inerzia	I_y	= 8091,00	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,y}$	= 735,50	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,y}$	= 827,00	cm ³
Raggio d'inerzia	i_y	= 9,43	cm

Caratteristiche statiche rispetto all'asse z-z

Momento d'inerzia	I_z	= 2843,00	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,z}$	= 258,48	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,z}$	= 393,90	cm ³
Raggio d'inerzia	i_z	= 5,59	cm

Altre caratteristiche statiche

Area della sezione resistente al taglio lungo z	A_{vz}	= 27,92	cm ²
Area della sezione resistente al taglio lungo y	A_{vy}	= 70,40	cm ²
Momento d'inerzia torsionale	I_t	= 76,57	cm ⁴
Costante di ingobbamento (warping)	I_w	= 295400	cm ⁶
-	C_t	= 0,00	cm ³

FORATURA DELLA SEZIONE PER COLLEGAMENTI BULLONATI**Dati generali del collegamento bullonato**

Presenza del collegamento bullonato	:	NO	
-	:		
-	:		
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 16,0	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 16,0	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	

LUNGHEZZA E CONDIZIONI DI VINCOLO

Condizioni di vincolo nel piano xz (rif. asse y-y)	:	app-app	-
Condizioni di vincolo nel piano xy (rif. asse z-z)	:	app-app	-
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xz	L _y =	6000	mm
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xy	L _z =	6000	mm

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE DELL'ASTA**CLASSIFICAZIONE DELLE PARTI DELLA SEZIONE****Parametri di calcolo**

Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk} = 235	N/mm ²	
Coefficiente $\varepsilon = (235/f_{yk})^{0.5}$	$\varepsilon = 1,00$	-	

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata da racc. e saldat.	c = 152,0	mm	
Spessore dell'anima	t _w = 9,5	mm	
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w = 16,0	-	
Classificazione dell'anima per flessione	Classe : 1	-	

Classificazione delle ali

Semilarghezza delle ali dep. da racc. e saldat.	c = 87,3	mm	
Spessore delle ali	t _f = 16,0	mm	
Rapporto tra semilarghezza e spessore	c/t _f = 5,5	-	
Classificazione delle ali per flessione	Classe : 1	-	

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

-	- =	mm	
-	- =	mm	
-	- =	-	
Classificazione della sezione per flessione	Classe : 1	-	

VERIFICA A TAGLIO**VERIFICA DI RESISTENZA**

Direzione dell'azione di taglio agente	:	piano dell'anima	
Valore di calcolo del taglio agente	V _{Ed} =	6318	daN
Resistenza di calcolo a taglio	V _{c,Rd} =	36077	daN
Indice di verifica V _{Ed} /V _{c,Rd}	=	0,18	≤ 1

Verifica di resistenza a taglio**SODDISFATTA****VERIFICA DI STABILITA' DELL'ANIMA DELLA SEZIONE PRIVA DI IRRIGIDIMENTI**

Coefficiente η	$\eta =$	1,00	-
Necessità di verifica di stabilità dell'anima	:	NO	-

VERIFICA A FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI RESISTENZA

Inflessione intorno all'asse	:	y-y	-
Momento flettente di calcolo intorno y-y	M_{Ed}	= 9477	daN·m
-	$W_{eff,min}$	= 0,00	cm ³
Classificazione della sezione per flessione	:	Classe 1	-
Momento resistente di calcolo intorno y-y	$M_{c,Rd}$	= 18509	daN·m
-	:		-
$V_{Ed} \leq 0.5 V_{c,Rd}$	:	SI	-
-	=		-
-	$M_{y,V,Rd}$	=	-
Indice di verifica $M_{Ed}/M_{c,Rd}$ (o $M_{Ed}/M_{y,V,Rd}$)	=	0,51	≤ 1
Verifica di resistenza a flessione retta		SODDISFATTA	

VERIFICA SPOSTAMENTI VERTICALI PER FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI DEFORMAZIONE

Luce trave	L	=	6,00	m
Carichi permanenti	q_{drperm}	=	540	daN/m
Carichi variabili	$q_{drvariab}$	=	900	daN/m
Modulo elastico	E	=	21.000	daN/mm ²
Momento d'inerzia	I_y	=	8.091	cm ⁴
Monta iniziale della trave	δ_c	=	0	cm
Spostamento elastico da carichi permanenti	δ_1	=	5	mm
Spostamento elastico da carichi variabili	δ_2	=	9	mm
Spostamento totale ortogonale all'asse	δ_{tot}	=	14	mm
Spostamento nello stato finale δ_{max}	δ_{max}	=	14	mm
Limite di deformabilità per δ_{max}	L/250	=	24	mm
Limite di deformabilità per δ_2	L/300	=	20	mm
Verifica su δ_{max}	14	<	24	mm
Verifica su δ_2	9	<	20	mm
Verifica spostamenti verticali per flessione retta			SODDISFATTA	

VERIFICA TRAVI IN ACCIAIO HEB 200 L=620

CARICHI, COEFFICIENTI E SOLLECITAZIONI AGENTI PER SLU E SLE

STATI LIMITE ULTIMI

coeff. parziali azioni SLU	γ_F		γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	Combinazione fondamentale
carico permanente strutturale	G_1	135 daN/m ²	1,3	-	-	$q_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} = 1030,5 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	135 daN/m ²	-	1,5	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	435 daN/m ²	-	-	1,5	

Luce di calcolo	l	6,2 m			
Denominatore taglio vincolo	X_v	2			
Denominatore momento vincolo	X_M	8			
Taglio agente V_{Rd}	$1/X_v \times q_d \times l$	3194,55 daN	=	31,95 kN	
Momento agente Med	$1/X_M \times q_d \times l^2$	4951,55 daN m	=	49,52 kN m	

STATI LIMITE DI ESERCIZIO IRREVERSIBILI

coeff. parziali SLE	γ_F		Ψ_{01}	Ψ_{11}	Ψ_{21}	Combinazione caratteristica (rara)
carico permanente strutturale	G_1	135 daN/m ²	-	-	-	$q_d = G_1 + G_2 + \Psi_{11} Q_{k1} = 705 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	135 daN/m ²	-	-	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	435 daN/m ²	-	-	-	

Luce di calcolo	l	6,2 m			
Denominatore per vincolo	X	8			
Momento agente Med	$1/X \times q_d \times l^2$	3387,525 daN m	=	33,88 kN m	

VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO HEB 200 L=620

DATI GENERALI

PROPRIETA' MECCANICHE DEL MATERIALE

Proprietà meccaniche dell'acciaio

Normativa di riferimento del tipo di acciaio	:	UNI EN 10025-2	
Designazione alfanumerica del tipo acciaio	:	S 235	
Descrizione del tipo di acciaio	:	Acciai non legati per impieghi strutturali.	
Tipo di profilato	:	Sezione aperta	
Spessore nominale dell'elemento	:	$t \leq 40$ mm	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= 235	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= 360	N/mm ²
Modulo di elasticità normale (di Young)	E	= 210000	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	ν	= 0,3	-
Modulo di elasticità trasversale	G	= 80769	N/mm ²
Densità	ρ	= 7850	kg/m ³

COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LA RESISTENZA E LA STABILITA'

Resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4	γ_{M0}	= 1,05	-
Resistenza all'instabilità delle membrature	γ_{M1}	= 1,05	-
Resistenza delle sezioni tese indebolite dai fori	γ_{M2}	= 1,25	-

GEOMETRIA DELL'ASTA

DATI GEOMETRICI E STATICI DELLA SEZIONE

Tipologia e designazione del profilato

Tipologia della sezione	:	laminata	
Designazione del profilato	:	HE 200 B	
Opere sicuramente protette contro la corrosione o non esposte agli agenti atmosferici	:	SI	
Spessore minimo del profilato	:	3,0	mm
Descrizione della tipologia di profilato	:	Profili H ad ali larghe	

Caratteristiche geometriche principali

Altezza della sezione trasversale	h	= 200,0	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	= 200,0	mm
Spessore dell'anima	t_w	= 9,0	mm
Spessore delle ali	t_f	= 15,0	mm
Raggio di raccordo	r	= 18,0	mm
-	r_0	=	mm
-	r_1	=	mm
Altezza della porzione saldabile	d	= 134,0	mm
Area della sezione trasversale	A	= 78,10	cm ²

Caratteristiche statiche rispetto all'asse y-y

Momento d'inerzia	I_y	= 5696,00	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,y}$	= 569,60	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,y}$	= 642,50	cm ³
Raggio d'inerzia	i_y	= 8,54	cm

Caratteristiche statiche rispetto all'asse z-z

Momento d'inerzia	I_z	= 2003,00	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,z}$	= 200,30	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,z}$	= 305,80	cm ³
Raggio d'inerzia	i_z	= 5,07	cm

Altre caratteristiche statiche

Area della sezione resistente al taglio lungo z	A_{vz}	= 24,83	cm ²
Area della sezione resistente al taglio lungo y	A_{vy}	= 60,00	cm ²
Momento d'inerzia torsionale	I_t	= 59,28	cm ⁴
Costante di ingobbamento (warping)	I_w	= 171100	cm ⁶
-	C_t	= 0,00	cm ³

FORATURA DELLA SEZIONE PER COLLEGAMENTI BULLONATI**Dati generali del collegamento bullonato**

Presenza del collegamento bullonato	:	NO	
-	:		
-	:		
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 15,0	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 15,0	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	

LUNGHEZZA E CONDIZIONI DI VINCOLO

Condizioni di vincolo nel piano xz (rif. asse y-y)	:	app-app	-
Condizioni di vincolo nel piano xy (rif. asse z-z)	:	app-app	-
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xz	L _y =	6200	mm
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xy	L _z =	6200	mm

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE DELL'ASTA**CLASSIFICAZIONE DELLE PARTI DELLA SEZIONE****Parametri di calcolo**

Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk} = 235	N/mm ²	
Coefficiente $\varepsilon = (235/f_{yk})^{0.5}$	$\varepsilon = 1,00$	-	

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata da racc. e saldat.	c = 134,0	mm	
Spessore dell'anima	t _w = 9,0	mm	
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w = 14,9	-	
Classificazione dell'anima per flessione	Classe : 1	-	

Classificazione delle ali

Semilarghezza delle ali dep. da racc. e saldat.	c = 77,5	mm	
Spessore delle ali	t _f = 15,0	mm	
Rapporto tra semilarghezza e spessore	c/t _f = 5,2	-	
Classificazione delle ali per flessione	Classe : 1	-	

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

-	- =	mm	
-	- =	mm	
-	- =	-	
Classificazione della sezione per flessione	Classe : 1	-	

VERIFICA A TAGLIO**VERIFICA DI RESISTENZA**

Direzione dell'azione di taglio agente	:	piano dell'anima	
Valore di calcolo del taglio agente	V _{Ed} =	3195	daN
Resistenza di calcolo a taglio	V _{c,Rd} =	32084	daN
Indice di verifica V _{Ed} /V _{c,Rd}	=	0,10	≤ 1

Verifica di resistenza a taglio**SODDISFATTA****VERIFICA DI STABILITA' DELL'ANIMA DELLA SEZIONE PRIVA DI IRRIGIDIMENTI**

Coefficiente η	$\eta =$	1,00	-
Necessità di verifica di stabilità dell'anima	:	NO	-

VERIFICA A FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI RESISTENZA

Inflessione intorno all'asse	:	y-y	-
Momento flettente di calcolo intorno y-y	M_{Ed}	= 4952	daN·m
-	$W_{eff,min}$	= 0,00	cm ³
Classificazione della sezione per flessione	:	Classe 1	-
Momento resistente di calcolo intorno y-y	$M_{c,Rd}$	= 14380	daN·m
-	:		-
$V_{Ed} \leq 0.5 V_{c,Rd}$	:	SI	-
-	=		-
-	$M_{y,V,Rd}$	=	-
Indice di verifica $M_{Ed}/M_{c,Rd}$ (o $M_{Ed}/M_{y,V,Rd}$)		= 0,34	≤ 1
Verifica di resistenza a flessione retta		SODDISFATTA	

VERIFICA SPOSTAMENTI VERTICALI PER FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI DEFORMAZIONE

Luce trave	L	=	6,20	m
Carichi permanenti	q_{drperm}	=	270	daN/m
Carichi variabili	$q_{drvariab}$	=	435	daN/m
Modulo elastico	E	=	21.000	daN/mm ²
Momento d'inerzia	I_y	=	5.669	cm ⁴
Monta iniziale della trave	δ_c	=	0	cm
Spostamento elastico da carichi permanenti	δ_1	=	4	mm
Spostamento elastico da carichi variabili	δ_2	=	7	mm
Spostamento totale ortogonale all'asse	δ_{tot}	=	11	mm
Spostamento nello stato finale δ_{max}	δ_{max}	=	11	mm
Limite di deformabilità per δ_{max}	L/250	=	25	mm
Limite di deformabilità per δ_2	L/300	=	21	mm
Verifica su δ_{max}	11	<	25	mm
Verifica su δ_2	7	<	21	mm
Verifica spostamenti verticali per flessione retta			SODDISFATTA	

VERIFICA TRAVI IN ACCIAIO HEA 140 L=380

CARICHI, COEFFICIENTI E SOLLECITAZIONI AGENTI PER SLU E SLE

STATI LIMITE ULTIMI

coeff. parziali azioni SLU	γ_F		γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	Combinazione fondamentale
carico permanente strutturale	G_1	108 daN/m ²	1,3	-	-	$q_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} = 842,4 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	108 daN/m ²	-	1,5	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	360 daN/m ²	-	-	1,5	

Luce di calcolo	l	3,8 m			
Denominatore taglio vincolo	X_v	2			
Denominatore momento vincolo	X_M	8			
Taglio agente V_{Rd}	$1/X_v \times q_d \times l$	1600,56 daN	=	16,01 kN	
Momento agente Med	$1/X_M \times q_d \times l^2$	1520,53 daN m	=	15,21 kN m	

STATI LIMITE DI ESERCIZIO IRREVERSIBILI

coeff. parziali SLE	γ_F		Ψ_{01}	Ψ_{11}	Ψ_{21}	Combinazione caratteristica (rara)
carico permanente strutturale	G_1	108 daN/m ²	-	-	-	$q_d = G_1 + G_2 + \Psi_{11} Q_{k1} = 576 \text{ daN/m}$
peso permanente portato	G_2	108 daN/m ²	-	-	-	
sovraccarico variabile	Q_{k1}	360 daN/m ²	-	-	-	

Luce di calcolo	l	3,8 m			
Denominatore per vincolo	X	8			
Momento agente Med	$1/X \times q_d \times l^2$	1039,68 daN m	=	10,40 kN m	

VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO HEA 140 L=380

DATI GENERALI

PROPRIETÀ MECCANICHE DEL MATERIALE

Proprietà meccaniche dell'acciaio

Normativa di riferimento del tipo di acciaio	:	UNI EN 10025-2	
Designazione alfanumerica del tipo acciaio	:	S 235	
Descrizione del tipo di acciaio	:	Acciai non legati per impieghi strutturali.	
Tipo di profilato	:	Sezione aperta	
Spessore nominale dell'elemento	:	$t \leq 40$ mm	
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= 235	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= 360	N/mm ²
Modulo di elasticità normale (di Young)	E	= 210000	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	ν	= 0,3	-
Modulo di elasticità trasversale	G	= 80769	N/mm ²
Densità	ρ	= 7850	kg/m ³

COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LA RESISTENZA E LA STABILITÀ

Resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4	γ_{M0}	= 1,05	-
Resistenza all'instabilità delle membrature	γ_{M1}	= 1,05	-
Resistenza delle sezioni tese indebolite dai fori	γ_{M2}	= 1,25	-

GEOMETRIA DELL'ASTA

DATI GEOMETRICI E STATICI DELLA SEZIONE

Tipologia e designazione del profilato

Tipologia della sezione	:	laminata	
Designazione del profilato	:	HE 140 A	
Opere sicuramente protette contro la corrosione o non esposte agli agenti atmosferici	:	SI	
Spessore minimo del profilato	:	3,0	mm
Descrizione della tipologia di profilato	:	Profili H ad ali larghe	

Caratteristiche geometriche principali

Altezza della sezione trasversale	h	= 133,0	mm
Larghezza della sezione trasversale	b	= 140,0	mm
Spessore dell'anima	t_w	= 5,5	mm
Spessore delle ali	t_f	= 8,5	mm
Raggio di raccordo	r	= 12,0	mm
-	r_0	=	mm
-	r_1	=	mm
Altezza della porzione saldabile	d	= 92,0	mm
Area della sezione trasversale	A	= 31,40	cm ²

Caratteristiche statiche rispetto all'asse y-y

Momento d'inerzia	I_y	= 1033,00	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,y}$	= 155,40	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,y}$	= 173,50	cm ³
Raggio d'inerzia	i_y	= 5,73	cm

Caratteristiche statiche rispetto all'asse z-z

Momento d'inerzia	I_z	= 389,30	cm ⁴
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,z}$	= 55,62	cm ³
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,z}$	= 84,85	cm ³
Raggio d'inerzia	i_z	= 3,52	cm

Altre caratteristiche statiche

Area della sezione resistente al taglio lungo z	A_{vz}	= 10,12	cm ²
Area della sezione resistente al taglio lungo y	A_{vy}	= 23,80	cm ²
Momento d'inerzia torsionale	I_t	= 8,13	cm ⁴
Costante di ingobbamento (warping)	I_w	= 15060	cm ⁶
-	C_t	= 0,00	cm ³

FORATURA DELLA SEZIONE PER COLLEGAMENTI BULLONATI**Dati generali del collegamento bullonato**

Presenza del collegamento bullonato	:	NO	
-	:		
-	:		
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 8,5	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	
-	:		
-	:		
-	n =	-	
-	d-d ₀ =	mm	
-	d ₀ =	mm	
-	t _f = 8,5	mm	
-	A _f = 0	mm ²	
-	A _{r,0} = 0	mm ²	
-	A _{r,net} = 0	mm ²	

LUNGHEZZA E CONDIZIONI DI VINCOLO

Condizioni di vincolo nel piano xz (rif. asse y-y)	:	app-app	-
Condizioni di vincolo nel piano xy (rif. asse z-z)	:	app-app	-
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xz	L _y =	3800	mm
Dist. tra due ritegni torsionali succ. nel piano xy	L _z =	3800	mm

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE DELL'ASTA**CLASSIFICAZIONE DELLE PARTI DELLA SEZIONE****Parametri di calcolo**

Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk} = 235	N/mm ²	
Coefficiente $\varepsilon = (235/f_{yk})^{0.5}$	$\varepsilon = 1,00$	-	

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata da racc. e saldat.	c = 92,0	mm	
Spessore dell'anima	t _w = 5,5	mm	
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w = 16,7	-	
Classificazione dell'anima per flessione	Classe : 1	-	

Classificazione delle ali

Semilarghezza delle ali dep. da racc. e saldat.	c = 55,3	mm	
Spessore delle ali	t _f = 8,5	mm	
Rapporto tra semilarghezza e spessore	c/t _f = 6,5	-	
Classificazione delle ali per flessione	Classe : 1	-	

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

-	- =	mm	
-	- =	mm	
-	- =	-	
Classificazione della sezione per flessione	Classe : 1	-	

VERIFICA A TAGLIO**VERIFICA DI RESISTENZA**

Direzione dell'azione di taglio agente	:	piano dell'anima	
Valore di calcolo del taglio agente	V _{Ed} =	1601	daN
Resistenza di calcolo a taglio	V _{c,Rd} =	13077	daN
Indice di verifica V _{Ed} /V _{c,Rd}	=	0,12	≤ 1

Verifica di resistenza a taglio**SODDISFATTA****VERIFICA DI STABILITA' DELL'ANIMA DELLA SEZIONE PRIVA DI IRRIGIDIMENTI**

Coefficiente η	$\eta =$	1,00	-
Necessità di verifica di stabilità dell'anima	:	NO	-

VERIFICA A FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI RESISTENZA

Inflessione intorno all'asse	:	y-y	-
Momento flettente di calcolo intorno y-y	M_{Ed}	= 1521	daN·m
-	$W_{eff,min}$	= 0,00	cm ³
Classificazione della sezione per flessione	:	Classe 1	-
Momento resistente di calcolo intorno y-y	$M_{c,Rd}$	= 3883	daN·m
-	:		-
$V_{Ed} \leq 0.5 V_{c,Rd}$	:	SI	-
-	=		-
-	$M_{y,V,Rd}$	=	-
Indice di verifica $M_{Ed}/M_{c,Rd}$ (o $M_{Ed}/M_{y,V,Rd}$)	=	0,39	≤ 1
Verifica di resistenza a flessione retta		SODDISFATTA	

VERIFICA SPOSTAMENTI VERTICALI PER FLESSIONE MONOASSIALE (RETTA)

VERIFICA DI DEFORMAZIONE

Luce trave	L	=	3,80	m
Carichi permanenti	q_{drperm}	=	206	daN/m
Carichi variabili	$q_{drvariab}$	=	360	daN/m
Modulo elastico	E	=	21.000	daN/mm ²
Momento d'inerzia	I_y	=	1.033	cm ⁴
Monta iniziale della trave	δ_c	=	0	cm
Spostamento elastico da carichi permanenti	δ_1	=	3	mm
Spostamento elastico da carichi variabili	δ_2	=	5	mm
Spostamento totale ortogonale all'asse	δ_{tot}	=	7	mm
Spostamento nello stato finale δ_{max}	δ_{max}	=	7	mm
Limite di deformabilità per δ_{max}	$L/250$	=	15	mm
Limite di deformabilità per δ_2	$L/300$	=	13	mm
Verifica su δ_{max}	7	<	15	mm
Verifica su δ_2	5	<	13	mm
Verifica spostamenti verticali per flessione retta			SODDISFATTA	

Verifica tavolato in legno secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

CLASSE DI RESISTENZA – INFORMAZIONI SUL LEGNAME

Tipologia del legname: Massiccio - D24 - Latifoglia - UNI EN 338:2016

$$f_{m,g,k} = 24,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,\text{mean}} = 10.000,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,\text{mean}} = 630,0 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,7 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 8.400,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,05} = 529,2 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 485,0 \text{ kg/mc}$$

$$E_{90,g,\text{mean}} = 670,0 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,\text{mean}} = 580,0 \text{ kg/mc}$$

CLASSE DI SERVIZIO E DI DURATA – COEFFICIENTE DI SICUREZZA

Classe di servizio: Classe di servizio 1 (ambiente protetto)

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

Classe di durata del carico permanente: Permanente (più di 10 anni)

$$k_{\text{mod},G} = 0,6$$

Classe di durata del carico variabile: Lunga durata (6 mesi ÷ 10 anni)

$$k_{\text{mod},Q} = 0,7$$

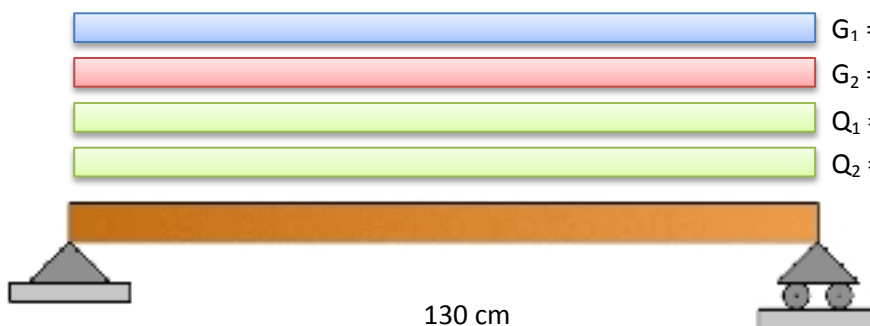
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G_2 :

$$\gamma_{G_2} = 1,0 \div 1,3$$

Coefficiente di sicurezza del materiale: no produzioni continuative

$$\gamma_M = 1,5$$

COMBINAZIONE DEI CARICHI – SOLLECITAZIONI



$$G_1 = 30 \text{ daN/m}$$

$$G_2 = 90 \text{ daN/m}$$

$$Q_1 = 300 \text{ daN/m}$$

$$Q_2 = 0 \text{ daN/m}$$

Categoria C - Ambienti di affollamento

Distanza di influenza: $i = 105 \text{ cm}$

Inclinazione della trave: $\beta = 0^\circ$

SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE I

Carico momento max = 163,8 daN/m

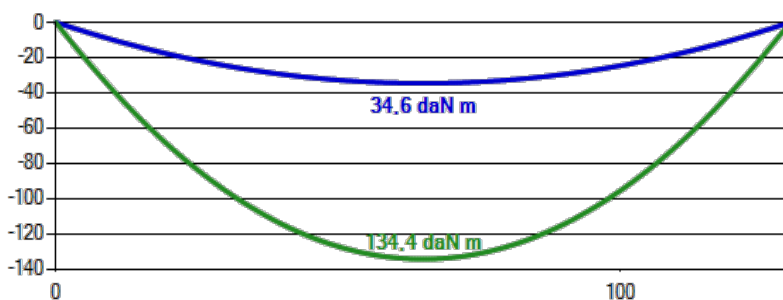
Momento max = 34,6 daN m

Posizione momento max = 65,0 cm

Carico taglio max = 163,8 daN/m

Taglio max = 106,5 daN

Posizione taglio max = 0,0 cm



SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONE II

Carico momento max = 636,3 daN/m

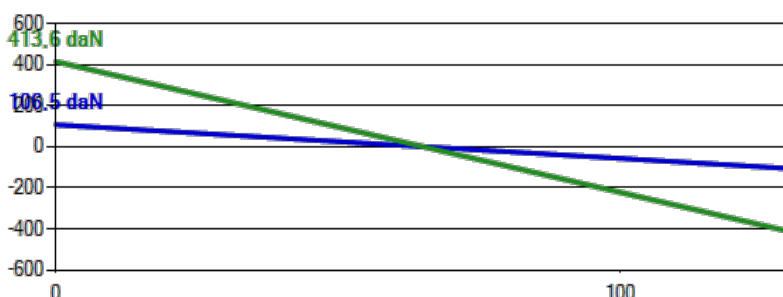
Momento max = 134,4 daN m

Posizione momento max = 65,0 cm

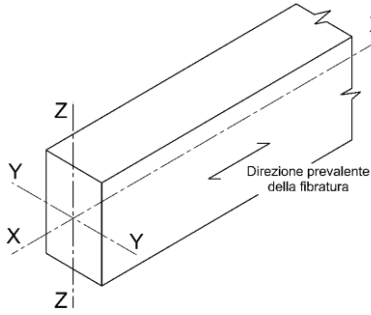
Carico taglio max = 636,3 daN/m

Taglio max = 413,6 daN

Posizione taglio max = 0,0 cm



SEZIONE TRAVE – DEFORMAZIONI

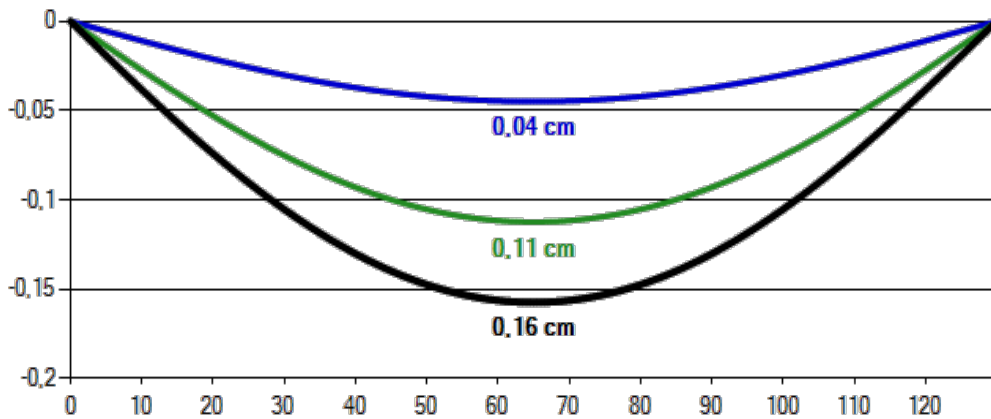


Area della sezione: $A = 500,0 \text{ cm}^2$
 Modulo di resistenza, YY: $W_{yy} = 416,7 \text{ cm}^3$
 Modulo di resistenza, ZZ: $W_{zz} = 8.333,3 \text{ cm}^3$
 Momento di inerzia, YY: $J_{yy} = 1.041,7 \text{ cm}^4$
 Momento di inerzia, ZZ: $J_{zz} = 416.666,7 \text{ cm}^4$
 Rotazione della sezione: $\alpha = 0^\circ$



H=5 cm

B=100 cm



$w_{ist,G} = 0,04 \text{ cm}$
 $w_{ist,Q} = 0,11 \text{ cm}$
 $w_{ist} = 0,16 \text{ cm}$
 $w_{in,Q} = 0,07 \text{ cm}$
 $w_{in} = 0,11 \text{ cm}$
 $w_{creep} = 0,07 \text{ cm}$
 $w_c = 0,00 \text{ cm}$
 $w_{net,fin} = 0,22 \text{ cm}$
 $w_{fin} = 0,22 \text{ cm}$

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Momento sollecitante: $M_{ed,I} \div k_{mod,G} < M_{ed,II} \div k_{mod,Q} \rightarrow$ Condizione più gravosa: II $\rightarrow M_{ed} = 134,4 \text{ daN m}$

Tensioni di progetto: $\sigma_{m,y,d} = 32,3 \text{ daN/cm}^2$ $\sigma_{m,z,d} = 0,0 \text{ daN/cm}^2$

Coefficienti moltiplicativi resistenze: $k_{h,H} = 1,246$ $k_{h,B} = 1,000$

Resistenze di progetto: $f_{m,y,d} = 139,5 \text{ daN/cm}^2$ $f_{m,z,d} = 112,0 \text{ daN/cm}^2$

Altri coefficienti: $k_m = 0,7$ $k_{crit,m} = 0,977$

Taglio sollecitante: $V_{ed,I} \div k_{mod,G} < V_{ed,II} \div k_{mod,Q} \rightarrow$ Condizione più gravosa: II $\rightarrow V_{ed} = 413,6 \text{ daN}$

Tensione e resistenza di progetto: $\tau_d = 1,9 \text{ daN/cm}^2$ $f_{v,d} = 17,3 \text{ daN/cm}^2$

Coefficienti di combinazione: $\psi_{01}=0,7$ - $\psi_{11}=0,7$ - $\psi_{21}=0,6$

Posizione di applicazione del carico: Carico applicato nel baricentro o nell'asse della trave

VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO		VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO	
$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$	$0,23 < 1,00$	$w_{ist} \leq L / 300$	$0,16 \text{ cm} < 0,43 \text{ cm}$
$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$	$0,16 < 1,00$	$w_{net,fin} \leq L / 250$	$0,22 \text{ cm} < 0,52 \text{ cm}$
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1$	$0,24 < 1,00$	$w_{fin} \leq L / 150$	$0,22 \text{ cm} < 0,87 \text{ cm}$
$\tau_d \leq f_{v,d}$	$1,85 < 17,27$		

Il Progettista delle strutture



ALLEGATO 2
VERIFICHE PARETI, CERCHIATURE, ARCHITRAVE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 17.1.2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.

Circolare 21.1.2019, n. 7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico (Delibera Giunta Regionale n.606 del 21/6/2010): "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti".

Edifici monumentali: Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9.2.2011: "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008", di cui costituisce parte integrante la **Circ. 26 del 2.12.2010 del Ministero per i Beni e le Attività Culturali**: "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale".

Riferimenti tecnici: EuroCodici

Per quanto non diversamente specificato nel D.M.14.1.2008, si intendono coerenti con i principi alla base del Decreto le indicazioni riportate nei documenti di riferimento elencati in §12; fra questi: gli EuroCodici strutturali. I principali documenti di riferimento per il software Aedes.ACM sono i seguenti:

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura

UNI EN 1996-1-1:2006 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata

Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

per il software: Aedes.ACM, Aperture e Cerchiature in Murature portanti, © AEDES Software

[1] F. Pugi: **Aperture e Cerchiature in Murature portanti**, ALINEA Editrice, Firenze, 2010.

In questo volume vengono trattate le metodologie di analisi conformemente al D.M. 14.1.2008, che possono essere considerate di fatto estendibili al D.M. 17.1.2018. Le differenze tra le normative, frutto dell'evoluzione del settore, sono riportate nella manualistica del software Aedes.ACM.

[2] F. Pugi: **Progettazione di Costruzioni in Muratura**, ALINEA Editrice, Firenze, 2000.

In questo volume viene trattato il Metodo Por, oltre all'assetto normativo precedente l'Ordinanza 3274 del 20.3.2003.

[3] F. Pugi: **Edifici in Muratura e nuova Normativa Sismica. L'analisi Pushover come evoluzione del Metodo Por**, ALINEA Editrice, Firenze, 2006.

[4] G. Magenes, D. Bolognini, C. Braggio (A cura di): **Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura**, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000. Il volume è reperibile on line all'indirizzo:

gndt.ingv.it/Pubblicazioni/Monografie_disponibili_con_intestazione.htm

[5] G. C. Beolchini, G. Di Pasquale, L. Gizzarelli: **La valutazione delle prestazioni sismiche di strutture esistenti in cemento armato: indicazioni dalle Linee Guida NEHRP**, Roma, Dicembre 2002. *In particolare:* Capitolo 4. Analisi statiche non lineari.

[6] G. Magenes, G.M. Calvi: **Prospettive per la calibrazione di metodi semplificati per l'analisi sismica di pareti murarie**, Atti del Convegno Nazionale: "La Meccanica delle Murature tra Teoria e Progetto", Messina, 18-20 settembre 1996.

[7] L.Petrini, R. Pinho, G.M.Calvi: **Criteri di Progettazione Antisismica degli Edifici**, IUSS Press, Pavia, 2004.

[8] AICAP: **Progettazione di strutture in calcestruzzo armato**, Voll. 1 e 2, Guida all'uso dell'EuroCodice 2 con riferimento alle Norme Tecniche D.M. 14.1.2008, Roma, 2008.

DATI PROGETTO

Numero di Cerchiature = numero di cerchiature da analizzare

Numero di Pareti = numero di pareti piene e/o forate da analizzare

PARAMETRI SISMICI

I Parametri Sismici sono organizzati in due gruppi: **Generali e Sismica**.

Questi dati sono di fatto superflui nei confronti delle verifiche qualificabili come 'Riparazione locale', verifiche nelle quali ciò che conta è il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale in termini di rigidezza, forza ultima e capacità di spostamento, grandezze direttamente ricavate dalle curve di capacità della singola parete ai due stati pre e post intervento (curve automaticamente costruite dall'elaborazione di ACM).

Tale confronto è a tutti gli effetti indipendente dalla zona sismica di ubicazione dell'edificio dove è collocata la parete oggetto di analisi.

Se però l'intervento non rientra nell'ambito della 'Riparazione o intervento locale', ma deve essere inquadrato come 'Intervento di Miglioramento', all'analisi della parete deve essere affiancata una verifica della struttura nel suo insieme (§8.4.2, §8.7.5).

A parte il caso di impalcato rigido sovrastante la parete, dove è necessaria un'analisi complessiva del modello spaziale dell'edificio per tenere conto della redistribuzione delle azioni dovuta al cambiamento delle rigidezze, nel caso di impalcato deformabile sovrastante la parete (molto frequente negli edifici esistenti), si può considerare che la variazione locale di rigidezza abbia un effetto limitato sul comportamento strutturale globale: la ripartizione delle

azioni sismiche infatti avviene non in base alle rigidità ma alle masse locali. In tal caso, pertanto, la verifica 'globale' può intendersi soddisfatta con la sola analisi della parete, senza studiare lo schema globale, ma prendendo in considerazione anche la verifica in base all'accelerazione al suolo PGA sostenibile allo stato limite ultimo (=capacità in termini di PGA).

Ciò rispetta infatti quanto previsto dal D.M. 17.1.2018 in §8.7.5 (è richiesta la determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU). La verifica consiste non tanto nel confronto diretto con la domanda in termini di PGA allo Stato di Progetto (cioè la PGA da soddisfare per un intervento di Adeguamento), quanto nel rapporto tra la capacità PGA allo Stato di Progetto e allo Stato Attuale.

Per condurre tale verifica è quindi necessario definire i dati sismici dell'edificio, e a tal fine sono predisposte le finestre dei Parametri di Calcolo.

Per il calcolo corretto della capacità in termini di PGA occorre inoltre tenere conto della posizione in elevazione della parete. Infatti: quando la parete è posta ad un livello soprastante il piano di imposta sulle fondazioni (in pratica: quando la parete appartiene ad un piano maggiore del piano 1 di calcolo), l'accelerazione sismica che riceve alla sua base è generalmente amplificata rispetto all'accelerazione al suolo (§C8A.4.2.3). Per valutare tale amplificazione sono necessari due dati: il numero di piani e l'altezza complessiva dell'edificio rispetto alle fondazioni, dati che consentono la stima del periodo proprio e del coefficiente di partecipazione, se non noti da uno studio complessivo dell'edificio.

GENERALI

> Dati Edificio

Numero piani dell'edificio. Per il coefficiente di partecipazione modale 'gamma' [§C8A.4.2.3] può essere adottato il valore semplificato in base al numero di piani N: $\gamma = 3N/(2N+1)$.

Altezza complessiva della struttura rispetto alla fondazione [§C8A.4.2.3] H (m):

H viene utilizzata per il calcolo della funzione $\psi(Z)=(Z/H)$ che descrive in modo approssimato il primo modo di vibrazione.

Per il periodo proprio T1 dell'intera struttura può essere adottato il valore semplificato secondo §7.3.3.2.

> Vita Nominale, Classi d'Uso, Periodo di riferimento [§2.4]

Vita Nominale V,N (anni)

Classe d'uso (1=I,2=II,3=III,4=IV), da cui segue il Coefficiente d'uso C,U e il periodo di riferimento per l'azione sismica $V,R=V,N^*C,U$

SISMICA

> Determinazione dell'Azione Sismica

Individuazione del sito: Longitudine e Latitudine ED50 (gradi sessadecimali)

Tipo di interpolazione

1 = media ponderata [§All.A,\[3\]](#)

2 = superficie rigata [§CA](#)

Tab.2, All.B

0 = località non in Tab.2,All.B

1-20 = isola (località posta in Tab.2,All.B), con la seguente convenzione:

1=Arcipelago Toscano, 2=Isole Egadi, 3=Pantelleria, 4=Sardegna, 5=Lampedusa, 6=Linosa, 7=Ponza, 8=Palmarola, 9=Zannone, 10=Ventotene, 11=Santo Stefano, 12=Ustica, 13=Tremi, 14=Alicudi, 15=Filicudi, 16=Panarea, 17=Stromboli, 18=Lipari, 19=Vulcano, 20=Salina

Valori dei parametri a_g (*g), F_0 , T_C (sec) per i periodi di ritorno di riferimento:

[NTC08, §All.B: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica](#)

Per il sito di ubicazione della struttura, vengono specificati i valori di a_g , F_0 , T_C per i periodi di riferimento: (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni).

P,VR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR [§3.2.1](#)

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) le azioni sismiche dipendono dalla corrispondente probabilità P di superamento nel periodo di riferimento VR.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno Stato Limite [§3.2](#)

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) vengono definiti TR (anni), a_g (*g), F_0 , T_C e S, TB, TC, TD (periodi in sec.)

Categoria di sottosuolo (1=A,2=B,3=C,4=D,5=E) [§3.2.2](#)

Categoria topografica (1=T1,2=T2,3=T3,4=T4) [§3.2.2](#)

Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico [§3.2.2](#)

Coefficiente di amplificazione topografica ST [§3.2.3.2.1](#)

Microzonazione sismica

Definizione di PGA: la PGA (accelerazione orizzontale di picco al suolo), finalizzata a definire l'accelerazione sismica sostenibile dalla costruzione, può essere riferita al suolo rigido (roccia) oppure tenere conto degli effetti locali del sito attraverso il fattore di suolo S:

1 = acc. su roccia (come a_g)

2 = $a_g \cdot S$ ($S=S,S^*S,T$)

DATI PROGETTO

Numero di Cerchiature : 3

Numero di Pareti : 2

Normativa di riferimento: D.M. 17.1.2018 e Circ.7 del 21.1.2019

PARAMETRI SISMICI

Numero piani dell'edificio: 3

Altezza complessiva struttura rispetto alla fondazione (m): 9.5

Vita Nominale (anni): 50
Classe d'uso (1=I,2=II,3=III,4=IV): 2
> Per Analisi Sismica
Coeff. part. modale: 1.286
Primo periodo in dir. X (sec): .271
Primo periodo in dir. Y (sec): .271
> Determinazione dell'Azione Sismica
Individuazione del sito: Longitudine ED50 (gradi sessadecimali): 12.477491
- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali): 42.42444
Tipo di interpolazione: 1=media ponderata, 2=superficie rigata: 1
Tab.2,All.B: 0=località non in Tab.2, i(1-20)=isola: 0
ag(g),Fo,Tc*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento
30,.05,2.518,.26
50,.061,2.537,.28
72,.071,2.509,.28
101,.082,2.488,.29
140,.095,2.44,.29
201,.11,2.43,.29
475,.15,2.438,.302
975,.189,2.442,.311
2475,.247,2.49,.322
1.24025261029601E-02,.407629728317261
PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
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 associati a ciascuno stato limite
SLO: TR(anni),ag(g),Fo,Tc*(sec): 30,.05,2.518,.26
SLD: TR(anni),ag(g),Fo,Tc*(sec): 50,.061,2.537,.28
SLV: TR(anni),ag(g),Fo,Tc*(sec): 475,.15,2.438,.302
SLC: TR(anni),ag(g),Fo,Tc*(sec): 975,.189,2.442,.311
SLO: S,TB,TC,TD: 1.2,.125,.374,1.8
SLD: S,TB,TC,TD: 1.2,.132,.397,1.844
SLV: S,TB,TC,TD: 1.2,.141,.422,2.2
SLC: S,TB,TC,TD: 1.2,.144,.432,2.356
Categoria di sottosuolo (1=A,2=B,3=C,4=D,5=E): 2
Categoria topografica (1=T1,2=T2,3=T3,4=T4): 1
Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico: 0
Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1
Microzonazione sismica: no

Dati CERCHIATURE

GEOMETRIA E VINCOLI

Vano utile B, H = dimensioni del vano utile dell'apertura. Le dimensioni del corrispondente pannello di muratura eliminato vengono determinate automaticamente in base all'occupazione fisica del telaio di cerchiatura, e pertanto risultano maggiori delle dimensioni del vano utile.

Spessore parete = spessore della parete muraria oggetto d'intervento.

Tipologia = indica se l'analisi si riferisce ad un telaio completo oppure ad una sola architrave.

Muratura rimossa: vincolo in sommità = tipo di vincolamento del muro rimosso per la creazione dell'apertura. Si distinguono due casi notevoli: rigido (doppio incastro) e flessibile (mensola), che determinano rispettivamente un valore del coefficiente di rigidezza alla traslazione (componente flessionale) pari a 12 e 3. E' possibile definire un valore intermedio (semincastro in sommità). In corrispondenza del tipo di vincolamento, vengono espressi i valori dei momenti determinati da una forza orizzontale alla base e in sommità del muro.

Per il **telaio di cerchiatura** inserito all'interno della parete sono possibili le seguenti schematizzazioni:

- il telaio può essere chiuso (con il traverso inferiore incluso nello schema strutturale) o a portale (costituito dai soli montanti e dall'architrave);
- le rotazioni nel piano verticale dei nodi di sommità dei montanti possono essere impediti (caso di comportamento shear-type) o consentite;
- il comportamento sotto azione orizzontale crescente in sommità del telaio (in corrispondenza dell'architrave) è descritto da una curva di capacità costruita tenendo conto delle resistenze di tutti i componenti (momento e taglio resistente): montanti, architrave, traverso inferiore (se considerato nel modello), giunti, e della capacità massima di spostamento del telaio;
- il giunto di sommità del montante può essere saldato o bullonato e viene classificato in base alla resistenza e alla rigidezza; ad un eventuale giunto semi-rigido corrisponde una molla rotazionale in corrispondenza del nodo di sommità;
- il giunto di base può avere comportamento identico al giunto di sommità oppure è possibile specificare la rigidezza (cerniera, semirigido con valore di rigidezza iniziale in input, rigido) e la resistenza (cerniera, parziale ripristino con valore del momento resistente in input, completo ripristino);
- per i montanti e l'architrave è possibile definire zone rigide, generalmente corrispondenti all'intersezione di nodo fra i profili.

MURATURA

Tipologia = descrizione di identificazione del tipo di materiale per il pannello entro cui è inserita la cerchiatura.

Parametri rappresentativi del materiale: moduli di elasticità di Young E e tangenziale G ; peso specifico. Questi parametri sul materiale murario compaiono nei Dati Cerchiature ai fini dei calcoli strettamente relativi alla cerchiatura stessa, e più precisamente per la verifica di rigidezza in confronto al pannello murario rimosso. Non sono quindi necessari, in questo contesto, i parametri di resistenza (τ_0 , f_m). Per quanto riguarda la verifica della parete composta da maschi murari e fasce, con gli eventuali telai di cerchiatura, nei Dati Pareti sono specificati in dettaglio i parametri dei materiali, diversificati tra Stato Attuale e Stato di Progetto, contenenti anche le resistenze (a taglio e a compressione), indispensabili per l'analisi statica e sismica della parete. In tali dati vengono gestiti i moduli di elasticità eventualmente modificati per effetto di coefficienti correttivi (secondo §8.5.3.1).

STRUTTURE IN C.A.

Per cerchiature con strutture in cemento armato:

Calcestruzzo: Tipologia (es.: C25/30), R_{ck} , E , G , f_{cd} , ϵ_{c2} , ϵ_{cu}

Acciaio: Tipo (B450C), ϵ_{su} , f_{yd} , E_s , $\epsilon_{sy} = f_{yd} / E_s$

L'**armatura** è considerata simmetrica (armatura tesa = armatura compressa).

Il **copriferro** utilizzato nel calcolo è assunto automaticamente pari a:

copriferro oltre staffe (in input) + diametro della staffa + metà diametro dell'armatura longitudinale.

Appoggio architrave oltre pilastro = lunghezza di appoggio entro la muratura.

Dimensioni sezioni: "**d x s**" (**s=spessore parete**), e **Armature ($A_s = A's$)** = caratteristiche di: architrave, montante e traverso inferiore.

La **sezione** ha dimensione ortogonale al piano medio della parete sempre pari allo spessore della parete stessa.

STRUTTURE IN ACCIAIO

Per cerchiature con strutture in acciaio:

Tipico di Acciaio: S235, S275 o S355; E , G .

Sezione Architrave = tipo e numero di profili costituente l'architrave; **lunghezza di appoggio oltre il pilastro**, entro la muratura.

Sezione Montante = tipo e numero di profili costituenti il montante; **verso** (a inerzia massima o minima). Il profilo **L** definisce un **montante calastrellato con 4 angolari**, posti tra loro alla distanza indicata dall'apposito parametro.

Per montanti che trasmettono il carico verticale alla muratura adiacente, sono definiti gli **ancoraggi** (numero totale per il lato del telaio, e diametro).

Sezione Traverso inferiore = tipo e numero di profili costituenti il traverso inferiore.

CARICHI

I carichi agenti sull'architrave del telaio di cerchiatura sono distinti in **Distribuito 'q'** e **Concentrato 'P'**. Il carico distribuito 'q' può provenire da un solaio impostato superiormente all'architrave e/o da murature sovrastanti, e da un carico concentrato agente nella zona di influenza, come nel seguito specificato. Generalmente per il calcolo del carico sull'architrave viene considerato il solo contributo delle strutture direttamente incidenti (solaio, muratura del triangolo di carico sovrastante), a differenza di quanto avviene per la parete nel suo complesso, cui il telaio di cerchiatura appartiene, dove il carico complessivo viene generato da tutta la parte di edificio sovrastante (inclusendo quindi carichi di solai e di murature di eventuali piani superiori). I valori dei carichi 'q' e 'P' vengono suddivisi nelle 3 combinazioni di riferimento, identificate conformemente alle indicazioni normative (§2.5.3): fondamentale, per le verifiche di resistenza allo Stato Limite Ultimo; rara, per le verifiche di deformabilità allo Stato Limite di Esercizio (SLE); sismica, per l'analisi del comportamento del telaio sotto azioni orizzontali di origine sismica. I valori specificati in input includono gli effetti dei coefficienti moltiplicativi: γ_G , γ_Q , ψ_0 per SLU; ψ_0 per SLE; ψ_2 per Sismica).

Posizione verticale di 'q' e 'P' e **orizzontale** di 'P' individuano i punti di applicazione dei carichi.

L'origine del sistema di riferimento (xy) è posta in corrispondenza della mezzera dell'architrave, con verso positivo verso destra.

I **limiti d'influenza** di 'q' e di 'P' dipendono dalla geometria dell'architrave, e sono calcolati secondo le modalità d'influenza dei carichi sull'architrave, in base alla norma DIN 1053 (dicembre 1952).

Se nei dati in input è stata selezionata l'opzione di **diffusione dei carichi sovrastanti l'architrave**, si ipotizza che sopra all'architrave si generi un effetto di volta scaricantesi ai lati: pertanto, si considera gravante sull'architrave solo il peso del muro incluso in un triangolo equilatero avente come base la luce dell'architrave 'b'. Se entro il detto triangolo agisce sulla muratura il carico uniformemente distribuito 'q', esso viene considerato solo per la parte che si trova entro i limiti del triangolo.

Se entro la luce dell'architrave agisce il carico concentrato 'P' esso deve essere considerato ammettendo una distribuzione del carico a 60°, anche se il suo punto d'applicazione è al di fuori del triangolo, ma sia tuttavia al di sotto della linea orizzontale posta 25 cm. al di sopra della sommità del triangolo stesso. Dovrà essere inoltre aggiunto il peso della muratura la cui proiezione verticale interseca il triangolo di riferimento.

Gli effetti dovuti al carico concentrato e alla sua posizione rispetto al triangolo sovrastante l'architrave vengono valutati a seconda dei casi, con riferimento al carico concentrato applicato sull'architrave oppure alla sua diffusione in carico uniforme su tutta o metà luce dell'architrave; la modalità considerata viene evidenziata nella descrizione dei risultati.

Ai fini dell'analisi sismica del telaio, tutti gli eventuali contributi di carico verticale non uniformi sull'intera luce (dovuti sia al triangolo di carico, sia al carico concentrato) vengono ricondotti allo schema uniformemente distribuito, utilizzando opportuni coefficienti 'correttivi' in modo tale che il carico uniforme su tutta la luce produca le stesse sollecitazioni massime. Ad esempio, posta 'b' luce dell'architrave, al carico triangolare con massimo in mezzera q_T corrispondono la risultante $Q_T = q_T b / 2$ e il momento $M_{max} = q_T b^2 / 12 = Q_T b / 6$. Al carico uniforme equivalente q_U corrispondono la risultante $Q_U = q_U b$ e il momento $M_{max} = q_U b^2 / 8 = Q_U b / 8$. Uguagliando le due risultanti, si ottiene $Q_U = (4/3) Q_T$ (a riprova: $q_U = Q_U / b = (4/3) Q_T / b \Rightarrow M_{max} = q_U b^2 / 8 = (4/3) Q_T b / 8 = (4/3) q_T (b/2) / 8 = q_T b^2 / 12$).

In assenza di diffusione dei carichi, il carico distribuito q viene applicato direttamente sull'architrave; analogamente, il carico concentrato P viene considerato agente, lungo la sua retta d'azione, direttamente sull'architrave.

CALCOLO

- **Architrave: vincolamento agli estremi.** Per la verifica di deformabilità (SLE) e di resistenza statica (non sismica) (SLU), al vincolo estremo dell'architrave può essere attribuito il doppio appoggio o il semincastro, con luce di calcolo pari alla larghezza del pannello murario rimosso (luce netta del vano). Per la Verifica di deformabilità dell'architrave (nel caso di architrave acciaio) viene definito il limite di freccia.

- **Opzioni di calcolo:**

> **Influenza deformabilità a taglio per l'acciaio:** influisce sulla rigidezza delle aste del telaio;

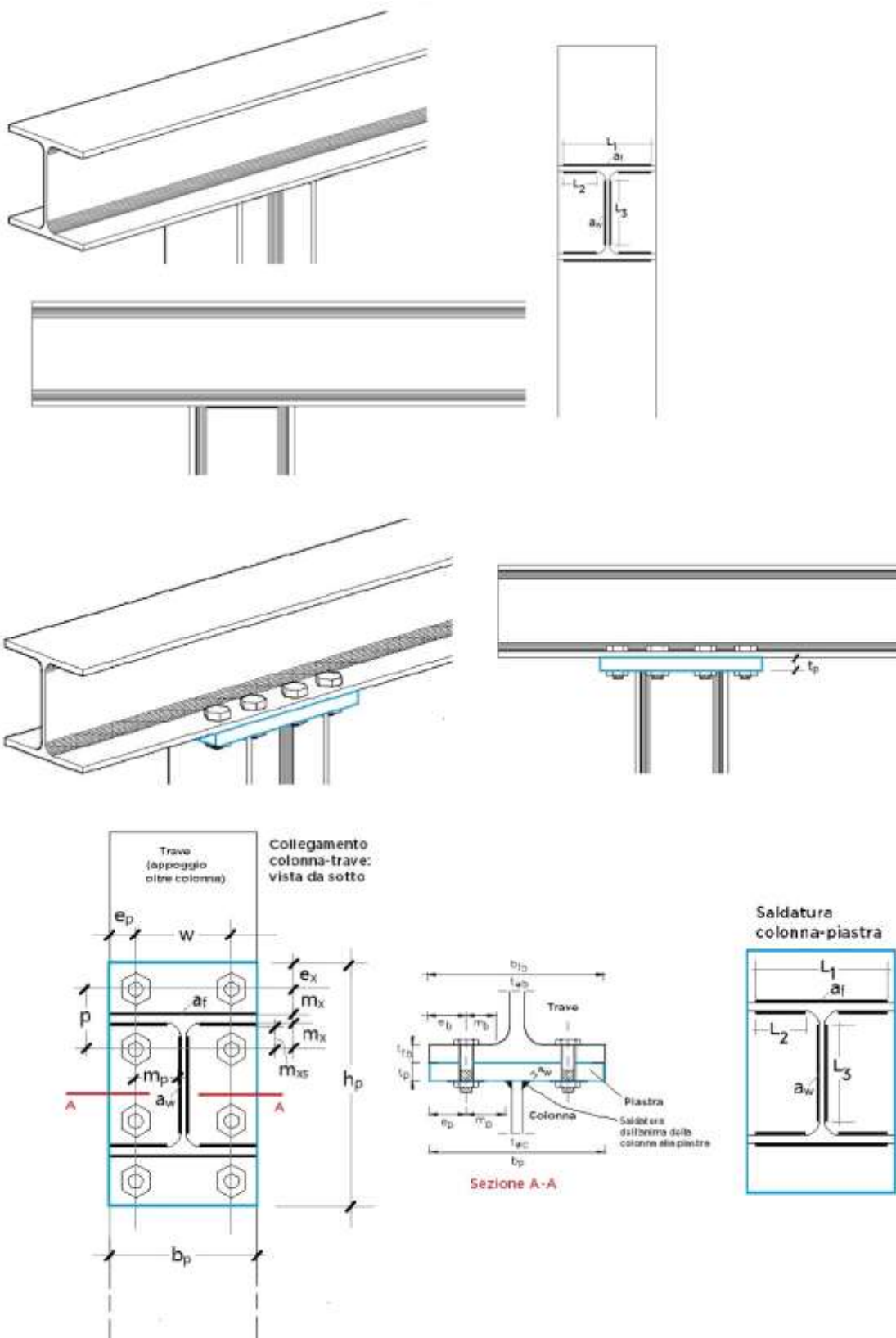
> **Sempre telaio a portale:** esegue l'analisi del telaio prescindendo in ogni caso dal traverso inferiore. Il telaio è schematizzato automaticamente a portale nel caso di traverso inferiore in acciaio con profilo piatto o UPN.

- **Confronto Rigidezza cerchiatura / muratura rimossa:** se selezionato, esegue il confronto diretto tra rigidezza alla traslazione del telaio di cerchiatura e rigidezza del pannello murario tolto. In caso di incertezza sulla perfetta connessione telaio/muratura, la procedura corretta richiede il confronto di rigidezza fra Stato Attuale e Stato di Progetto nell'ambito dell'analisi complessiva della parete, e questo parametro può quindi essere ignorato.

- **massima variazione di Rigidezza** consentita per qualificare l'intervento come Riparazione Locale: determina l'esito della verifica di rigidezza relativamente al confronto diretto fra cerchiatura e muratura rimossa.

GIUNTI

Facendo anzitutto riferimento al caso delle strutture in acciaio, il giunto in sommità (nodo montante - architrave) può essere saldato o bullonato; i corrispondenti parametri dimensionali di riferimento sono riportati nelle figure seguenti.



I parametri in input sono i seguenti:

Vincolamento del nodo di sommità: rotazione impedita (shear-type). E' possibile selezionare questa opzione per schematizzare l'ipotesi di rotazione

nulla nel nodo montante-trave.

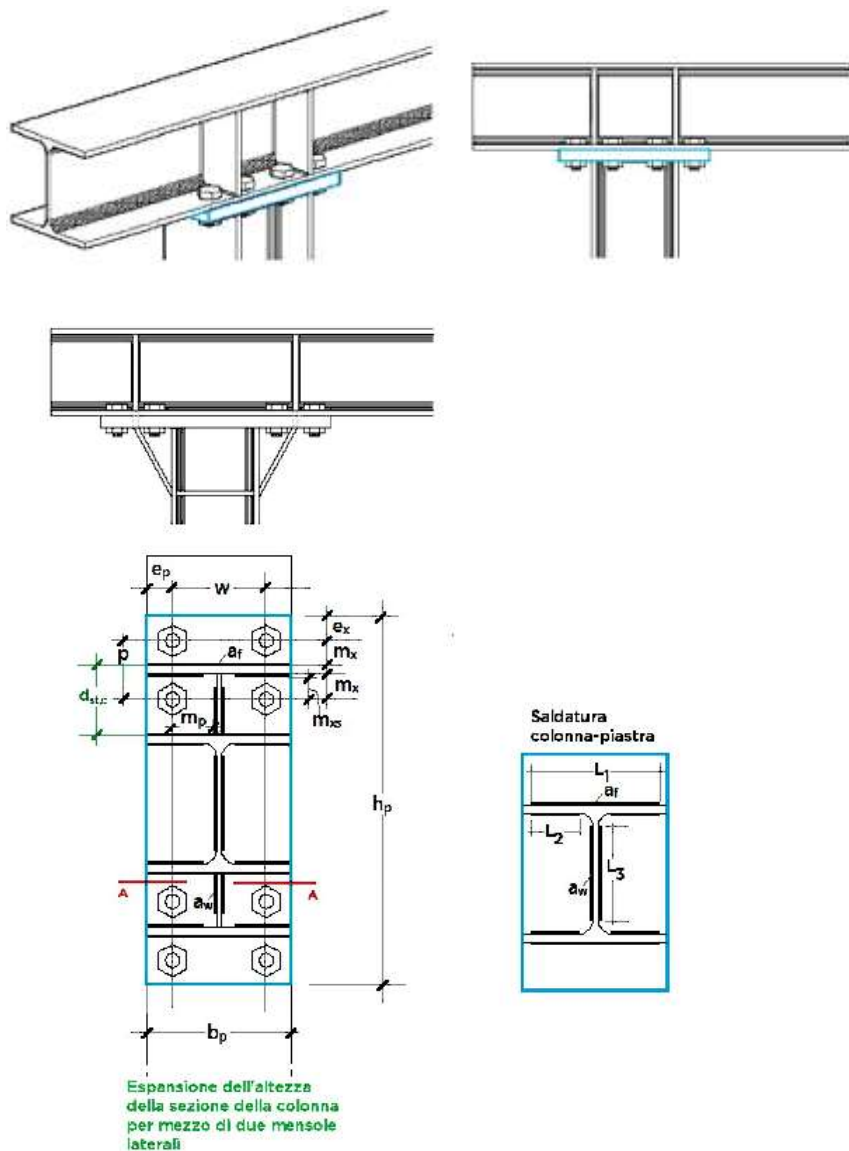
Zone rigide in sommità: possono essere nulle, oppure automaticamente definite dall'intersezione fra montante e architrave, oppure direttamente definite in input.

Tipologia del giunto. E' possibile definire il giunto come saldato o bullonato. I parametri dimensionali assumono ovviamente significato in dipendenza dalla tipologia del giunto. Sono possibili ulteriori opzioni:

> **Irrigidimenti verticali nella trave**

> e, nel caso di irrigidimenti verticali: **Mensole in sommità del montante**

Gli irrigidimenti sono illustrati nelle figure seguenti: anzitutto il caso di soli irrigidimenti verticali nella trave, e successivamente il giunto con mensole in sommità.



Modalità operative con il software Aedes.ACM

Il software ACM elabora la curva di capacità del complesso muratura+cerchiatura considerando il diagramma di comportamento dei maschi e del telaio. Per il telaio, la curva di capacità viene elaborata tramite l'analisi dello schema statico, considerando rigidità, resistenza e capacità deformativa dei suoi componenti: i profili (montante = colonna, architrave = trave, e traverso inferiore in caso di telaio chiuso) ed i collegamenti (= giunti).

Fra le possibili ipotesi di lavoro, è molto importante la modalità con cui viene schematizzato il vincolamento interno del nodo colonna/trave. La rotazione del nodo di sommità colonna-trave può essere considerata nulla a priori (lo schema statico del telaio è piano, e si tratta della rotazione del nodo nel piano verticale).

Questa ipotesi può essere applicata quando vi è un buon ammassamento dell'architrave nella parete, in grado di garantire il **comportamento shear-type** del telaio. In tal caso, il giunto viene classificato trascurando le componenti di base relative alle ali e all'anima della trave e agli irrigidimenti nell'anima della trave.

Fra i risultati dell'elaborazione di calcolo relativa al comportamento della parete in cui è inserito il telaio di cerchiatura, ACM propone il confronto fra il momento resistente dovuto alla reazione della muratura nella zona di ammassamento della trave, e il momento di progetto di nodo corrispondente allo spostamento corrispondente allo stato limite ultimo della parete.

Il comportamento shear-type è garantito quando il momento resistente è superiore al momento di progetto. Si osservi che il momento resistente non dipende solo dal prolungamento della trave nel muro, ma anche dallo spessore della parete e dalla resistenza a compressione della muratura.

Se l'architrave non è prolungata (o non lo è sufficientemente) nel muro adiacente o la resistenza a compressione della muratura nella zona di ammassamento è scarsa, il blocco della rotazione al nodo colonna-trave non è garantito, ed è opportuno evitare l'ipotesi shear-type. In tal caso, al nodo

si consente la rotazione nel piano verticale, e di conseguenza il giunto viene classificato considerando anche le componenti di base relative alla trave.

Si osservi che normalmente nelle strutture intelaiate in acciaio il giunto viene studiato per l'unione fra una colonna e una trave che viene collegata alla colonna, ad es. bullonata attraverso una piastra. Nel caso particolare del telaio di cerchiatura, il nodo si presenta ruotato di 90°, in quanto è la colonna che viene collegata alla trave. La trave attraversa con continuità la sommità della colonna stessa, fino a prolungarsi entro la muratura nella quale si appoggia. Nel caso di un giunto bullonato con piastra, la piastra è saldata in sommità alla colonna, e il collegamento bullonato si realizza attraverso i fori della piastra e quelli predisposti nell'ala della trave. In conseguenza di ciò, le illustrazioni che corredano il testo normativo di riferimento (EuroCodice EN 1993-1-8), riferite al giunto 'trave con piastra/colonna', devono essere pensate ruotate e cioè riferite al giunto 'colonna con piastra/trave'.

Ciò premesso, nel seguito si esamina in dettaglio il comportamento del giunto colonna/trave.

Si considerano telai in acciaio, composti da un profilo di tipologia HE o IPE sia per il montante (=colonna) sia per l'architrave (=trave), tra loro non necessariamente uguali. Il giunto presenta doppia simmetria, a causa della sollecitazione ciclica sismica.

L'analisi del collegamento (giunto) fra colonna e trave consiste nella classificazione del giunto in funzione della rigidezza rotazionale e della capacità portante flessionale.

Classificazione in funzione della rigidezza rotazionale:

1. rigido. Gli elementi sono collegati con continuità: non sono consentite rotazioni relative tra colonna e trave;
2. semi-rigido. Nello schema statico del telaio, al giunto corrisponde una cerniera con molla rotazionale: il giunto consente una rotazione relativa tra colonna e trave e nello stesso tempo trasmette azione flettente;
3. cerniera. Colonna e trave sono collegati con una cerniera interna che consente rotazioni relative senza trasmettere momento flettente.

Classificazione in funzione della capacità portante flessionale:

A. giunto a completo ripristino di resistenza. Il momento resistente del giunto è superiore a quello degli elementi collegati; la cerniera plastica si forma nell'elemento strutturale più debole;

B. giunto a parziale ripristino di resistenza: la cerniera plastica si forma nel giunto. Il giunto deve avere capacità rotazionale sufficiente per consentire lo sviluppo della cerniera plastica;

C. giunto a cerniera: il nodo di collegamento fra colonna e trave non può essere sede di plasticizzazioni.

L'analisi strutturale del telaio di cerchiatura viene effettuata in **condizioni sismiche**.

La normativa vigente, relativamente ai collegamenti di strutture intelaiate nuove in acciaio sottoposte ad azioni sismiche, prescrive che essi siano progettati in modo da possedere una adeguata sovrarresistenza per consentire la formazione delle cerniere plastiche negli elementi collegati (non necessariamente nelle travi, poiché si tratta di telai monopiano: §7.5.4 D.M.17.1.2018). In particolare, il momento resistente del giunto deve essere superiore a $1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot M_{pl,Rd}$, dove $M_{pl,Rd}$ è il momento resistente dell'elemento collegato e γ_{ov} è il coefficiente di sovrarresistenza del materiale (definito in §7.5.1 D.M.17.1.2018, e pari a 1.25 per gli acciai di tipo S235, S275, S355).

Nel caso di comportamento shear-type (nodo di giunto a rotazione nulla), la sovrarresistenza è rispetto alla colonna; se le rotazioni nel nodo sono consentite, la sovrarresistenza è rispetto alla colonna e alla trave. La sovrarresistenza farà sì che la plasticizzazione avvenga nell'elemento collegato prima che nel collegamento (quindi, nel corso dell'analisi elastoplastica del telaio il momento resistente del collegamento non sarà mai raggiunto).

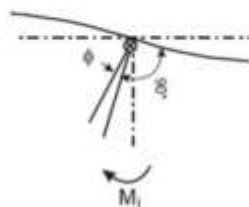
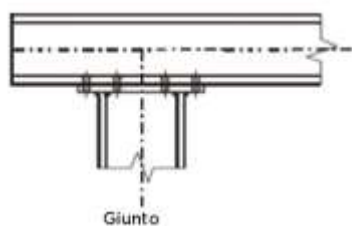
Questa condizione intende conseguire una sufficiente sicurezza nei confronti di azioni di tipo ciclico, quali sono le azioni sismiche. Il giunto, per essere idoneo al progetto antisismico, in base alla classificazione per capacità portante flessionale, dovrà risultare 'a completo ripristino di resistenza': in caso contrario, occorre riprogettarlo.

Aldilà della capacità portante flessionale, la classificazione del giunto in base alla rigidezza consentirà di definire la rigidità del giunto, e nel caso semi-rigido sarà possibile modellarlo attraverso una molla rotazionale. La conoscenza del diagramma di comportamento del giunto permetterà di valutare correttamente resistenza e deformazione sviluppate dal telaio.

Occorre tuttavia osservare che **il telaio di cerchiatura non corrisponde propriamente ad una nuova struttura in acciaio, quanto piuttosto ad una tecnica di intervento su una struttura in muratura entro la quale il telaio è confinato**. Adottare la condizione di sovrarresistenza del giunto per i telai di cerchiatura equivale a scartare soluzioni intermedie che nell'ottica degli interventi su strutture esistenti possono essere considerate valide se comportano un miglioramento del comportamento statico e sismico della struttura nel suo insieme (la parete muraria contenente il telaio di cerchiatura). La scelta più appropriata è quindi considerare le strutture di rinforzo per ciò che sono, valutandone gli effetti sull'intervento: condizione indispensabile è ovviamente considerare le reali rigidezze e resistenze dei componenti strutturali, giunto incluso.

ACM consente la definizione della legge di comportamento del giunto attraverso la sua classificazione per rigidezza e per resistenza; fra i risultati dell'elaborazione, viene evidenziata la sua eventuale sovrarresistenza.

Poiché la curva di capacità del telaio viene definita mediante un'analisi elasto-plastica, sarà possibile adottare per il giunto un comportamento bilineare (elastico-perfettamente plastico), seguendo §5.1.4 EN 1993-1-8.



Modellazione:
giunto semi-rigido
con molla rotazionale

ϕ è la rotazione relativa
fra colonna e trave

Coefficienti di modificazione della rigidezza η

Tipologia di connessione	Collegamenti trave-colonna
Saldata	2
Piastrine di estremità bullonate	2

Alcune configurazioni strutturali di telai di cerchiatura non sono inclusi nella casistica di giunti classificati da ACM:

- telai in acciaio con colonna e/o trave non avente sezione HE o IPE;
- telai misti in acciaio e c.a.;
- telai in c.a.;
- per murature con grande spessore dove la cerchiatura prevede più telai uguali tra loro affiancati: il collegamento colonna/trave viene studiato facendo riferimento al singolo telaio; è necessario che il numero di colonne affiancate sia uguale al numero di travi affiancate.

Nei casi non inclusi nella classificazione automatica, il comportamento del giunto può essere considerato rigido e a completo ripristino della resistenza; è ovviamente opportuna una verifica a parte sulla soluzione strutturale adottata per il nodo. ACM consente comunque l'inserimento diretto in input di rigidezza iniziale e momento resistente del giunto.

Fin qui per quanto riguarda il giunto di sommità della colonna. Per quanto riguarda il giunto di base, ACM consente le seguenti specifiche:

- è possibile assegnare gli stessi valori di rigidezza e resistenza del giunto di sommità (ciò corrisponde al caso in cui la colonna sia collegata al traverso inferiore con identiche modalità con cui viene collegata alla trave);
- in alternativa, si possono specificare direttamente rigidezza e/o resistenza, o qualificare il giunto di base come rigido e/o a completo ripristino, oppure a cerniera.

DATI CERCHIATURA n° 1

Dati cerchiatura n°1, con telaio in acciaio e giunto montante-architrave saldato

GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm], cerchiatura n° 1:

Vano utile $B = 1150$, $H = 2300$

Muratura eliminata $b = 1510$, $h = 2490$

Spessore parete $s = 590$

Muratura rimossa: vincolo in sommità: Rigido (doppio incastro)

Rigidezza alla traslazione di calcolo della muratura rimossa (componente flessionale) $= 12 EJ/h^3$

$M_{base} = F H / 2.000$ - $M_{somm} = F H / 2.000$

MURATURA [N/mm²], cerchiatura n° 1:

Tipologia: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

Modulo di elasticità longitudinale E (N/mm²) $= 870$

Modulo di elasticità tangenziale G (N/mm²) $= 290$

Peso specifico (kN/m³) $= 19.00$

STRUTTURE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 1:

Tipo di acciaio: S 235

E = 210 000 N/mm²
G = 80 769 N/mm²

ARCHITRAVE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 1:

Sezione Architrave: HEB 180 x 3 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre montante: 40 mm.

MONTANTE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 1:

Sezione Montante: HEB 180 x 3 - Verso a inerzia massima

Ancoraggi (per montanti che trasmettono il carico verticale alla muratura adiacente):

- N° di ancoraggi totali per lato del telaio: 4
 - Diametro: 12 mm.
-

TRAVERSO INFERIORE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 1:

Sezione Traverso inferiore: Piatto 160x10 x 3

CARICHI applicati sull'architrave, cerchiatura n° 1:

Distribuito q (kN/m):

Combinazione fondamentale (SLU) = 188.95 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)
Combinazione rara (SLE) = 138.84 (include i coefficienti ψ_0)
Combinazione sismica = 114.54 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico q:

posizione verticale h1 (mm) = 0
limite d'influenza (h1 lim.) (mm) = 1308

Concentrato P (kN):

Combinazione fondamentale (SLU) = 0.00 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)
Combinazione rara (SLE) = 0.00 (include i coefficienti ψ_0)
Combinazione sismica = 0.00 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico P:

posizione verticale h2 (mm) = 0
limite d'influenza (h2 lim.) (mm) = 1558
Posizione orizzontale x' (mm) = 0
limite d'influenza (x' lim.) (mm) = +/- 755

Diffusione dei carichi sovrastanti l'architrave (triangolo d'influenza per la muratura e diffusione del carico concentrato): no

CRITERI di calcolo, cerchiatura n° 1:

Architrave: per verifica di deformabilità (SLE) e di resistenza statica (SLU):

- vincolamento agli estremi: appoggio
- luce di calcolo: corrispondente alla luce netta del vano
- freccia limite: 1 / 500 luce = 1150/500 = 2.3 mm.

Opzioni di calcolo:

- Influenza deformabilità a taglio per l'acciaio: sì
 - Sempre telaio a portale (il telaio è schematizzato automaticamente a portale nel caso di traverso inferiore in acciaio con profilo piatto o UPN): no
 - Per giunti saldati: Verifica con Metodo direzionale (§4.2.8.2.4) nella sezione di gola:
 - nella effettiva posizione
 - con controllo dimensionale della sezione di gola rispetto allo spessore dell'ala dei profili collegati
-

GIUNTI: Sommità, cerchiatura n° 1:

Vincolamento del nodo di sommità: rotazione impedita (shear-type): no

Zone rigide in sommità: automatiche (mm): arch.: 90 - mont.: 90

Tipologia del giunto: Saldato

Irrigidimenti verticali nella trave: sì

Mensole in sommità montante: no

Saldature: sezione di gola (mm): a,f = 6 - a,w = 4

GIUNTI: Base, cerchiatura n° 1:

Rigidezza e Resistenza come giunto di sommità: no

Zone rigide alla base: automatiche (mm): trav.: 90 - mont.: 5

Rigidezza per giunto di base (per singolo montante):

- rigido

Resistenza per giunto di base (per singolo montante):

- completo ripristino

Momento resistente di 1 montante: $M_{pl,c,Rd}$ (kNm) = 107.74

Giunto di base: in caso di parziale ripristino della resistenza:

cerniera se: $M_{j,Rd} < 0.25 M_{c,Rd}$ = 26.94 kNm

DATI CERCHIATURA n° 2

Dati cerchiatura n°2, con telaio in acciaio e giunto montante-architrave saldato

GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm], cerchiatura n° 2:

Vano utile B = 1250, H = 2300

Muratura eliminata b = 1570, h = 2470

Spessore parete s = 560

Muratura rimossa: vincolo in sommità: Rigido (doppio incastro)

Rigidezza alla traslazione di calcolo della muratura rimossa (componente flessionale) = 12 EJ/h³

$M_{base} = F H / 2.000$ - $M_{somm} = F H / 2.000$

MURATURA [N/mm²], cerchiatura n° 2:

Tipologia: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

Modulo di elasticità longitudinale E (N/mm²) = 870

Modulo di elasticità tangenziale G (N/mm²) = 290

Peso specifico (kN/m³) = 19.00

STRUTTURE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 2:

Tipo di acciaio: S 235

E = 210 000 N/mm²

G = 80 769 N/mm²

ARCHITRAVE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 2:

Sezione Architrave: HEB 160 x 3 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre montante: 40 mm.

MONTANTE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 2:

Sezione Montante: HEB 160 x 3 - Verso a inerzia massima

Ancoraggi (per montanti che trasmettono il carico verticale alla muratura adiacente):

- N° di ancoraggi totali per lato del telaio: 4

- Diametro: 12 mm.

TRAVERSO INFERIORE IN ACCIAIO, cerchiatura n° 2:

Sezione Traverso inferiore: Piatto 160x10 x 3

CARICHI applicati sull'architrave, cerchiatura n° 2:

Distribuito q (kN/m):

Combinazione fondamentale (SLU) = 98.64 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)

Combinazione rara (SLE) = 72.66 (include i coefficienti ψ_0)

Combinazione sismica = 64.22 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico q:

posizione verticale h1 (mm) = 0

limite d'influenza (h1 lim.) (mm) = 1360

Concentrato P (kN):

Combinazione fondamentale (SLU) = 0.00 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)

Combinazione rara (SLE) = 0.00 (include i coefficienti ψ_0)

Combinazione sismica = 0.00 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico P:

posizione verticale h_2 (mm) = 0

limite d'influenza (h_2 lim.) (mm) = 1610

Posizione orizzontale x' (mm) = 0

limite d'influenza (x' lim.) (mm) = +/- 785

Diffusione dei carichi sovrastanti l'architrave (triangolo d'influenza per la muratura e diffusione del carico concentrato): no

CRITERI di calcolo, cerchiatura n° 2:

Architrave: per verifica di deformabilità (SLE) e di resistenza statica (SLU):

- vincolamento agli estremi: appoggio

- luce di calcolo: corrispondente alla luce netta del vano

- freccia limite: $1 / 500$ luce = $1250/500 = 2.5$ mm.

Opzioni di calcolo:

- Influenza deformabilità a taglio per l'acciaio: sì

- Sempre telaio a portale (il telaio è schematizzato automaticamente a portale nel caso di traverso inferiore in acciaio con profilo piatto o UPN): no

- Per giunti saldati: Verifica con Metodo direzionale (§4.2.8.2.4) nella sezione di gola:

- nella effettiva posizione

- con controllo dimensionale della sezione di gola

rispetto allo spessore dell'ala dei profili collegati

GIUNTI: Sommità, cerchiatura n° 2:

Vincolamento del nodo di sommità: rotazione impedita (shear-type): no

Zone rigide in sommità: automatiche (mm): arch.: 80 - mont.: 80

Tipologia del giunto: Saldato

Irrigidimenti verticali nella trave: sì

Mensole in sommità montante: no

Saldature: sezione di gola (mm): $a, f = 6$ - $a, w = 4$

GIUNTI: Base, cerchiatura n° 2:

Rigidezza e Resistenza come giunto di sommità: no

Zone rigide alla base: automatiche (mm): trav.: 80 - mont.: 5

Rigidezza per giunto di base (per singolo montante):

- rigido

Resistenza per giunto di base (per singolo montante):

- completo ripristino

Momento resistente di 1 montante: $M_{pl,c,Rd}$ (kNm) = 79.23

Giunto di base: in caso di parziale ripristino della resistenza:

cerniera se: $M_{j,Rd} < 0.25 M_{c,Rd} = 19.81$ kNm

DATI ARCHITRAVE n° 3

Dati Architrave n°3, con travi in acciaio

GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm], architrave n° 3:

Vano utile $B = 1900$, $H = 2300$

Muratura eliminata $b = 1900$, $h = 2460$

Spessore parete $s = 590$

Muratura rimossa: vincolo in sommità: Rigido (doppio incastro)

Rigidezza alla traslazione di calcolo della muratura rimossa (componente flessionale) = $12 EJ/h^3$

$M_{base} = F H / 2.000$ - $M_{somm} = F H / 2.000$

MURATURA [N/mm²], architrave n° 3:

Tipologia: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

Modulo di elasticità longitudinale E (N/mm²) = 870
Modulo di elasticità tangenziale G (N/mm²) = 290
Peso specifico (kN/m³) = 19.00

STRUTTURE IN ACCIAIO, architrave n° 3:

Tipo di acciaio: S 235

$E = 210\,000$ N/mm²

$G = 80\,769$ N/mm²

ARCHITRAVE IN ACCIAIO, architrave n° 3:

Sezione Architrave: HEB 160 x 3 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre montante: 300 mm.

CARICHI applicati sull'architrave, architrave n° 3:

Distribuito q (kN/m):

Combinazione fondamentale (SLU) = 50.16 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)

Combinazione rara (SLE) = 36.07 (include i coefficienti ψ_0)

Combinazione sismica = 23.50 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico q :

posizione verticale h_1 (mm) = 0

limite d'influenza (h_1 lim.) (mm) = 1645

Concentrato P (kN):

Combinazione fondamentale (SLU) = 0.00 (include i coefficienti $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$)

Combinazione rara (SLE) = 0.00 (include i coefficienti ψ_0)

Combinazione sismica = 0.00 (include i coefficienti ψ_2)

- posizione del carico P :

posizione verticale h_2 (mm) = 0

limite d'influenza (h_2 lim.) (mm) = 1895

Posizione orizzontale x' (mm) = 0

limite d'influenza (x' lim.) (mm) = +/- 950

Diffusione dei carichi sovrastanti l'architrave (triangolo d'influenza per la muratura e diffusione del carico concentrato): no

CRITERI di calcolo, architrave n° 3:

Architrave: per verifica di deformabilità (SLE) e di resistenza statica (SLU):

- vincolamento agli estremi: appoggio

- luce di calcolo: corrispondente alla luce netta del vano

- freccia limite: $1 / 500$ luce = $1900/500 = 3.8$ mm.

Opzioni di calcolo:

- Influenza deformabilità a taglio per l'acciaio: sì

- Sempre telaio a portale (il telaio è schematizzato automaticamente a portale nel caso di traverso inferiore in acciaio con profilo piatto o UPN): no

- Per giunti saldati: Verifica con Metodo direzionale (§4.2.8.2.4) nella sezione di gola:
- nella effettiva posizione

GIUNTI: Sommità, architrave n° 3:

Vincolamento del nodo di sommità: rotazione impedita (shear-type): no

Zone rigide in sommità: automatiche (mm): arch.: 0 - mont.: 0

Tipologia del giunto: Saldato

Irrigidimenti verticali nella trave: no

Mensole in sommità montante: no

Saldature: sezione di gola (mm): $a, f = 6$ - $a, w = 4$

Rigidezza per giunto di sommità non classificato :

- rigido

Resistenza per giunto di sommità non classificato :

- completo ripristino

GIUNTI: Base, architrave n° 3:

Rigidezza e Resistenza come giunto di sommità: no

Zone rigide alla base: automatiche (mm): trav.: 0 - mont.: 0

Rigidezza per giunto di base :

- rigido

Resistenza per giunto di base :
- completo ripristino

Dati PARETI

I dati Pareti sono relativi allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto. Per ognuna delle due configurazioni, sono raggruppati nel seguente modo: Geometria, Muratura, Carichi, Aperture-Maschi. Criteri di calcolo e grafici completano i dati.

GEOMETRIA

Dimensioni parete: larghezza **B**, spessore **s**, altezza iniziale (**H_i**) e finale (**H_f**), **colmo:** distanza da **sx** e **altezza** = dimensioni globali della parete. La parete può essere piena oppure contenere fori definiti dalla scheda Aperture/Maschi. Lo spessore è considerato costante in elevazione. Nei calcoli di elaborazione, per ogni maschio murario saranno considerati i propri dati geometrici, derivanti direttamente dalla scomposizione della parete globale oppure opportunamente modificati.

Piano della parete (1=imposta sulle fondazioni), Quota di base della parete Z, Parete in direzione X = informazioni sulla posizione della parete nell'edificio.

Vincolo in sommità della parete muraria = tipo di vincolamento della parete. Si distinguono due casi notevoli: rigido (doppio incastro) e flessibile (mensola), che determinano rispettivamente un valore del coefficiente di rigidità alla traslazione (componente flessionale) pari a 12 e 3. E' possibile definire un valore intermedio (semincastro in sommità). In corrispondenza del tipo di vincolamento, vengono espressi i valori dei momenti determinati da una forza orizzontale alla base e in sommità del muro. Nei calcoli di elaborazione, per ogni maschio sarà considerato il proprio vincolamento, derivante direttamente dal vincolo della parete globale oppure opportunamente modificato.

Per quanto riguarda eventuali **cerchiature** inserite all'interno della parete (tramite la definizione nella scheda Aperture/Maschi), ACM considera la corrispondente curva di capacità, caratterizzata da una rigidità elastica iniziale, e da successivi degni dipendenti dalle possibili crisi (momenti e tagli nelle aste e/o nei giunti). Nel caso di giunto semi-rigido lo schema risolutivo del telaio di cerchiatura, che può essere chiuso o a portale, contiene un vincolamento interno a molla rotazionale.

MURATURA

Tipologia = descrizione di identificazione del tipo di materiale costituente la parete.

Parametri rappresentativi del materiale: resistenza media a taglio e a compressione; moduli di elasticità di Young **E** e tangenziale **G**; fattore di confidenza **F_c**; peso specifico.

Il **fattore di Confidenza F_c** dipende dal Livello di Conoscenza ed è finalizzato alla riduzione cautelativa delle resistenze di progetto. $F_c=1.35$ per LC1, 1.20 per LC2 e 1.00 per LC3 (§C8.5.4 Circ.7 del 21.1.2019). La Circ.26 del 2.12.2010 sui beni monumentali (in §4.2) prevede la possibilità di diversi valori di **F_c**, in ogni caso compresi fra 1.00 e 1.35, composti da vari contributi (fattori di confidenza parziali).

Nei dati dei singoli maschi murari vengono indicati i dati sulla muratura che lo costituisce (parametri meccanici, fattore di confidenza).

CARICHI

Nella scheda Carichi viene specificata la risultante **P_{somm}** dei carichi agenti **globalmente** sulla sommità della parete muraria, risultante dai pesi propri delle pareti sovrastanti e dai solai dei vari livelli. A **P_{somm}** corrispondono - attraverso una ripartizione eseguita in base alle dimensioni in pianta, ossia all'area di influenza - i carichi **P_i** agenti sulla sommità dei singoli maschi (Dati Maschi, in scheda Aperture-Maschi). I carichi **P_i** specificati nei Dati Maschi sono utilizzati nell'analisi statica e sismica e possono essere modificati dall'Utente. Nei calcoli di elaborazione, per ogni maschio saranno considerati i propri carichi, derivanti direttamente dai carichi della parete globale oppure opportunamente modificati.

Il carico in sommità della parete si distingue in due tipologie:

- **P_{somm}** per Analisi Statica (Combinazione fondamentale, SLU); il valore specificato include i coefficienti moltiplicativi: $\gamma_G, \gamma_Q, \psi_0$;
- **P_{somm}** per Analisi Sismica (Combinazione sismica); il valore specificato include i coefficienti moltiplicativi: ψ_2 .

APERTURE E FASCE

Per ogni **apertura** prevista nella parete muraria:

Dimensioni d, z = distanza dell'apertura dal bordo sinistro e inferiore della parete.

Dimensioni B, H = larghezza e altezza dell'apertura.

Queste dimensioni si riferiscono sempre al **vano netto (vuoto) dell'apertura anche in presenza di cerchiatura**. Non includono quindi gli ingombri dei montanti, dell'architrave e del traverso inferiore dell'eventuale cerchiatura; l'ingombro della cerchiatura viene gestito automaticamente da ACM, e di tale ingombro si tiene conto nella definizione dei maschi murari, sempre considerati al netto delle strutture della cerchiatura.

Cerchiatura n° = se presente, indica il tipo di telaio previsto per l'apertura.

Ad ogni apertura corrisponde una fascia muraria soprastante.

Per ogni apertura con cerchiatura è possibile specificare se il **carico applicato sull'architrave** e di conseguenza sui montanti viene **trasferito o meno ai maschi murari adiacenti** (la capacità di trasferimento del carico dal montante alla muratura adiacente viene controllata attraverso le verifiche a taglio degli ancoraggi di collegamento).

E' possibile considerare la **resistenza della fascia** sopra l'apertura ai fini delle capacità dei maschi su cui la fascia si imposta.

Viene definita la muratura costitutiva della fascia, assimilata ad uno dei due maschi adiacenti.

La resistenza di calcolo può essere calcolata mediante la **capacità a pressoflessione** e/o la **capacità a taglio**.

Per la capacità a pressoflessione si può considerare la presenza di un elemento teso, la cui resistenza è definita in input anche a partire dall'eventuale architrave di cerchiatura. In caso di resistenza a trazione dell'elemento teso nulla (il che significa che non si considera la presenza di un **elemento orizzontale resistente a trazione accoppiato alla fascia**), la capacità della fascia è nulla in caso di muratura irregolare, ed è invece calcolabile secondo le relazioni proposte dalla Circ.7 del 21.1.2019 in §C8.7.1.3.1.1 [C8.7.1.15] in caso di muratura regolare.

MASCHI

Per ogni **maschio murario** presente nella parete, la cui base è definita dalle aperture limitrofe, sono definiti i dati su:

geometria (base B, altezza H, zone rigide inferiore e superiore, spessore s),

vincolamento (componente flessionale di rigidezza x: $K = xEJ/h^3$),

carichi (sforzo normale agente in sommità P per stato limite ultimo (combinazione fondamentale) e per combinazione sismica; questo valore non include il peso proprio del maschio e delle fasce adiacenti, che ACM valuterà automaticamente);

tensioni di precompressione orizzontale e verticale;

materiali (tipologia, fattore di confidenza, resistenza media a taglio e a compressione, moduli di elasticità longitudinale E e tangenziale G, peso specifico). Questi dati possono derivare direttamente dal riferimento alla parete globale oppure essere stati opportunamente modificati in modo da rappresentare correttamente le disomogeneità presenti nella parete nel suo complesso.

Ad ogni maschio è possibile attribuire **fattori correttivi alle resistenze e/o ai moduli elastici**, secondo quanto illustrato in §C8.5.3.1 della Circ.7 del 21.1.2019; vengono inoltre definite le capacità di spostamento a taglio e a pressoflessione come **drift** ossia deformazione angolare limite facendo fa riferimento all'altezza deformabile del maschio.

E' inoltre possibile **definire le verifiche da svolgere** per il maschio: pressoflessione complanare (alla base e in sommità della luce deformabile del pannello) e/o taglio per scorrimento (in sommità e alla base della luce deformabile) e/o taglio per fessurazione diagonale (a metà altezza della luce deformabile) con formulazione sia semplificata [C8.7.1.16], associabile sia alle murature irregolari che alle regolari, e, in caso di muratura regolare, con formulazione [C8.7.1.17] corrispondente al meccanismo di taglio a "scaletta".

E' possibile definire **maschi murari contigui**, al fine di rappresentare correttamente variazioni sui propri parametri di materiale, carico, vincolo: tale configurazione può essere ottenuta utilizzando il comando di suddivisione di un maschio originario. I maschi contigui sono divisi da una linea di 'apertura' convenzionale (di dimensioni millimetriche). Attraverso un apposito parametro, è possibile **assemblare la loro rigidezza flessionale**, amplificando il momento d'inerzia di ogni singolo maschio (e quindi la sua rigidezza flessionale), in modo tale che la somma delle inerzie dei maschi sia pari all'inerzia del maschio assemblato. Indicando con: s_i lo spessore della parete, b_i la base del singolo maschio da assemblare, s e b : spessore e base del maschio complessivo, il coefficiente amplificativo è pari a: $[sb^3 / \sum(s_i b_i^3)]$, con: $b = \sum(b_i)$, $s = \sum(s_i b_i) / b$.

Comandi interni ad ACM agevolano, in fase di input, la definizione di **zone rigide** dei maschi murari competenti ad alcune opzioni notevoli: (1) secondo angoli di diffusione a 30° e tenendo conto degli spigoli di porte e finestre; (2) zone rigide corrispondenti esattamente alle intersezioni geometriche fra maschi e fasce limitrofe; (3) zone rigide nulle; (4) zone rigide personalizzate:

E' inoltre possibile controllare che le zone rigide non superino (1/3) dell'altezza del maschio.

In ogni caso, le zone rigide effettivamente utilizzate nei calcoli sono quelle specificate negli appositi campi dei Dati Maschi.

NICCHIE

E' possibile considerare gli effetti di **nicchie e cavità** ai fini della verifica di sicurezza delle pareti murarie con aperture.

Questi indebolimenti locali hanno in genere piccole dimensioni, e spesso ospitano impianti. Dove è possibile chiuderle, è preferibile ripristinare la piena continuità della tessitura muraria; in ogni caso, è opportuno considerare l'indebolimento dei maschi murari.

Non si tratta di vere e proprie aperture, e quindi la loro presenza non determina la scomposizione in ulteriori distinti maschi murari: una nicchia, semplicemente, indebolisce la prestazione meccanica del maschio, attraverso una riduzione della sezione resistente.

Nelle murature nuove la realizzazione di tracce e nicchie segue regole specifiche indicate dall'EuroCodice 6, fondate sulla riduzione della sezione resistente.

Il caso degli edifici in muratura esistenti è ben diverso, in quanto le cavità possono avere le più varie dimensioni ed occorre stabilire un algoritmo che rispetta il criterio di riduzione della sezione resistente adeguandolo alla verifica di capacità svolta per la parete muraria esistente.

In ACM, in caso di presenza di nicchie, definite attraverso i dati specifici, ogni maschio viene scansionato orizzontalmente alle sue diverse quote, individuando la sezione resistente più piccola determinata dall'intercettazione di una o più nicchie. In conseguenza di ciò, i parametri meccanici del maschio (rigidezza, forza ultima) subiscono una modifica peggiorativa.

Con ACM è possibile valutare l'effetto di indebolimento delle nicchie e, con un ragionamento inverso, il miglioramento conseguibile attraverso la chiusura di una o più nicchie.

Per ogni **nicchia o cavità** prevista nella parete muraria:

Dimensioni d, z = distanza dell'apertura dal bordo sinistro e inferiore della parete.

Dimensioni B, H = larghezza e altezza della nicchia o cavità.

rientr. = rientranza della nicchia (minore dello spessore murario) o della cavità (rientranza uguale allo spessore murario).

CRITERI

§C8.7.4.1 Circ.7 del 21.1.2019: "nel caso di realizzazione di nuove aperture in pareti esistenti, per far fronte alla diminuzione della capacità resistente della parete e all'aumento della sua deformabilità, può essere necessario prevedere rinforzi in grado di collaborare con la muratura esistente attraverso opportune connessioni ripristinando, per quanto possibile, la condizione dell'intera parete in atto prima della realizzazione dell'apertura".

Criteri per **classificazione dell'intervento come Riparazione Locale**:

- **massima variazione di Rigidezza** (in %): il valore definisce la variazione di rigidezza. Secondo gli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, tale variazione è pari a +/- 15%. E' comunque possibile specificare un diverso valore in input.

- **controllo di incremento di Resistenza**: con massimo incremento di Resistenza (in %). Il parametro, attualmente non quantificato da norme od orientamenti interpretativi, può essere utilizzato come riferimento per definire un intervento in grado di non modificare in modo sostanziale il comportamento strutturale della parete.

Per verifica di sicurezza: confronto (Stato di Progetto / Stato Attuale) anche per:

- **Capacità di spostamento allo Stato Limite di Danno (SLD)**

Questo parametro estende la verifica sismica di capacità di spostamento nel campo degli Stati di Esercizio oltre che per gli Stati Ultimi.

Per completare il confronto tra Stato Attuale e Stato di Progetto può essere infatti opportuno valutare non solo la capacità di spostamento per SLV ma anche quella per SLD: conformemente ai più recenti sviluppi normativi, il punto SLD viene individuato sulla curva di capacità della parete attraverso lo spostamento minimo fra quello che segna il raggiungimento della forza ultima da parte di tutti i maschi murari della parete e quello che corrisponde al limite elastico del sistema bilineare equivalente calcolato considerando la curva di capacità fino a SLV.

La verifica per SLD implica automaticamente la verifica elastica per SLO, in quanto SLO è definibile considerando uno spostamento pari a (2/3) di quello per SLD; di conseguenza, il risultato dato dal rapporto tra spostamenti di Progetto e Attuale per SLD coincide con il risultato per SLO (la verifica di sicurezza è contemporaneamente soddisfatta oppure no per entrambi SLO e SLD).

- Energia dissipata

Nel documento della Regione Emilia-Romagna: "Comitato Tecnico Scientifico, Riunione 12/01/2012, Seduta n. 11: Parere in merito alla classificazione degli interventi di formazione e/o modifica di aperture in pareti murarie", viene evidenziata l'importanza del coefficiente di sicurezza sull'energia dissipata: "(...) Si ritiene che gli interventi di formazione e/o modifica di aperture siano classificabili come "locali" qualora interessino una "singola parte" e si dimostri, anche ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali, che: (i) la rigidità della parte interessata non cambi significativamente, tenuto conto anche del comportamento in campo anelastico; (ii) resistenza e capacità di deformazione della parte interessata non peggiorino, anche in campo anelastico; (iii) non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme. (...) Il confronto, tra lo stato di fatto e quello di progetto della "singola parte", deve prendere in considerazione anche il comportamento in campo anelastico, comparando i diagrammi forza-spostamento in uno o più (ove appropriato) punti di controllo; la dimostrazione di cui al punto (i) sopra riportato potrà essere condotta confrontando la rigidità elastica iniziale oppure una "rigidità equivalente", ad esempio in termini di "energia di deformazione" (area sottesa alla curva forza-spostamento, con riferimento allo spostamento ultimo allo stato di fatto)."

Maschi snelli trascurabili = questi parametri consentono di evitare di considerare il contributo resistente alle azioni orizzontali di componenti murarie troppo snelle per essere in grado di garantire un'adeguata resistenza alle sollecitazioni di taglio e di pressoflessione.

Resistenza a taglio per scorrimento calcolata in sommità = questa opzione consente il calcolo del taglio resistente per scorrimento a favore di sicurezza, facendo riferimento alla sezione in condizioni più sfavorevoli (massima parzializzazione, in quanto in sommità si ha lo stesso momento della base ma sforzo normale minore).

Per la generazione della curva di capacità, in presenza di telai di cerchiatura, un'apposita opzione consente di **ignorare la parte oltre il massimo spostamento dei maschi murari**. E' infatti possibile che nel comportamento in parallelo dei maschi e della cerchiatura, la curva di capacità del telaio presenti spostamenti maggiori dei massimi spostamenti dei maschi murari; nell'ambito di un comportamento d'insieme delle strutture può essere opportuno ignorare spostamenti del telaio oltre lo spostamento massimo della muratura.

Massa Sismica: metà altezza parete = consente la valutazione della forza sismica corrispondente al carico verticale includendo solo metà peso proprio. Ciò equivale a ritenere non idoneo pensare agente la forza sismica totale (corrispondente a tutto il peso: carico in sommità + peso proprio completo) sulla sommità della parete, ipotizzando che metà fascia (metà peso proprio di parete) sia solidarizzata con il vincolo di base. Questa opzione influisce sul calcolo dell'oscillatore monodimensionale bilineare equivalente e quindi sulla valutazione della PGA sostenibile. Tali calcoli vengono presi in considerazione solo nei casi di Intervento di Miglioramento, mentre restano di fatto ininfluenti ai fini dello studio delle Riparazioni Locali.

Coeff. parziale di sicurezza dei materiali (**gamma**), **M in Analisi Statica** = è possibile specificare un valore compreso fra 2.0 e 3.0, in accordo con quanto indicato in §4.5.6.1.

Comportamento dei maschi murari. Rigidità:

per la curva di comportamento dei singoli maschi murari, sono possibili le seguenti opzioni:

> **bilineare**: nessuna modifica a E,G in input;

> **bilineare**, con riduzione di E,G pari al 50%;

> **trilineare**, con riduzione di E,G pari al 50% dopo la parzializzazione.

Le riduzioni per rigidità fessurata sono applicate in fase di analisi (non nei dati in input dei maschi murari).

La rigidità fessurata è considerata rappresentativa della parzializzazione delle sezioni che per i maschi murari avviene sotto momenti dovuti alle azioni orizzontali. Le sezioni dei pannelli murari possono condurre a verifica di resistenza soddisfatta, anche se sono parzialmente reagenti. In tali condizioni non si ha plasticizzazione, ma la rigidità della sezione deve essere ridotta.

Questo comportamento è efficacemente schematizzato con la legge trilineare, in grado di descrivere il passaggio dalla fase elastica alla fase fessurata e infine alla fase plastica; la legge trilineare è quindi maggiormente rappresentativa del fenomeno di riduzione della rigidità per fessurazione rispetto all'ipotesi di applicazione della riduzione del 50% ai valori iniziali dei moduli elastici.

Seguendo la legge trilineare, la curva di capacità del maschio murario è caratterizzata inizialmente dalla rigidità elastica. Appena si manifesta la parzializzazione, viene applicata la rigidità fessurata (pari al 50%). In seguito si gestiscono le plasticizzazioni a taglio e pressoflessione, attraverso l'analisi delle resistenze di progetto. In definitiva, la curva di comportamento non-lineare parte dalla rigidità elastica, e la fessurata entra in gioco solo al momento della parzializzazione.

Questo tipo di comportamento non lineare è coerente con la normativa europea: EuroCodice EC8-1 (UNI EN 1998-1:2005), che in §4.3.3.4.1(2), relativamente ai metodi non lineari, recita:

"Come minimo, si raccomanda di utilizzare una relazione bilineare forza-deformazione a livello dell'elemento. In edifici di calcestruzzo e di muratura, si raccomanda che la rigidità elastica di una relazione bilineare forza-deformazione corrisponda a quella di sezioni fessurate. In elementi duttili, attesi esibire escursioni in campo plastico durante la risposta, si raccomanda che la rigidità elastica di una relazione bilineare sia la rigidità secante al punto di snervamento. Sono permesse **relazioni trilineari** forza-deformazione, che tengono conto di rigidità prima della fessurazione e dopo la fessurazione."

Con l'introduzione del comportamento trilineare, ACM implementa quindi in modo completo il comportamento descritto dall'EuroCodice, fermo restando che la legge bilineare resta ancora applicabile semplicemente effettuando la corrispondente selezione in input, con rigidità elastiche oppure fessurate (ridotte del 50%).

Comportamento dei maschi murari. Spostamento ultimo:

per la curva di comportamento dei maschi murari, relativamente allo spostamento ultimo (spostamento al termine del tratto plastico) sono possibili le seguenti opzioni:

> **drift** su luce deformabile;

> drift su altezza di interpiano.

La modalità di determinazione dello **spostamento ultimo in base al limite di deformazione angolare** (drift, pari al rapporto tra spostamento orizzontale e altezza dell'elemento strutturale) viene indicata nella Normativa vigente (D.M. 17.1.2018, §7.8.2.2.1 e §7.8.2.2.2; Circ.7 del 21.1.2019: §C8.7.1.3.1.1), ed in generale viene fatto riferimento alla luce deformabile, in quanto lo spostamento deve essere valutato al netto di moti rigidi.

Muratura: Resistenze, Fattori di Confidenza:

In Analisi Statica: si applicano i valori in input per ogni singolo maschio murario.

In Analisi Sismica (confronti fra Stato Attuale e Stato di Progetto), si possono utilizzare in alternativa:

- Valori delle resistenze, con applicazione di FC, così come definiti in input

- Valori medi delle resistenze, senza l'applicazione di FC (indipendentemente dai valori in input), secondo quanto indicato nei documenti di riferimento:

Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico: Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti; Regione Emilia-Romagna: Comitato Tecnico Scientifico, Riunione 12/01/2012, Seduta n. 11:

Parere in merito alla classificazione degli interventi di formazione e/o modifica di aperture in pareti murarie.

Analisi Sismica: criterio di individuazione dello Stato Limite Ultimo. In analisi sismica secondo D.M. 14.1.2008, può inoltre essere specificato il **criterio** con cui si definisce lo **Stato Limite Ultimo** secondo la riduzione della forza non superiore al 20% del massimo. Il punto di definizione dello Stato Limite Ultimo influisce sul calcolo dell'oscillatore elastoplastico monodimensionale equivalente, e quindi sulla valutazione della PGA sostenibile. Ciò è rilevante solo nei casi di Intervento di Miglioramento, mentre è ininfluente ai fini dello studio delle Riparazioni Locali.

DATI PARETE n° 1

STATO ATTUALE parete n° 1

Dati parete n.1 in Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari), LC1.
Stato Attuale

GEOMETRIA E VINCOLI (Stato Attuale) [lunghezze in mm], parete n° 1:

Lunghezza B = 5880

Spessore s = 590

Altezze: iniziale (sx) Hi = 3400

finale (dx) Hf = 3400

colmo: distanza da sx = 0

altezza = 3400

Direzione : X

Piano della parete (1 = impostata sulle fondazioni): 1

Quota di base Z = 0

MURATURA (Stato Attuale) [N/mm²], parete n° 1:

la descrizione del materiale murario ed i corrispondenti parametri meccanici vengono in seguito specificati per ogni singolo maschio murario.

MASCHI MURARI (Stato Attuale), parete n° 1:

B, H, Hcalc, s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

Vincolo in sommità: coefficiente x di rigidezza alla traslazione (componente flessionale): $K = x \cdot EJ/h^3$

Psomm (kN) = carico in sommità del maschio: Comb.fondamentale (SLU), e Comb.sismica (Sism)

f_m, τ_o, f_{v0}, f_b, μ, φ, E, G (N/mm²) = parametri meccanici della muratura

1) B = 5880, H = 3400, S = 590

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3400

P_{somm} (SLU) = 992.66, P_{somm} (Sism) = 545.87

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F_C = 1.350

- resistenza media a compressione f_m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Criterio di definizione delle zone rigide:

- da diffusione a 30°

In ogni caso, le zone rigide utilizzate nell'analisi, sono quelle definite nei dati dei maschi murari, sopra riportate.

STATO DI PROGETTO parete n° 1

Dati parete n.1 in Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari), LC1.
Stato di Progetto, con un'apertura con cerchiatura di tipo 1.

GEOMETRIA E VINCOLI (Stato di Progetto) [lunghezze in mm], parete n° 1:

Lunghezza B = 5880
Spessore s = 590
Altezze: iniziale (sx) Hi = 3400
 finale (dx) Hf = 3400
colmo: distanza da sx = 0
 altezza = 3400
Direzione : X
Piano : 1
Quota di base Z = 0

MURATURA (Stato di Progetto) [N/mm²], parete n° 1:

la descrizione del materiale murario ed i corrispondenti parametri meccanici
vengono in seguito specificati per ogni singolo maschio murario.

APERTURE (Stato Attuale), parete n° 1:

d, z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B, H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

In caso di verifica della fascia:

- muratura costitutiva, resistenza a trazione dell'elemento teso (ove presente)

1) d = 2430, z = 100; B = 1150, H = 2300 - Arch. n°:1

Il carico della fascia non viene distribuito sui maschi murari adiacenti

MASCHI MURARI (Stato di Progetto), parete n° 1:

B, H, Hcalc, s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

Vincolo in sommità: coefficiente x di rigidezza alla traslazione (componente flessionale): $K = x \text{ EJ/h}^3$

P_{somm} (kN) = carico in sommità del maschio: Comb.fondamentale (SLU), e Comb.sismica (Sism)

f_m, τ_o , f_{v0}, f_b, μ , ϕ , E, G (N/mm²) = parametri meccanici della muratura

1) B = 2250, H = 3400, S = 590

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 34, Zona rigida sup. = 305, Hcalc = 3061

P_{somm} (SLU) = 351.00, P_{somm} (Sism) = 207.47

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F,C = 1.350

- resistenza media a compressione f_m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

2) B = 2120, H = 3400, S = 590

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 34, Zona rigida sup. = 312, Hcalc = 3054

P_{somm} (SLU) = 330.84, P_{somm} (Sism) = 195.55

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F,C = 1.350

- resistenza media a compressione f_m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Assemblaggio rigidezza flessionale per maschi contigui: no

Criterio di definizione delle zone rigide:

- da diffusione a 30°

In ogni caso, le zone rigide utilizzate nell'analisi, sono quelle definite nei dati dei maschi murari, sopra riportate.

CRITERI di calcolo, parete n° 1:

Criteri per classificazione dell'intervento come Riparazione Locale:

Variazioni consentite (%):

Rigidezza: - 15%, + 15%

Resistenza: non deve peggiorare

Capacità di spostamento per SLV: non deve peggiorare

Maschi snelli trascurabili (non reagenti) per $(H/B) > 3$: no

Maschi snelli trascurabili (non reagenti) per $B \text{ (mm)} < 500$: no

Resistenza a taglio per scorrimento calcolata in sommità: no

In presenza di telai di cerchiatura: ignorare curva di capacità oltre massimo spostamento dei maschi murari: sì

Massa Sismica: metà altezza parete: sì

Coeff. parziale di sicurezza per i materiali in Analisi Statica: $(\gamma), M = 2$

Comportamento dei maschi murari:

- Rigidezza:

Bilineare, con riduzione di E,G pari al 50% (rigidezza fessurata applicata non nei dati in input dei maschi murari ma nell'analisi)

- Spostamento ultimo: drift su luce deformabile

Muratura: Resistenze, Fattori di Confidenza:

In Analisi Statica: si applicano i valori in input per ogni singolo maschio murario.

In Analisi Sismica (confronti fra Stato Attuale e Stato di Progetto), si utilizzano:

- Valori delle resistenze, con applicazione di FC, così come definiti in input

SLU) Riduzione della forza non superiore al 20% del massimo

Criterio adottato:

- Prima riduzione del 20% rispetto al massimo assoluto

DATI PARETE n° 2

STATO ATTUALE parete n° 2

Dati parete n.2 in Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari), LC1.
Stato Attuale

GEOMETRIA E VINCOLI (Stato Attuale) [lunghezze in mm], parete n° 2:

Lunghezza B = 9650

Spessore s = 560

Altezze: iniziale (sx) H_i = 3550

finale (dx) H_f = 3550

colmo: distanza da sx = 0

altezza = 3550

Direzione : X

Piano della parete (1 = impostata sulle fondazioni): 2

Quota di base Z = 3500

MURATURA (Stato Attuale) [N/mm²], parete n° 2:

la descrizione del materiale murario ed i corrispondenti parametri meccanici vengono in seguito specificati per ogni singolo maschio murario.

MASCHI MURARI (Stato Attuale), parete n° 2:

B, H, Hcalc, s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

Vincolo in sommità: coefficiente x di rigidezza alla traslazione (componente flessionale): $K = x \text{ EJ/h}^3$

Psomm (kN) = carico in sommità del maschio: Comb.fondamentale (SLU), e Comb.sismica (Sism)

fm, τ_o , fv0, fb, μ , ϕ , E, G (N/mm²) = parametri meccanici della muratura

1) B = 9650, H = 3550, S = 560

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3550

P,somm (SLU) = 739.06, P,somm (Sism) = 462.41

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F,C = 1.350

- resistenza media a compressione f,m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Criterio di definizione delle zone rigide:

- da diffusione a 30°

In ogni caso, le zone rigide utilizzate nell'analisi, sono quelle definite nei dati dei maschi murari, sopra riportate.

STATO DI PROGETTO parete n° 2

Dati parete n.2 in Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari), LC1. Stato di Progetto, con un'apertura con cerchiatura di tipo 2.

GEOMETRIA E VINCOLI (Stato di Progetto) [lunghezze in mm], parete n° 2:

Lunghezza B = 9650

Spessore s = 560

Altezze: iniziale (sx) Hi = 3550

finale (dx) Hf = 3550

colmo: distanza da sx = 0

altezza = 3550

Direzione : X

Piano : 2

Quota di base Z = 3500

MURATURA (Stato di Progetto) [N/mm²], parete n° 2:

la descrizione del materiale murario ed i corrispondenti parametri meccanici vengono in seguito specificati per ogni singolo maschio murario.

APERTURE (Stato Attuale), parete n° 2:

d, z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B, H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

In caso di verifica della fascia:

- muratura costitutiva, resistenza a trazione dell'elemento teso (ove presente)

1) d = 5610, z = 100; B = 1250, H = 2300 - Arch. n°:2

Il carico della fascia viene distribuito sui maschi murari adiacenti

MASCHI MURARI (Stato di Progetto), parete n° 2:

B, H, Hcalc, s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

Vincolo in sommità: coefficiente x di rigidezza alla traslazione (componente flessionale): $K = x \text{ EJ/h}^3$

Psomm (kN) = carico in sommità del maschio: Comb.fondamentale (SLU), e Comb.sismica (Sism)

$f_m, \tau_o, f_{v0}, f_b, \mu, \phi, E, G$ (N/mm²) = parametri meccanici della muratura

1) B = 5450, H = 3550, S = 560

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 18, Zona rigida sup. = 196, Hcalc = 3336

P_{somm} (SLU) = 480.87, P_{somm} (Sism) = 301.01

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F,C = 1.350

- resistenza media a compressione f_m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

2) B = 2630, H = 3550, S = 560

Vincolo in sommità: rigidezza alla traslazione K (componente flessionale) = 12.00 EJ/h³

Zona rigida inf. = 32, Zona rigida sup. = 351, Hcalc = 3167

P_{somm} (SLU) = 263.51, P_{somm} (Sism) = 164.95

Muratura: (NTC 18) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

- peso specifico (kN/m³) = 19.00

valori di calcolo per le resistenze ed i moduli di elasticità:

- fattore di confidenza F,C = 1.350

- resistenza media a compressione f_m = 1.000

- resistenza media a taglio τ_o = 0.018

- modulo di elasticità longitudinale E = 870

- modulo di elasticità tangenziale G = 290

Drift Taglio (d/H %) = 0.50, Drift PressoFlessione = 1.00

Assemblaggio rigidezza flessionale per maschi contigui: no

Criterio di definizione delle zone rigide:

- da diffusione a 30°

In ogni caso, le zone rigide utilizzate nell'analisi, sono quelle definite nei dati dei maschi murari, sopra riportate.

CRITERI di calcolo, parete n° 2:

Criteri per classificazione dell'intervento come Riparazione Locale:

Variazioni consentite (%):

Rigidezza: - 15%, + 15%

Resistenza: non deve peggiorare

Capacità di spostamento per SLV: non deve peggiorare

Maschi snelli trascurabili (non reagenti) per (H/B) > 3: no

Maschi snelli trascurabili (non reagenti) per B (mm) < 500: no

Resistenza a taglio per scorrimento calcolata in sommità: no

In presenza di telai di cerchiatura: ignorare curva di capacità oltre massimo spostamento dei maschi murari: sì

Massa Sismica: metà altezza parete: sì

Coeff. parziale di sicurezza per i materiali in Analisi Statica: (gamma), M = 2

Comportamento dei maschi murari:

- Rigidezza:

Bilineare, con riduzione di E,G pari al 50% (rigidezza fessurata applicata non nei dati in input dei maschi murari ma nell'analisi)

- Spostamento ultimo: drift su luce deformabile

Muratura: Resistenze, Fattori di Confidenza:

In Analisi Statica: si applicano i valori in input per ogni singolo maschio murario.

In Analisi Sismica (confronti fra Stato Attuale e Stato di Progetto), si utilizzano:

- Valori delle resistenze, con applicazione di FC, così come definiti in input

SLU) Riduzione della forza non superiore al 20% del massimo

Criterio adottato:

- Prima riduzione del 20% rispetto al massimo assoluto

ANALISI DI TELAI DI CERCHIATURA

RIGIDEZZA

L'analisi della cerchiatura consiste, dal punto di vista dell'equivalenza meccanica del telaio con il pannello murario eliminato (=muratura rimossa), nel confronto tra la rigidezza prima e quella dopo l'intervento.

Si ha verifica soddisfatta quando la rigidezza alla traslazione orizzontale del telaio è simile a quella della muratura eliminata, senza eccessiva variazione (secondo gli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, la variazione consentita è non superiore al 15%). Nei risultati viene riportato anche il **rapporto percentuale** fra la rigidezza del telaio e quella della parete.

E' possibile che i risultati di questo calcolo siano ignorati, se nei dati della cerchiatura non è stata attivata l'opzione '**Confronto Rigidezza cerchiatura / muratura rimossa**'. Si osservi che il confronto tra telaio e pannello murario eliminato costituisce un reale indice di sicurezza solo se è garantita una perfetta connessione tra muratura e telaio (per tale motivo il vincolo in sommità del telaio coincide col vincolo dell'elemento murario). In caso di incertezza sulla perfetta connessione telaio/muratura il confronto di rigidezza fra Stato Attuale e Stato di Progetto deve essere svolto solo nell'ambito dell'analisi complessiva della Parete.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE (SLE; SLU)

Le verifiche agli Stati Limite si distinguono in Stato Limite di Esercizio (SLE) e in Stato Limite Ultimo (SLU).

I carichi in input sono suddivisi fra SLU (combinazione fondamentale), SLE (combinazione caratteristica - rara), Sismica, ed i valori specificati contengono i corrispondenti coefficienti moltiplicativi, come specificato nella descrizione dei Dati Cerchiature.

Le verifiche per SLE sono le seguenti:

nel caso dell'acciaio, verifica di deformabilità dell'architrave (verifica dello spostamento verticale massimo, o freccia), con riferimento alla combinazione caratteristica (rara);

nel caso del c.a. (§4.1.2.2): verifica di deformabilità (§4.1.2.2.2) e verifica delle tensioni di esercizio (§4.1.2.2.5) con riferimento alla combinazione quasi permanente (SLE), con carichi variabili affetti dai coefficienti ψ_2 , combinazione coincidente (per quanto riguarda i carichi verticali) con la combinazione sismica (§2.5.3).

Distintamente per SLE e per SLU, sono riportati i risultati dell'analisi dei carichi agenti sull'architrave della cerchiatura.

I diversi singoli contributi al carico agente, in dipendenza dalle scelte effettuate nei dati, possono essere i seguenti:

Q1 = peso proprio della muratura, di tipo triangolare, competente al triangolo di scarico sull'architrave definito da angoli interni di 60°. Il carico viene calcolato automaticamente da ACM qualora nei Dati Cerchiature sia stata selezionata l'opzione di diffusione dei carichi, altrimenti questo carico non viene considerato.

Trattandosi di peso proprio, nella combinazione fondamentale a tale carico compete il coefficiente parziale per le azioni $\gamma_F=1.3$ (Tab. 2.6.I); anche se infatti tale carico non è il peso proprio della struttura resistente ma è un carico portato, essendo compiutamente definito è possibile adottare per esso gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti. Il triangolo di carico agisce sulla luce completa, inclusa la sezione dei montanti, e quindi sulla luce netta si formano una componente triangolare ed una uniforme.

Q2 = carico da solaio, di tipo uniforme; questo carico si assimila a permanente non strutturale. Il suo valore, specificato in input, contiene i coefficienti moltiplicativi (fra cui: $\gamma_F=1.5$ per la combinazione fondamentale, ψ_2 per la combinazione sismica). Il valore in input (cfr. descrizione Dati Cerchiature) contiene tutti i contributi dei carichi da solaio sovrastanti la parete, e quindi se la parete non è posta sottotetto possono aversi contributi distinti anche come coefficienti moltiplicativi (es. per la combinazione rara: ψ_0 per la neve e 1.00 per il carico variabile di ambiente ad uso residenziale per i solai dei piani sottostanti).

Q3 = carico concentrato ed eventuale muratura aggiuntiva (oltre al triangolo di scarico).

Se nei dati è stata selezionata l'opzione relativa alla diffusione dei carichi, il carico concentrato produce effetti a seconda della sua posizione rispetto al triangolo di scarico, considerando la zona di influenza (cfr. descrizione Dati Cerchiature); diversamente, gli effetti dipendono dalla posizione della sua retta d'azione rispetto all'architrave.

Il valore in input si riferisce al solo carico concentrato; l'eventuale muratura aggiuntiva viene calcolata automaticamente da ACM. Il valore in input contiene i coefficienti moltiplicativi (es.: $\gamma_F=1.5$ per la combinazione fondamentale); alla muratura aggiuntiva, analogamente al triangolo di scarico, viene attribuito, nella combinazione fondamentale, il coefficiente $\gamma_F=1.3$.

Sono possibili le seguenti configurazioni:

considerando la diffusione dei carichi (presenza del triangolo di scarico):

(a) interno al triangolo: non c'è muratura aggiuntiva oltre al triangolo, gli effetti si calcolano a partire dal carico concentrato (ad es. nel caso in asse:

freccia: $Pb^3/48EJ$, momento: $Pb/4$);

(b) esterno al triangolo, in zona d'influenza: viene considerata anche la muratura aggiuntiva. Gli effetti vengono calcolati considerando un carico distribuito equivalente: su tutta la luce dell'architrave, se la muratura aggiuntiva è presente su entrambe le parti rispetto al colmo del triangolo; su metà luce, se solo da una parte;

(c) esterno al triangolo, fuori zona d'influenza: il carico non produce alcun effetto.

Non considerando la diffusione dei carichi (si ignora il triangolo di scarico), se il carico agisce lungo la luce netta dell'architrave, gli effetti dipendono dalla posizione del carico concentrato senza necessità di considerare un carico distribuito equivalente. Per carico fuori dalla luce netta dell'architrave, non si produce alcun effetto.

Q4 = peso proprio architrave, di tipo uniforme, calcolato automaticamente da ACM (cui corrisponde $\gamma_F=1.3$ nella combinazione fondamentale).

- STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Per architrave in **acciaio**: **verifica di deformabilità** dell'architrave (verifica dello spostamento verticale massimo, o freccia), con riferimento alla combinazione caratteristica (rara) (cfr. (2.5.2) in §2.5.3). La freccia, rapportata alla luce dell'architrave stessa, deve essere inferiore al limite specificato nei dati (normalmente 1/500 della luce; l'architrave è una membratura direttamente caricata da muri sovrastanti).

Per architrave in **calcestruzzo armato** (§4.1.2.2):

• **verifica di deformabilità** (§4.1.2.2.2):

il rapporto tra luce e altezza: $\lambda = l/h$ viene confrontato con il valore limite di riferimento:

$K * [11 + 0.0015 f_{ck} / (\rho + \rho')] * [500 * A_s, eff / (f_{yk} * A_s, calc)]$, assumendo:

$K=1$, $[500 \cdot A_s \cdot \text{eff} / (f_y k \cdot A_s \cdot \text{calc})] = 1$, trascurando ρ' , e $\rho = A_s / (b \cdot h)$;

• **verifica delle tensioni di esercizio** (§4.1.2.2.5) con riferimento alla combinazione quasi permanente (SLE), con carichi variabili affetti dai coefficienti ψ_2 , combinazione coincidente (per quanto riguarda i carichi verticali) con la combinazione sismica (§2.5.3). Sotto l'azione del momento flettente di progetto, deve risultare: $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$, $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$. Viene adottata l'ipotesi di comportamento elastico-lineare.

- STATO LIMITE ULTIMO

Per la verifica statica a **Stato Limite Ultimo** di resistenza dell'**architrave** viene fatto riferimento alla **Combinazione fondamentale** (cfr. (2.5.1) in §2.5.3). Sia per la **verifica a taglio** (massima reazione agli appoggi) che per la **verifica a flessione** (con il massimo valore del momento flettente lungo la luce dell'architrave) viene eseguito il confronto tra sollecitazione e resistenza di progetto. A favore di sicurezza, le sollecitazioni di progetto sono calcolate facendo riferimento allo schema di trave appoggiata o sem incastrata, secondo le specifiche definite in input.

Per quanto riguarda il **montante**, la verifica statica a SLU, sempre per la Combinazione fondamentale, riguarda la **pressoflessione retta** (ridotta a compressione in caso di sollecitazione flessionale statica nulla, come nell'ipotesi di vincolamento shear-type in sommità). Le sollecitazioni statiche di progetto (sforzo normale, momento flettente) derivano dall'analisi del telaio di cerchiatura sotto l'azione del carico per SLU; la sezione di verifica è posta all'estremo deformabile superiore del montante. Nell'ipotesi che il carico verticale applicato sull'architrave del telaio e quindi scaricato sui montanti venga trasferito alla parete muraria adiacente, la capacità relativa a tale comportamento viene controllata attraverso la **verifica a taglio degli ancoraggi** di collegamento.

GIUNTI

Per i giunti viene effettuata la classificazione con metodo per componenti (§6, EN 1993-1-8:2005) in base alla resistenza e alla rigidezza. Dal punto di vista della rigidezza il giunto può risultare: a cerniera, semi-rigido, o rigido; per quanto riguarda la resistenza il giunto può essere: a cerniera, a parziale ripristino, o a completo ripristino.

Oltre alla resistenza flessionale viene esaminata la resistenza a taglio.

In alcuni casi, come i telai in c.a. o misti in c.a. e acciaio, il giunto non può essere classificato. La classificazione dei giunti per rigidezza rotazionale e per resistenza (=capacità portante flessionale) è disponibile solo per montanti e travi con sezione HE/IPE orientate secondo la massima inerzia, e con sezione non doppia. Nel caso di 'n' travi e montanti affiancate nello spessore murario, il numero 'n' di travi e di montanti deve essere uguale, e la classificazione del giunto si riferisce ad 1 collegamento (nei calcoli rigidezza e resistenza del giunto si moltiplicano per 'n'). Nel caso di giunto bullonato, la classificazione richiede inoltre che gli opportuni controlli geometrici siano soddisfatti.

Il giunto non classificato può essere definito rigido e/o a completo ripristino di resistenza, o in alternativa rigidezza e/o resistenza sono definite direttamente in input.

CURVA DI CAPACITA' E DIAGRAMMI DI SOLLECITAZIONE E DI DEFORMAZIONE

Durante la costruzione della curva di capacità del telaio di cerchiatura, sono possibili crisi flessionali o taglianti nei seguenti componenti strutturali: alla base o in sommità del montante sinistro o destro;

nell'architrave o nel traverso inferiore all'estremo sinistro o all'estremo destro;

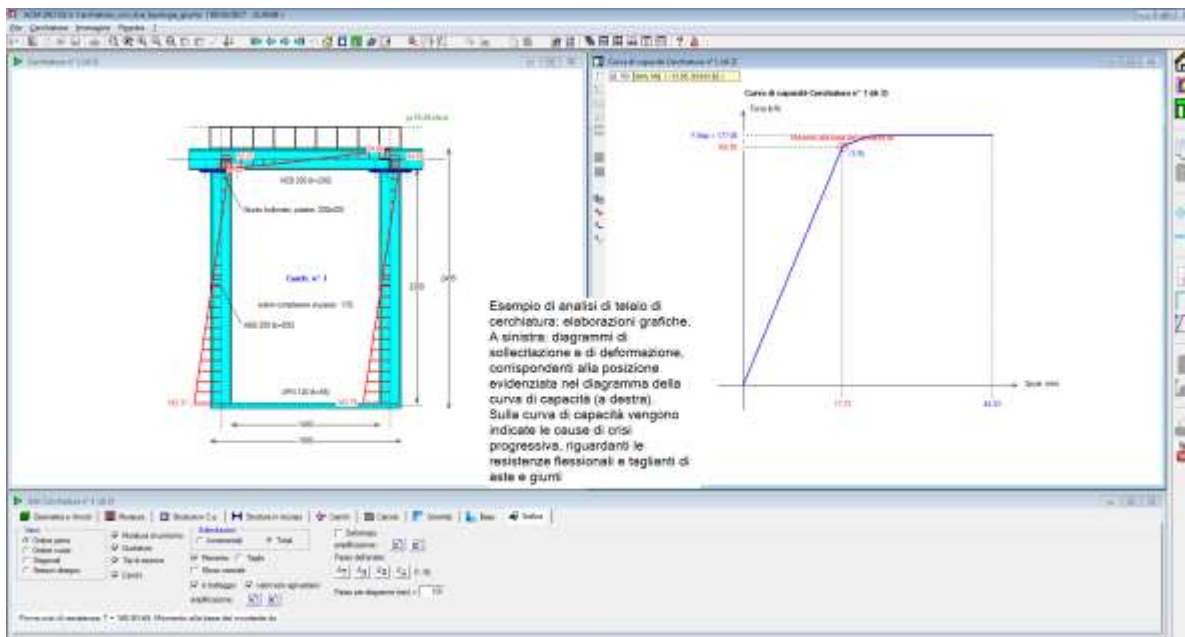
nel giunto di base o di sommità sinistro o destro.

E' inoltre controllato il raggiungimento dello spostamento limite. Considerando i valori dei fattori di struttura proposti dalla Normativa vigente per telai monopiano in strutture rigide, e il legame tra fattore di struttura e duttilità, è possibile fare riferimento ad una duttilità pari a 2.5 volte lo spostamento identificato dalla formazione di cerniera in corrispondenza dei nodi di base e di sommità del telaio. Poiché il telaio di cerchiatura è inserito in una parete muraria, lo spostamento limite è assunto sempre almeno pari allo spostamento corrispondente al valore ultimo della muratura rimossa, definito dal drift a pressoflessione o a taglio. Per la distinzione del valore del drift si fa riferimento alla snellezza, data dal rapporto fra altezza e larghezza del vano utile di apertura. Se la snellezza è superiore a 2.0 si considera il drift a pressoflessione (pari a 1.0%H), altrimenti il drift a taglio (0.5%H), con H = altezza del vano utile (il valore di riferimento 2.0 è indicato da Tassios ("Meccanica delle murature"), secondo cui la rottura per flessione si osserva in pannelli murari con rapporti (h/l) > 2.0).

Questa impostazione consente di attribuire al telaio un valore di spostamento massimo indipendente dalla parete complessiva nella quale è ubicato, che peraltro avrà un'altezza superiore a quella del vano utile; lo spostamento ultimo del telaio viene in tal modo assunto a favore di sicurezza.

In tutti i casi di crisi a taglio la costruzione della curva termina istantaneamente.

La curva di capacità è costituita da tratti lineari individuati da punti di crisi progressivi; un esempio è riportato nella figura seguente. Ad ogni punto notevole della curva di capacità corrisponde uno stato di sollecitazione e di deformazione degli elementi strutturali; seguendo la non linearità della struttura, i vincolamenti interni vengono modificati a causa delle crisi e la rigidezza diminuisce progressivamente, fino ad un eventuale tratto plastico.



La curva di capacità del telaio concorre, insieme alle curve di comportamento dei maschi murari, alla curva di capacità complessiva della parete in cui il telaio è presente come struttura di cerchiatura.

La principale verifica di sicurezza svolta in ACM consiste nel confronto fra la curva di capacità della parete allo Stato di Progetto con lo Stato Attuale, determinando le variazioni su rigidezza, resistenza e capacità di spostamento a seguito dell'intervento sulla struttura esistente. L'entità di tali variazioni determina infine la qualifica dell'intervento (es.: Riparazione locale, nei casi in cui non vi siano modifiche peggiorative o alterazioni di rigidezza eccessive).

NORMATIVA di riferimento: D.M.17.1.2018 e Circ.7 del 21.1.2019

RISULTATI ANALISI CERCHIATURA n° 1

VERIFICA DI RIGIDEZZA - cerchiatura n° 1

Variazione tra Stato Attuale e Stato di Progetto

Il confronto tra rigidezza del telaio di cerchiatura e della muratura rimossa viene ignorato ai fini delle verifiche di sicurezza.

La verifica di rigidezza per la parete oggetto di intervento (consistente nel confronto fra Stato Attuale e Stato di Progetto) riguarda il comportamento della parete nel suo complesso, cioè i coefficienti di sicurezza determinati dall'analisi della Parete.

VERIFICA DI DEFORMABILITA': Comb. caratteristica (rara) (SLE) (§4.2.4.2) - cerchiatura n° 1

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 180x3**

luce di calcolo: carichi: $l = 1510$ mm - spostamenti (luce netta): 1150 mm

$E = 210$ kN/mm² - $J = 114930000$ mm⁴

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m):

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante:
contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q2 = 209.65$, $q2 = 138.84$ (unif.: $f,2 = (5/384) \cdot q,2 \cdot l^4/EJ$)
- da carico concentrato:
contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q4 = 2.32$, $q4 = 1.54$ (unif.: $f,4 = (5/384) \cdot q,4 \cdot l^4/EJ$)

FRECCIA (spostamento verticale massimo):

$f = 0.132$ mm = **(1 / 8682)** $l < (1 / 500)$ l

per $x = 0$ mm

(x = 0: mezzeria dell'architrave)

VERIFICA STATICA: Comb. fondamentale (SLU) - cerchiatura n° 1

ARCHITRAVE

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 180x3**, $f, y_k = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{M0} = 1.05$
luce di calcolo: carichi: $l = 1510 \text{ mm}$ - sollecitazioni (luce netta): 1150 mm

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m)

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante (incluso $\gamma_G=1.3$):
contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 285.31$, $q_2 = 188.95$ (unif.)
- da carico concentrato:
contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 3.02$, $q_4 = 2.00$ (unif.)

VERIFICA A TAGLIO

V_{Ed} (massima reazione agli appoggi) = 109.79 kN

$V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 786.54 \text{ kN}$ (A_v ([4.2.19] in §4.2.4.1.2.4) = 6087 mm^2)

$\Rightarrow V_{Ed} < V_{Rd}$

VERIFICA A FLESSIONE

M_{Ed} (momento max) = 31.57 kNm , per $x=0 \text{ mm}$ ($x=0$: mezzeria dell'architrave)

$M_{Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 323.23 \text{ kNm}$

con: $W = 1444 \text{ cm}^3$

(modulo di resistenza di calcolo [4.2.12]: $W = W_{pl,max} = 481 \times 3 \text{ cm}^3$)

$\Rightarrow M_{Ed} < M_{Rd}$

MONTANTE

Sezione del montante (acciaio): **HEB 180x3**, $f, y_k = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{M0} = 1.05$

Quota della sezione di verifica: estremo deformabile superiore

Sollecitazioni: da analisi del telaio riferita al carico statico per SLU: 190.95 kN/m

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE RETTA

$N_{Ed} = 126.98 \text{ kN}$

$M_{Ed} = 15.22 \text{ kNm}$

$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 4384.43 \text{ kN}$

$n = (N_{Ed}/N_{pl,Rd}) = 0.02896$

$a = \min[(A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A ; 0.5] = 0.50000$

$M_{pl,Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 323.23 \text{ kNm}$

con: $W = 1444 \text{ cm}^3$

(modulo di resistenza di calcolo [4.2.12]: $W = W_{pl,max} = 481 \times 3 \text{ cm}^3$)

$M_{NyRd} = \min[M_{pl,Rd} \cdot (1-n)/(1-0.5a) ; M_{pl,Rd}] = 323.23 \text{ kNm}$

$\Rightarrow M_{Ed} < M_{NyRd}$

VERIFICA ANCORAGGI TRA MONTANTE E PARETE IN MURATURA

Verifica di trasmissione dello sforzo normale tra montante e parete adiacente

Numero di ancoraggi totale per lato del telaio: 4

Taglio sul singolo connettore: $V_{Edp} = N_{Ed}/4 = 10.58 \text{ kN}$

Resistenza del connettore [4.3.9]: $P_{Rda} = 0.8 \cdot f_{tk} \cdot (d^2/4) / \gamma_V = 26.06 \text{ kN}$

dove: $f_{tk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_V = 1.25$

$\Rightarrow V_{Edp} < P_{Rda}$

CLASSIFICAZIONE DEI GIUNTI - cerchiatura n° 1

GIUNTO SALDATO CON IRRIGIDIMENTI VERTICALI

Classificazione con metodo per componenti (§6, EN 1993-1-8:2005).

• Comp. 1: pannello d'anima della trave sollecitato a taglio (§6.2.6.1)

Controllo snellezza per evitare imbozzamento del pannello:

$h_{wb}/t_{wb} \leq 69\epsilon$, con $\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$:

$h_{wb}/t_{wb} = 14.35 < 69\epsilon = 69.00$

Resistenza a taglio plastica di progetto $V_{wp,Rd} = 235.96 \text{ kN}$

Contributo aggiuntivo dovuto agli irrigidimenti:

Ala della trave: modulo di resistenza plastico $W_{pl,fb} = 8820 \text{ mm}^3$

momento resistente plastico $M_{pl,fb,Rd} = 1.97 \text{ kNm}$
 Irrigidimento : modulo di resistenza plastico $W_{pl,st} = 8404 \text{ mm}^3$
 momento resistente plastico $M_{pl,st,Rd} = 1.88 \text{ kNm}$
 Distanza fra i piani medi degli irrigidimenti $dS = 166.00 \text{ mm}$
 Resistenza a taglio aggiuntiva: da irrigidimenti $V_{wp,add,Rd0} = 46.44 \text{ kN}$
 limite per resistenza saldatura $V_{vRd,Sald} = 202.86 \text{ kN}$
 $V_{wp,add,Rd} = 46.44 \text{ kN}$
 Resistenza a taglio plastica complessiva ($V_{wp,Rd} + V_{wp,add,Rd}$) = 282.41 kN
 Parametro di trasformazione $\beta = 1.00$
 Braccio della coppia $dS = 166.00 \text{ mm}$
 Forza resistente di progetto $FR_{d,1} = 282.41 \text{ kN}$
 Momento resistente di progetto $MR_{d,1} = 46.88 \text{ kNm}$
 Coefficiente di rigidezza $K_{,1} = \infty$

• **Comp. 19: saldatura montante-ala della trave**

Lunghezza cordoni: ali $L1 = 168 \text{ mm}$
 ali $L2 \cdot 2 = 118 \text{ mm}$
 anima $L3 = 114 \text{ mm}$
 Sezione di gola (saldature ali) = 6 mm
 controllo dimensionale della sezione di gola
 rispetto allo spessore dell'ala dei profili collegati:
 - spessore ala montante $t_{fc} = 14 \text{ mm}$ - spessore ala trave $t_{fc} = 14 \text{ mm}$
 - $\min[0.707 \cdot t_{fc}, 0.707 \cdot t_{ft}] = 9.90 \text{ mm}$
 I cordoni d'ala $L1$ e $L2$ sono soggetti alla forza assiale
 dovuta alla coppia di forze prodotta dal momento resistente.
 • Sezione di gola nella effettiva posizione:
 - $\beta, W = 0.80$ - $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$ - $\gamma, M2 = 1.25$
 - resistenza dei cordoni a tensione normale:
 - $\sqrt{(\sigma_{ort}^2 + 3 \cdot \tau_{ort}^2)} \leq f_{tk} / (\beta, W \cdot \gamma, M2) = 360 \text{ N/mm}^2$
 - $\sigma_{ort} \leq 0.9 \cdot f_{tk} / \gamma, M2 = 259 \text{ N/mm}^2$
 - corrispondente forza assiale della coppia da momento resistente = 436.06 kN
 Altezza baricentrica fra le coppie di cordoni = 166 mm
 Momento resistente di progetto $MR_{d,19} = 72.39 \text{ kNm}$
 Coefficiente di rigidezza $K_{,19} = \infty$

Classificazione del giunto:

- Classificazione in base alla resistenza:
Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} = 46.88 \text{ kNm}$
 La resistenza è governata dalla componente 1
 (pannello d'anima della trave sollecitato a taglio)
 Momento resistente del montante $M_{pl,c,Rd} = 107.74 \text{ kNm}$
 Momento resistente dell'architrave $M_{pl,b,Rd} = 107.74 \text{ kNm}$
 Per la classificazione: $M_{pl,Rd} = 107.74 \text{ kNm}$
Giunto a parziale ripristino di resistenza: $0.25 \cdot M_{pl,Rd} = 26.94 \text{ kNm} \leq M_{j,Rd} \leq M_{pl,Rd}$
- Classificazione in base alla rigidezza:
 Rigidezza del giunto $S_{j,ini} = \infty$
Giunto rigido

Resistenza a taglio:

- Resistenza di saldatura del montante all'ala della trave (§4.5.3)
 Il taglio resistente viene fornito dai cordoni d'anima $L3$.
 Tensione resistente di progetto a taglio della saldatura $f_{VW,d} = 207.846$
 Resistenza a taglio dei cordoni d'anima $V_{Rd} = 189.56 \text{ kN}$
- Resistenza a taglio del giunto:
Taglio resistente $V_{j,Rd} = 189.56 \text{ kN}$

CURVA DI CAPACITA': Comb. sismica - cerchiatura n° 1

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m):

luce di calcolo per i carichi: $l = 1510 \text{ mm}$
 Ai fini dell'analisi sismica del telaio, tutti i contributi di carico verticale agenti sull'architrave sono ricondotti allo schema uniformemente distribuito

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante:
 contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 172.96$, $q_2 = 114.54$ (unif.: $q_2 = Q_2/l$)
- da carico concentrato:
 contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 2.32$, $q_4 = 1.54$ (unif.: $q_4 = Q_4/l$)

⇒ Carico uniforme complessivo applicato sull'architrave
 per l'analisi sismica del telaio di cerchiatura: $q_{sism} = 116.08 \text{ kN/m}$

CURVA DI COMPORTAMENTO NON LINEARE:

Rigidezza elastica (iniziale) = 33091 N/mm

Valori dei punti della curva corrispondenti ai passi dell'analisi:

Passo	Forza (kN)	Spostamento orizz. (mm)	Tipo di crisi
1	0.00	0.00	
2	254.14	7.68	Momento nel giunto di sommità a dx
3	281.02	9.00	Momento nel giunto di sommità a sx
4	402.87	19.53	Momento alla base del montante dx
5	403.34	19.61	Momento alla base del montante sx

RISULTATI ANALISI CERCHIATURA n° 2

VERIFICA DI RIGIDEZZA - cerchiatura n° 2

Variazione tra Stato Attuale e Stato di Progetto

Il confronto tra rigidezza del telaio di cerchiatura e della muratura rimossa viene ignorato ai fini delle verifiche di sicurezza.

La verifica di rigidezza per la parete oggetto di intervento (consistente nel confronto fra Stato Attuale e Stato di Progetto) riguarda il comportamento della parete nel suo complesso, cioè i coefficienti di sicurezza determinati dall'analisi della Parete.

VERIFICA DI DEFORMABILITA': Comb. caratteristica (rara) (SLE) (§4.2.4.2) - cerchiatura n° 2

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 160x3**

luce di calcolo: carichi: $l = 1570 \text{ mm}$ - spostamenti (luce netta): 1250 mm

$E = 210 \text{ kN/mm}^2$ - $J = 74760000 \text{ mm}^4$

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m):

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante:
 contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 114.08$, $q_2 = 72.66$ (unif.: $f_2 = (5/384) \cdot q_2 \cdot l^4/EJ$)
- da carico concentrato:
 contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 2.01$, $q_4 = 1.28$ (unif.: $f_4 = (5/384) \cdot q_4 \cdot l^4/EJ$)

FRECCIA (spostamento verticale massimo):

$f = 0.150 \text{ mm} = (1 / 8349) l < (1 / 500) l$

per $x = 0 \text{ mm}$

($x = 0$: mezzeria dell'architrave)

VERIFICA STATICA: Comb. fondamentale (SLU) - cerchiatura n° 2

ARCHITRAVE

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 160x3**, $f, y_k = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{M0} = 1.05$
luce di calcolo: carichi: $l = 1570 \text{ mm}$ - sollecitazioni (luce netta): 1250 mm

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m)

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante (incluso $\gamma_G=1.3$):
contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 154.86$, $q_2 = 98.64$ (unif.)
- da carico concentrato:
contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 2.61$, $q_4 = 1.66$ (unif.)

VERIFICA A TAGLIO

V_{Ed} (massima reazione agli appoggi) = 62.69 kN

$V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 683.81 \text{ kN}$ (A_v [4.2.19] in §4.2.4.1.2.4) = 5292 mm^2)

$\Rightarrow V_{Ed} < V_{Rd}$

VERIFICA A FLESSIONE

M_{Ed} (momento max) = 19.59 kNm , per $x=0 \text{ mm}$ ($x=0$: mezzeria dell'architrave)

$M_{Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 237.69 \text{ kNm}$

con: $W = 1062 \text{ cm}^3$

(modulo di resistenza di calcolo [4.2.12]: $W = W_{pl,max} = 354 \times 3 \text{ cm}^3$)

$\Rightarrow M_{Ed} < M_{Rd}$

MONTANTE

Sezione del montante (acciaio): **HEB 160x3**, $f, y_k = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{M0} = 1.05$

Quota della sezione di verifica: estremo deformabile superiore

Sollecitazioni: da analisi del telaio riferita al carico statico per SLU: 100.30 kN/m

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE RETTA

$N_{Ed} = 70.72 \text{ kN}$

$M_{Ed} = 9.28 \text{ kNm}$

$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 3645.86 \text{ kN}$

$n = (N_{Ed}/N_{pl,Rd}) = 0.01940$

$a = \min[(A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A ; 0.5] = 0.50000$

$M_{pl,Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 237.69 \text{ kNm}$

con: $W = 1062 \text{ cm}^3$

(modulo di resistenza di calcolo [4.2.12]: $W = W_{pl,max} = 354 \times 3 \text{ cm}^3$)

$M_{NyRd} = \min[M_{pl,Rd} \cdot (1-n)/(1-0.5a) ; M_{pl,Rd}] = 237.69 \text{ kNm}$

$\Rightarrow M_{Ed} < M_{NyRd}$

VERIFICA ANCORAGGI TRA MONTANTE E PARETE IN MURATURA

Verifica di trasmissione dello sforzo normale tra montante e parete adiacente

Numero di ancoraggi totale per lato del telaio: 4

Taglio sul singolo connettore: $V_{Edp} = N_{Ed}/4 = 5.89 \text{ kN}$

Resistenza del connettore [4.3.9]: $P_{Rda} = 0.8 \cdot f_{tk} \cdot (d^2/4) / \gamma_V = 26.06 \text{ kN}$

dove: $f_{tk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_V = 1.25$

$\Rightarrow V_{Edp} < P_{Rda}$

CLASSIFICAZIONE DEI GIUNTI - cerchiatura n° 2

GIUNTO SALDATO CON IRRIGIDIMENTI VERTICALI

Classificazione con metodo per componenti (§6, EN 1993-1-8:2005).

• Comp. 1: pannello d'anima della trave sollecitato a taglio (§6.2.6.1)

Controllo snellezza per evitare imbozzamento del pannello:

$h_{wb}/t_{wb} \leq 69\epsilon$, con $\epsilon = \sqrt{(235/f_{yk})}$:

$h_{wb}/t_{wb} = 13.00 < 69\epsilon = 69.00$

Resistenza a taglio plastica di progetto $V_{wp,Rd} = 205.14 \text{ kN}$

Contributo aggiuntivo dovuto agli irrigidimenti:

Ala della trave: modulo di resistenza plastico $W_{pl,fb} = 6760 \text{ mm}^3$

momento resistente plastico $M_{pl,fb,Rd} = 1.51 \text{ kNm}$

Irrigidimento : modulo di resistenza plastico $W_{pl,st} = 6422 \text{ mm}^3$

momento resistente plastico $M_{pl,st,Rd} = 1.44 \text{ kNm}$

Distanza fra i piani medi degli irrigidimenti $d_S = 147.00 \text{ mm}$

Resistenza a taglio aggiuntiva: da irrigidimenti $V_{wp,add,Rd0} = 40.14 \text{ kN}$

limite per resistenza saldatura $V_{vRd,Sald} = 172.93 \text{ kN}$
 $V_{wp,add,Rd} = 40.14 \text{ kN}$
 Resistenza a taglio plastica complessiva ($V_{wp,Rd} + V_{wp,add,Rd}$) = 245.28 kN
 Parametro di trasformazione $\beta = 1.00$
 Braccio della coppia $dS = 147.00 \text{ mm}$
 Forza resistente di progetto $FR_{d,1} = 245.28 \text{ kN}$
 Momento resistente di progetto $MR_{d,1} = 36.06 \text{ kNm}$
 Coefficiente di rigidezza $K_{,1} = \infty$

• **Comp. 19: saldatura montante-ala della trave**

Lunghezza cordoni: ali $L1 = 148 \text{ mm}$
 ali $L2 \cdot 2 = 98 \text{ mm}$
 anima $L3 = 96 \text{ mm}$

Sezione di gola (saldature ali) = 6 mm

controllo dimensionale della sezione di gola

rispetto allo spessore dell'ala dei profili collegati:

- spessore ala montante $t_{fc} = 13 \text{ mm}$ - spessore ala trave $t_{fc} = 13 \text{ mm}$
- $\min[0.707 \cdot t_{fc}, 0.707 \cdot t_{ft}] = 9.19 \text{ mm}$

I cordoni d'ala $L1$ e $L2$ sono soggetti alla forza assiale dovuta alla coppia di forze prodotta dal momento resistente.

• Sezione di gola nella effettiva posizione:

- $\beta, W = 0.80$ - $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$ - $\gamma_{M,2} = 1.25$
- resistenza dei cordoni a tensione normale:
 $\sqrt{(\sigma_{ort}^2 + 3 \cdot \tau_{ort}^2)} \leq f_{tk} / (\beta \cdot W \cdot \gamma_{M,2}) = 360 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{ort} \leq 0.9 \cdot f_{tk} / \gamma_{M,2} = 259 \text{ N/mm}^2$
- corrispondente forza assiale della coppia da momento resistente = 375.73 kN

Altezza baricentrica fra le coppie di cordoni = 147 mm

Momento resistente di progetto $MR_{d,19} = 55.23 \text{ kNm}$

Coefficiente di rigidezza $K_{,19} = \infty$

Classificazione del giunto:

• Classificazione in base alla resistenza:

Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} = 36.06 \text{ kNm}$

La resistenza è governata dalla componente 1

(pannello d'anima della trave sollecitato a taglio)

Momento resistente del montante $M_{pl,c,Rd} = 79.23 \text{ kNm}$

Momento resistente dell'architrave $M_{pl,b,Rd} = 79.23 \text{ kNm}$

Per la classificazione: $M_{pl,Rd} = 79.23 \text{ kNm}$

Giunto a parziale ripristino di resistenza: $0.25 \cdot M_{pl,Rd} = 19.81 \text{ kNm} \leq M_{j,Rd} \leq M_{pl,Rd}$

• Classificazione in base alla rigidezza:

Rigidezza del giunto $S_{j,ini} = \infty$

Giunto rigido

Resistenza a taglio:

• Resistenza di saldatura del montante all'ala della trave (§4.5.3)

Il taglio resistente viene fornito dai cordoni d'anima $L3$.

Tensione resistente di progetto a taglio della saldatura $f_{vW,d} = 207.846$

Resistenza a taglio dei cordoni d'anima $VR_{d,1} = 159.63 \text{ kN}$

• Resistenza a taglio del giunto:

Taglio resistente $V_{j,Rd} = 159.63 \text{ kN}$

CURVA DI CAPACITA': Comb. sismica - cerchiatura n° 2

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m):

luce di calcolo per i carichi: $l = 1570 \text{ mm}$

Ai fini dell'analisi sismica del telaio, tutti i contributi di carico verticale

agenti sull'architrave sono ricondotti allo schema uniformemente distribuito

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante:

contributo nullo: carico non considerato

- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 100.83$, $q_2 = 64.22$ (unif.: $q_2 = Q_2/l$)
 - da carico concentrato:
 contributo nullo: carico non definito
 - da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 2.01$, $q_4 = 1.28$ (unif.: $q_4 = Q_4/l$)
- ⇒ Carico uniforme complessivo applicato sull'architrave
 per l'analisi sismica del telaio di cerchiatura: $q_{sism} = 65.50$ kN/m

CURVA DI COMPORTAMENTO NON LINEARE:

Rigidezza elastica (iniziale) = 22158 N/mm

Valori dei punti della curva corrispondenti ai passi dell'analisi:

Passo	Forza (kN)	Spostamento orizz. (mm)	Tipo di crisi
1	0.00	0.00	
2	196.76	8.88	Momento nel giunto di sommità a dx
3	214.53	10.20	Momento nel giunto di sommità a sx
4	300.46	21.53	Momento alla base del montante dx
5	300.73	21.60	Momento alla base del montante sx

RISULTATI ANALISI CERCHIATURA n° 3

VERIFICA DI RIGIDEZZA - architrave n° 3

Variazione tra Stato Attuale e Stato di Progetto

Non disponibile in caso di sola architrave

VERIFICA DI DEFORMABILITA': Comb. caratteristica (rara) (SLE) (§4.2.4.2) - architrave n° 3

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 160x3**

luce di calcolo: carichi: $l = 1900$ mm - spostamenti (luce netta): 1900 mm

$E = 210$ kN/mm² - $J = 74760000$ mm⁴

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m):

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante:
 contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 68.53$, $q_2 = 36.07$ (unif.: $f_2 = (5/384) \cdot q_2 \cdot l^4/EJ$)
- da carico concentrato:
 contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:
 $Q_4 = 2.43$, $q_4 = 1.28$ (unif.: $f_4 = (5/384) \cdot q_4 \cdot l^4/EJ$)

FRECCIA (spostamento verticale massimo):

$f = 0.404$ mm = **(1 / 4707)** $l < (1 / 500) l$

per $x = 0$ mm

($x = 0$: mezzeria dell'architrave)

VERIFICA STATICA: Comb. fondamentale (SLU) - architrave n° 3

ARCHITRAVE

Sezione dell'architrave (acciaio): **HEB 160x3**, $f_{yk} = 235.0$ N/mm², $\gamma_{M0} = 1.05$

luce di calcolo: carichi: $l = 1900$ mm - sollecitazioni (luce netta): 1900 mm

CARICHI (risultante Q in kN; distribuito q in kN/m)

- da peso proprio del triangolo di muratura sovrastante (incluso $\gamma_G=1.3$):
 contributo nullo: carico non considerato
- da carico distribuito da solaio:
 $Q_2 = 95.30$, $q_2 = 50.16$ (unif.)
- da carico concentrato:
 contributo nullo: carico non definito
- da peso proprio architrave:

$Q4 = 3.16$, $q4 = 1.66$ (unif.)

VERIFICA A TAGLIO

V_{Ed} (massima reazione agli appoggi) = 49.23 kN

$V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 683.81$ kN (A_v ([4.2.19] in §4.2.4.1.2.4) = 5292 mm²)

$\Rightarrow V_{Ed} < V_{Rd}$

VERIFICA A FLESSIONE

M_{Ed} (momento max) = 23.38 kNm, per $x=0$ mm ($x=0$: mezzeria dell'architrave)

$M_{Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 237.69$ kNm

con: $W = 1062$ cm³

(modulo di resistenza di calcolo [4.2.12]: $W = W_{pl,max} = 354 \times 3$ cm³)

$\Rightarrow M_{Ed} < M_{Rd}$

CLASSIFICAZIONE DEI GIUNTI - architrave n° 3

Non disponibile in caso di sola architrave

CURVA DI CAPACITA': Comb. sismica - architrave n° 3

Non disponibile in caso di sola architrave

ANALISI DI PARETI IN MURATURA

Normativa di riferimento:

[1] D.M. 17.1.2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"

[2] Circolare 7 del 21.1.2019: "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

[3] Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico (Delibera Giunta Regionale n.606 del 21/6/2010): "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti".

[4] Regione Emilia Romagna Toscana, Comitato Tecnico Scientifico, Riunione 12/01/2012, Seduta n. 11: Parere in merito alla classificazione degli interventi di formazione e/o modifica di aperture in pareti murarie.

L'intervento locale su una parete di un edificio esistente in muratura che preveda aperture nuove o modificate

con eventuali inserimento di telai metallici o in cemento armato e/o consolidamento della muratura, deve essere soggetto a verifica sismica.

Gli interventi sugli edifici esistenti sono classificati in 3 tipologie (§8.4):

- Riparazione o Intervento locale (§8.4.1),
- Intervento di Miglioramento (§8.4.2),
- Intervento di Adeguamento (§8.4.3).

L'intervento sulla parete può rientrare nell'ambito della '**Riparazione o Intervento locale**' alle condizioni previste dal punto §C8.4.1: *Riparazione o intervento locale*, Circolare 7 del 21.1.2019:

"C8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Ricadono in questa categoria gli interventi che non alterano significativamente il comportamento globale della costruzione; l'obiettivo sulla base del quale è valutata l'ammissibilità dell'intervento è un aumento della sicurezza di almeno una porzione della costruzione, ovvero, nel caso di danni subiti, quello del mantenimento o dell'incremento dell'originaria efficacia strutturale della porzione danneggiata.

In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione di elementi strutturali o di parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, coperture, impalcati o porzioni di impalcato, pilastri, pannelli murari). In particolare gli interventi di rinforzo devono privilegiare lo sviluppo di meccanismi duttili o comunque migliorare la duttilità locale, così da favorire lo sviluppo della duttilità di insieme della struttura. Il ripristino o rinforzo dei collegamenti esistenti tra i singoli componenti o tra parti di essi o la realizzazione di nuovi collegamenti (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di catene/tiranti, chiodature tra elementi lignei di una copertura o di un solaio, tra componenti prefabbricati) ricadono in questa categoria.

Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad es. **l'apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi**) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che **l'insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura**.

La relazione illustrativa dei lavori deve riportare i risultati delle indagini conoscitive svolte, le carenze strutturali riscontrate, la descrizione dei lavori e i risultati attesi, affermando e, se necessario, dimostrando che l'intervento non ha modificato in senso negativo il comportamento degli altri elementi della costruzione e di tutta la costruzione nel suo insieme.

Per questa categoria di intervento non è richiesta la valutazione della sicurezza globale dell'opera ma, nel caso di rafforzamento locale finalizzato al miglioramento del funzionamento di elementi strutturali o alla limitazione di meccanismi di collasso, è richiesta la valutazione della variazione del livello locale di sicurezza."

La Circ.7 del 21.1.2019 riporta inoltre, in "C8.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN MURATURA":

(...) 4. Incremento della capacità delle pareti (...)

Nel caso di **realizzazione di nuove aperture in pareti esistenti**, per far fronte alla diminuzione della capacità resistente della parete e all'aumento della sua deformabilità, può essere necessario prevedere rinforzi in grado di collaborare con la muratura esistente attraverso opportune connessioni **ripristinando, per quanto possibile, la condizione dell'intera parete in atto prima della realizzazione dell'apertura**.

Un incremento della capacità portante delle pareti murarie, con conseguente miglioramento del comportamento sismico, si ottiene infine anche attraverso l'eliminazione delle discontinuità con la chiusura di nicchie, canne fumarie cavedi o anche di vecchie lesioni o sconnessioni all'interno delle murature, purché venga realizzato un efficace collegamento dei nuovi elementi di muratura con quelli esistenti. (...)"

Per verificare che rigidezza, resistenza e capacità di spostamento non cambino in modo significativo e che l'intervento ripristini, per quanto possibile, la condizione dell'intera parete in atto prima della realizzazione dell'apertura, occorre analizzare la parete allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto, e confrontare i corrispondenti parametri.

Per la **rigidezza** un limite di riferimento per la sua variazione è identificato in [3] con l'intervallo $\pm 15\%$.

Per la **resistenza** e la **capacità di deformazione** non sono disponibili analoghi valori di riferimento; in ACM è comunque possibile definire una variazione minima e una massima. Considerano nulla la variazione minima, è possibile imporre che l'intervento non determini peggioramento di resistenza e capacità di deformazione (tale era l'indicazione specifica della Circ.617/2009 al DM 14.1.2008).

Se la variazione di rigidezza, resistenza e/o capacità di deformazione supera l'intervallo di riferimento, l'intervento non può essere classificato come *Riparazione o intervento locale*, ed entra nell'ambito degli *Interventi di Miglioramento*.

La qualifica di **'Intervento di Miglioramento'** si applica quando a seguito dell'intervento si determina:

- una variazione di rigidezza eccessiva (superiore al 15%);
- una variazione di resistenza o di capacità di spostamento superiore ai limiti definiti in input: in tali casi la parete non può essere vista come oggetto di intervento locale ma solo come parte di una riorganizzazione complessiva della struttura che necessariamente richiede un'analisi globale.

Se l'intervento rientra nell'ambito della 'Riparazione o intervento locale', la verifica di confronto Stato Attuale / Stato di Progetto su Rigidezza, Resistenza e Capacità di spostamento è esaustiva.

Se invece si tratta di un 'Intervento di Miglioramento', all'analisi della parete dovrà essere affiancata una verifica della struttura nel suo insieme:

§8.4.2: *Intervento di Miglioramento*, D.M.17.1.2018:

"La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme. (...)"

Con riferimento all'orizzontamento sovrastante la parete, possono distinguersi i casi di **impalcato rigido** o di **impalcato deformabile** (quest'ultimo frequentemente presente negli edifici esistenti: ad es. solai in legno, o in putrelle, o senza soletta di calcestruzzo adeguatamente armata).

Nel caso di **impalcato rigido** si rende sempre necessaria un'analisi globale, che potrà essere condotta con i metodi previsti dalla Norma (analisi lineare o non lineare); nello schema statico complessivo della struttura, la parete oggetto di intervento potrà essere rappresentata con una parete 'equivalente' dal punto di vista di rigidezza, forza ultima e duttilità (cfr. paragrafo di questo documento, dedicato ai criteri di equivalenza).

Nel caso di **impalcato deformabile** sovrastante la parete, si può considerare che la variazione locale di rigidezza abbia un effetto limitato sul comportamento strutturale globale: la ripartizione delle azioni sismiche infatti avviene non in base alle rigidità ma alle masse locali. Nel caso di impalcato deformabile, pertanto, la verifica 'globale' può intendersi soddisfatta con la sola analisi della parete, senza studiare lo schema globale, ma prendendo in considerazione anche la verifica in base all'accelerazione al suolo PGA sostenibile allo stato limite ultimo. Ciò rispetta infatti quanto previsto dal D.M. 17.1.2018 in §8.7.5 (è richiesta la determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU).

§8: *Costruzioni esistenti* - §8.7: *Progettazione degli interventi in presenza di azioni sismiche* - §8.7.5: *Elaborati del progetto dell'intervento*

"Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di adeguamento o miglioramento sismico deve almeno comprendere:

- a) **l'analisi e la verifica della struttura prima dell'intervento, con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU** (e SLE se richiesto) [N.B.: da §4.5.6.3: Non è generalmente necessario eseguire verifiche nei confronti di stati limite di esercizio di strutture di muratura, quando siano soddisfatte le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (...)];
- b) la scelta, esplicitamente motivata, del tipo di intervento;
- c) la scelta, esplicitamente motivata, delle tecniche e/o dei materiali;
- d) il dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- e) **l'analisi strutturale della struttura post-intervento**;
- f) **la verifica della struttura post-intervento, con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU** (e SLE se richiesto).

Analogamente si procederà per gli **interventi (di riparazione o rafforzamento) locali**. In tal caso non si eseguiranno le analisi della struttura e le verifiche ante e post-operam di cui ai punti a), e), f), che saranno sostituite da analoghe verifiche sul singolo elemento o sul meccanismo locale sul quale si interviene, al fine di determinarne gli incrementi di resistenza e/o di duttilità conseguenti all'intervento."

Comportamento strutturale delle pareti in muratura

I **diagrammi di comportamento** dei singoli elementi murari sono **elastoplastici** di tipo bilineare o trilineare. Nel caso di comportamento trilineare si può avere una riduzione della rigidità (rigidità fessurata) per effetto della parzializzazione a flessione; nel caso di comportamento bilineare, è possibile specificare (cfr. Dati Pareti) la rigidità fessurata che, data la bilinearità, agisce fin dalla configurazione statica iniziale.

La forza ultima è determinata dalla minima forza resistente fra PressoFlessione e Taglio; lo spostamento ultimo allo stato limite di collasso viene generalmente assunto, a meno di moti rigidi del pannello, pari a $0.5\%H$ in caso di crisi per taglio (per fessurazione diagonale o per scorrimento) ($F_u = F_{u, \text{Taglio}}$) e $1.0\%H$ in caso di crisi per PressoFlessione ($F_u = F_{u, \text{PressoFlessione}}$); in alternativa, lo spostamento ultimo viene calcolato attraverso la duttilità (rapporto tra spostamento ultimo e spostamento al limite elastico, inteso come punto di inizio del tratto plastico) (cfr. le opzioni scelte nei Dati Parete).

In ACM i valori dei drift dei singoli maschi murari (e della duttilità) possono essere comunque modificati dall'Utente in relazione alla natura della parete e ad eventuali particolari interventi di consolidamento; H viene assunta pari alla luce deformabile del maschio (altezza di calcolo) per le verifiche di resistenza; ai fini dello spostamento ultimo viene utilizzata la luce deformabile o l'altezza completa (=altezza di interpiano) a seconda della scelta dei dati in input. La luce deformabile è in generale minore dell'altezza completa a causa delle zone rigide di intersezione fra maschi e fasce di piano, seguendo in tal modo le indicazioni sulla modellazione 'a telaio' riportate in §7.8.1.5.2:

"(...) In presenza di elementi di accoppiamento l'analisi può essere effettuata utilizzando modelli a telaio, in cui le parti di intersezione tra elementi verticali e orizzontali possono essere considerate infinitamente rigide.(...)"

Le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale murario costituente la parete vengono descritte in SC8.5.3.1, dove la Tab.C8.5.I fornisce valori di riferimento per parametri meccanici (resistenze e moduli di elasticità) e peso specifico; i parametri possono essere modificati dall'applicazione dei coefficienti correttivi proposti in Tab.C8.5.II.

CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

(D.M. 17.1.2018, § 7.8.2.2.1- § 8.7.1.3.1.1)

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:

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

M_u = momento corrispondente al collasso per pressoflessione; se F è la forza orizzontale agente in sommità alla parete, nel caso di doppio incastro (incastro scorrevole in sommità) il momento alla base e in sommità è pari $Fh/2$; nello schema a mensola (con incastro alla base e rotazione libera in sommità), il momento alla base è pari a Fh ; se in sommità vi è un semincastro, il momento assume un valore compreso fra i due casi limite;

l = lunghezza della parete, intesa come dimensione della sezione del maschio nel piano della parete, inclusiva della zona tesa;

t = spessore della zona compressa della parete;

σ_o = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ($= P / lt$, con P forza assiale agente positiva se di compressione), agente nella sezione della luce deformabile sede di verifica (alla base o in sommità).

Se P è di trazione, $M_u = 0$;

$f_d = f_k / \gamma_M$ è la resistenza a compressione di calcolo della muratura.

In Analisi Non Lineare la resistenza di calcolo è data da: $f_d = f_m$, dove f_m è il valore medio della resistenza a compressione della muratura (se f_m non è nota, si pone: $f_m = f_k / 0.7$); inoltre, non si applica il coefficiente γ_M .

La formulazione riportata in §7.8.2.2.1 fa diretto riferimento a 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. f_m sostituisce f_k nella formulazione di f_d ; inoltre, γ_M deve essere moltiplicato per il Fattore di Confidenza F_C (§C8.7.1.5) normalmente pari a 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).

In Analisi Non Lineare, non si applica γ_M , e la resistenza di calcolo è data da: $f_d = f_m / F_C$.

Poiché in ACM viene eseguita un'Analisi Non Lineare, consistente nella determinazione del diagramma Forza-Spostamento del sistema (costruito considerando i contributi dei singoli elementi, maschi e telai cerchianti): $f_d = f_m / F_C$.

CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE

(§ C8.7.1.3.1.1)

La resistenza a taglio per fessurazione diagonale nel caso di muratura irregolare viene valutata per mezzo della relazione [C8.7.1.16]:

$$V_t = l t * (1.5 \tau_{od} / b) * \sqrt{[1 + \sigma_o / (1.5 \tau_{od})]} = l t * (f_{td} / b) * \sqrt{[1 + \sigma_o / f_{td}]}$$

essendo:

l = lunghezza della parete, intesa come dimensione della sezione del maschio nel piano della parete;

t = spessore della parete;

σ_o = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ($= P / lt$, con P forza assiale agente positiva se di compressione), agente nella sezione di mezzeria della luce deformabile (dove si ipotizza l'insorgere della lesione a X tipica della fessurazione diagonale);

f_{td} = valore di calcolo della resistenza a trazione per fessurazione diagonale $= 1.5 \tau_{od}$, con: τ_{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 $b=h/l$, comunque non superiore a 1.5 e non inferiore a 1, dove h è l'altezza della parete.

I valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza F_C (Analisi Lineare e Non Lineare) e, solo in Analisi Lineare, per il coefficiente parziale di sicurezza sui materiali γ_M . Il Fattore di Confidenza F_C è normalmente pari a 1.35, 1.20, 1.00 rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per τ_o). 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.

Nel caso di presenza di precompressione, la formulazione della resistenza a taglio si modifica nel seguente modo

(σ_{po} precompressione orizzontale, σ_{pv} precompressione verticale):

$$V_t = l t * (f_{td} / b) * \sqrt{[1 + (\sigma_o + \sigma_{po} + \sigma_{pv}) / (1.5 \tau_o) + (\sigma_o + \sigma_{pv}) * \sigma_{po} / (1.5 \tau_o)^2]}$$

Per muratura regolare, la Circ.7 del 21.1.2019 propone inoltre una resistenza a taglio per fessurazione diagonale che descrive la lesione a "scaletta", che interessa giunti e/o blocchi, espressa dalla formula [C8.7.1.17]:

$$V_t = (l t / b) * [f_{vdo} / (1 + \mu \varphi) + \mu / (1 + \mu \varphi) \sigma_o] \leq V_{t,lim}$$

$$\text{con } V_{t,lim} = (l t / b) * (f_{btd} / 2.3) * \sqrt{(1 + \sigma_o / f_{btd})}$$

dove:

l = lunghezza della parete, intesa come dimensione della sezione del maschio nel piano della parete;

t = spessore della parete;

b = coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione (vd. sopra);

f_{vdo} = valore di calcolo della resistenza a taglio di riferimento (=resistenza a taglio puro, cioè in assenza di sforzo normale);

μ , φ = coefficiente di attrito locale μ (normalmente pari a 0.577) e coefficiente di ingranamento φ (definito in input, e definito dalla relazione [C8.7.1.2])

σ_o = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione

$V_{t,lim}$ = valore limite della resistenza a taglio espresso dalla relazione [C8.7.1.18]

f_{btd} = tensione di rottura a trazione dei blocchi, assunta pari a $0.1 * f_{bd}$, con f_{bd} resistenza a compressione del blocco di progetto (il pedice d indica il valore di progetto, inclusa quindi, in analisi non lineare, la divisione per F_C).

CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER SCORRIMENTO

(D.M.17.1.2018, §7.8.2.2.2, §C8.7.1.3.1.1)

La resistenza a taglio per scorrimento viene definita per i nuovi edifici in §7.8.2.2.2; è inoltre considerata per l'analisi degli edifici esistenti (in §C8.7.1.3.1.1) qualora per il materiale considerato sia possibile questa modalità di collasso (ad es. per murature di mattoni pieni con letti regolari di malta).

La resistenza a taglio per scorrimento viene valutata per mezzo della relazione seguente:

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

l' = lunghezza della parte compressa della parete;

t = spessore della parete.

Per murature nuove: $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$ è definito in §4.5.6.1, §11.10.3.3: $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_n$, calcolando la tensione normale media sulla parte compressa della sezione: $\sigma_n = P / (l' * t)$, nella sezione di base della luce deformabile. In Analisi Non Lineare, la resistenza di calcolo è data da: $f_{vd} = f_{vmo} + 0.4 \sigma_n$, dove f_{vmo} è la resistenza media a taglio della muratura.

Per murature esistenti: $f_{vd} = f_{vdo} + 0.4 \sigma_n$, dove f_{vdo} è la resistenza a taglio per murature regolari.

Al valore medio della resistenza a taglio deve inoltre essere applicato il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali γ_M (solo per l'Analisi Lineare), ed il fattore di confidenza F_C (sia in Lineare, che in Non Lineare).

Il Fattore di Confidenza F_C è normalmente pari a 1.35, 1.20, 1.00 rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3.

I coefficienti γ_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 γ_M e F_C .

Per quanto riguarda l' , lunghezza della parte compressa della parete, questa viene determinata ipotizzando una distribuzione di tensioni lineare (triangolare, in caso di sezione parzializzata). Con tale ipotesi, la lunghezza di zona reagente per sezione parzializzata è data da:

$$l' = 3 (l/2 - e) = 3 (l/2 - M/N).$$

Il taglio resistente è quindi: $V_{Rd} = l' t * (f_{vdo} + 0.4 * N/l') / F_C = (l' t f_{vdo} + 0.4 N) / F_C = [3 (l/2 - M/N) t f_{vdo} + 0.4 N] / F_C$

Ora: il momento è legato al taglio secondo lo schema statico adottato.

Più precisamente: $M = V_{Rd} H/2$ nell'ipotesi di doppio incastro, e $M = V_{Rd} H$ nel caso di comportamento a mensola (in sintesi: $M = V_{Rd} H/\alpha$).

Si ha dunque:

$$V_{Rd} = [3 (l/2 - (V_{Rd} H/\alpha)/N) t f_{vdo} + 0.4 N] / F_C$$

Con alcuni semplici passaggi, si ottiene l'espressione del taglio resistente per scorrimento:

$$V_{Rd} = \alpha (1.5 l t f_{vdo} + 0.4 N) / (\alpha F_C/H + 3 t f_{vdo} / N) / H$$

Modalità di esecuzione dell'analisi

Il comportamento della parete muraria, composta da uno o più maschi murari con eventuali telai di rafforzamento nelle aperture, viene adeguatamente studiato tramite analisi statica non lineare, considerando i diagrammi di comportamento dei singoli elementi costitutivi della parete.

COMPORTAMENTO STRUTTURALE DEL SINGOLO MASCHIO MURARIO

Consideriamo il singolo maschio sottoposto all'azione di una forza orizzontale (fig. 1), facendo per semplicità riferimento alla legge bilineare (non considerando la rigidità fessurata):

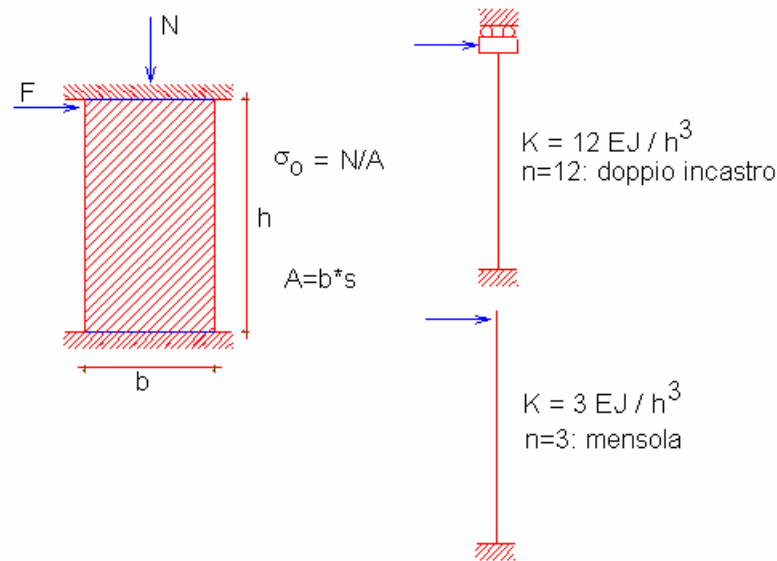


Fig. 1.

Lo spostamento in sommità, componendo la deformazione flessionale e tagliante, è dato dalla

$$(1) \quad \delta = \delta_M + \delta_T = F h^3 / (n EJ) + \chi F h / (GA), \quad \chi = 1.2, \quad 3 \leq n \leq 12$$

Ponendo lo spostamento uguale a 1, si ottiene il valore della rigidità alla traslazione:

$$(2) \quad K = 1 / [h^3 / (n EJ) + 1.2 h / (GA)]$$

dove $n=3$ per il caso della mensola, $n=12$ per la parete doppiamente incastrata, $3 < n < 12$ per i casi intermedi.

La rigidità elastica alla traslazione è uno dei tre parametri necessari per la definizione del comportamento strutturale del maschio murario. Infatti, assumendo una legge costitutiva elasto-plastica (rappresentata dal diagramma Forza-Spostamento (fig. 2), occorrono i seguenti tre parametri:

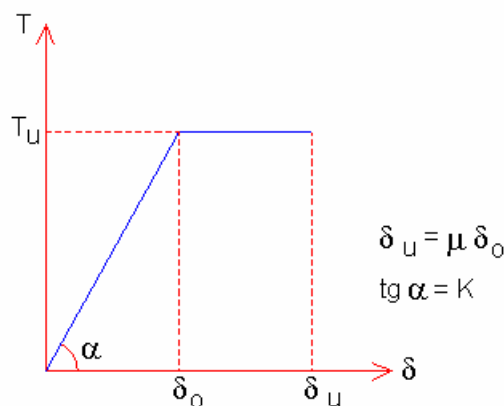


Fig. 2.

- la rigidità elastica K , espressa dalla (2), che fornisce la pendenza del tratto inclinato del diagramma (campo elastico);

- la forza ultima T_u , che rappresenta il valore minimo fra la resistenza a taglio (valutata come minima fra i due meccanismi di fessurazione diagonale e di scorrimento) e la resistenza a pressoflessione del maschio;

- la duttilità μ , pari al rapporto tra spostamento ultimo δ_u e spostamento al limite elastico δ_o (δ_o si indica anche con δ_y). Secondo il D.M. 17.1.2018, la deformazione ultima è espressa come drift di piano (percentuale dell'altezza deformabile del maschio) ed è quindi di natura geometrica (indipendente da δ_o), con valore del drift determinato dalla prima modalità di crisi del pannello (raggiungimento del limite elastico, cioè della resistenza, a pressoflessione, scorrimento o fessurazione diagonale). I valori del drift corrispondenti alle diverse modalità di crisi sono definiti in Normativa per lo stato limite di collasso SLC: 1.0%H per la pressoflessione, 0.5%H per il taglio.

La Circolare 7 del 21.1.2019 propone un importante fattore correttivo per il comportamento deformativo a pressoflessione, introdotto in §C7.8.2.2.1 con lo scopo di limitare il drift ultimo in caso di elevate compressioni. Più in dettaglio: il valore 1.0% è considerato coerente con rotture per pressoflessione caratterizzate da bassi valori dello sforzo di compressione medio normalizzato $v = \sigma_o / f_d$. In particolare, tale valore è coerente con i risultati sperimentali ottenuti per $v \leq 0.2$; per $v > 0.2$ si suggerisce il valore più cautelativo dato da: $1.25\% \cdot (1 - v)$, che comunque non deve essere inferiore allo spostamento al limite elastico del pannello (si intende come spostamento al limite elastico lo spostamento corrispondente all'inizio del tratto plastico).

Le resistenze corrispondenti alle verifiche a pressoflessione, scorrimento e fessurazione diagonale vengono riferite alla luce deformabile della parete (altezza al netto delle zone rigide alla base e in sommità). Per ognuna di queste verifiche, la resistenza corrisponde alla forza orizzontale che segna il limite per il comportamento elastico secondo la verifica stessa.

La resistenza a pressoflessione complanare viene calcolata su entrambe sezioni di base e di sommità; nella sezione dove viene raggiunta, attraverso il progressivo incremento della forza orizzontale, si ha la formazione di una cerniera plastica.

Nel caso di pareti non incernierate (cioè non a mensola), è possibile che la prima plasticizzazione a pressoflessione avvenga prima della crisi a taglio: in tal caso, si forma una cerniera plastica, si riduce la rigidezza flessionale (da asta doppiamente incastrata a mensola), ma la resistenza del pannello può crescere fino alla crisi successiva.

La resistenza a fessurazione diagonale viene calcolata a metà luce deformabile, dove avviene l'insorgere della lesione a X. La resistenza a taglio per scorrimento, che interpreta il meccanismo di slittamento della parte superiore del muro su quella sottostante, può essere eseguita alla base della luce deformabile. In alternativa, è possibile fare riferimento alla sezione di sommità, dove l'eccentricità è massima a causa del valore dello sforzo normale: rispetto alla base, in sommità vi è quindi minore zona reagente e minore componente di resistenza a taglio dovuta alla compressione.

Le crisi per taglio producono nella parete un degrado vincolare completo, con inizio del tratto plastico orizzontale.

Ai fini della costruzione del diagramma di comportamento (forza-spostamento), confrontando fra loro queste resistenze risultano possibili i seguenti casi (analizzati nell'algoritmo implementato in ACM).

A. Se la resistenza a taglio (per scorrimento o per fessurazione diagonale) è minore della resistenza corrispondente alla prima plasticizzazione a pressoflessione, il taglio determina il completo degrado vincolare e l'inizio del comportamento plastico (tratto orizzontale), fino a uno spostamento ultimo definito dal drift a taglio. In questo caso, la resistenza a pressoflessione non viene mai raggiunta dal pannello.

B. Diversamente, la resistenza minore corrisponde alla prima plasticizzazione a pressoflessione:

B.1. se la parete è una mensola (vincolamento originario con cerniera statica), il degrado è completo ed inizia il tratto plastico orizzontale: le resistenze a scorrimento o a fessurazione diagonale non possono essere raggiunte;

B.2. se invece il vincolamento statico è un doppio incastro o comunque un semincastro in sommità (con momento non nullo), la formazione della cerniera plastica degrada l'asta a mensola: la rigidezza diminuisce, ma la forza resistente della parete può crescere fino alla crisi successiva, che sarà determinata:

B.2.1. o dal taglio (scorrimento o fessurazione diagonale) prima della formazione della seconda cerniera plastica a pressoflessione;

B.2.2. o dalla seconda cerniera plastica a pressoflessione.

A causa dell'interazione fra pressoflessione e scorrimento, occorre inoltre un approfondimento per il caso B.2: in questo caso, la resistenza a scorrimento è risultata superiore alla resistenza corrispondente alla prima plasticizzazione a pressoflessione. Ma poiché la formazione della cerniera plastica fa degradare l'asta a mensola, la resistenza per scorrimento deve essere ricalcolata considerando il comportamento a mensola. Se col ricalcolo si ottiene una resistenza inferiore alla resistenza corrispondente alla prima plasticizzazione a pressoflessione, quest'ultima si assumerà pari anche alla resistenza a scorrimento (perché comunque prima della formazione della cerniera plastica lo schema è con incastro o semincastro e quindi non ha significato assumere una resistenza a scorrimento minore); altrimenti, il ricalcolo fornisce la resistenza a scorrimento da considerare per il proseguimento del diagramma oltre il punto corrispondente alla prima cerniera plastica a pressoflessione.

Il drift per lo spostamento ultimo viene definito dalla modalità di raggiungimento della completa plasticizzazione, a taglio o a pressoflessione.

Se si sceglie di eseguire la **verifica di resistenza della fascia**, il comportamento del maschio murario adiacente ad un'apertura viene inoltre condizionato dal momento resistente delle fasce murarie che insistono sul maschio. Seguendo le indicazioni normative (§7.8.2.2.4 e §C8.7.1.3.1.1), in tal caso si calcola il taglio resistente della fascia.

I meccanismi di comportamento per la fascia sono: **pressoflessione** e taglio.

Nel caso in cui esista un elemento dotato di resistenza a trazione accoppiato alla fascia, il taglio resistente per pressoflessione è dato da:

$$V_p = 2 M_u / l$$

dove: l = luce netta della fascia (corrispondente quindi alla larghezza dell'apertura sottostante);

$$M_u = H_p \cdot h/2 \cdot [1 - H_p / (0.85 f_{hd} h t)], \text{ con:}$$

H_p = minimo tra capacità a trazione dell'elemento orizzontale teso ed il valore $0.4 f_{hd} h t$;

f_{hd} = resistenza di progetto della muratura a compressione in direzione orizzontale, normalmente assunta pari al 50% di f_d ;

h, t = altezza e spessore della sezione della fascia.

Se non è possibile fare affidamento alla resistenza a trazione di un elemento orizzontale accoppiato, nel caso di muratura irregolare la resistenza alla pressoflessione è nulla; nel caso di muratura regolare è invece fornita dalla resistenza a trazione che si genera nelle sezioni di estremità per effetto dell'ingranamento con le porzioni di muratura adiacenti. Come riportato in §C8.7.1.3.1.1, i meccanismi di rottura possono coinvolgere la resistenza per trazione dei blocchi f_{bt} o avvenire per scorrimento lungo i giunti orizzontali; la resistenza a trazione orizzontale è data dall'espressione [C8.7.1.15]:

$$f_{lt} = \min (f_{btd} / 2 ; f_{vdo} + \mu \sigma_y / \varphi)$$

dove:

σ_y = tensione normale media agente sui giunti orizzontali nella sezione d'estremità;

f_{vdo} = resistenza a taglio della muratura in assenza di tensioni normali (che cautelativamente in questo contesto viene trascurata);

μ = coefficiente d'attrito locale del giunto;

δ = coefficiente di ingranamento murario, definito nella equazione [C8.7.1.2].

σ_y viene stimata pari a metà della tensione normale media σ_o agente nei maschi adiacenti.

Stimata la resistenza a trazione della fascia f_{ft} , il dominio di resistenza a pressoflessione M-N viene calcolato ipotizzando la conservazione della sezione piana e un legame tensione-deformazione:

elastoplastico a compressione ed elastofragile a trazione: nel caso di rottura dei blocchi;

elastoplastico: nel caso di rottura per scorrimento dei giunti.

La resistenza per pressoflessione viene calcolata, in accordo con le indicazioni normative, assumendo $N=0$.

Nel caso di comportamento elastofragile (rottura dei blocchi: $f_{ft} = f_{bid}/2$), si ipotizza una distribuzione di tensioni lineare, senza parzializzazione, con valore massimo della resistenza a trazione pari a f_{ft} .

Definendo il rapporto a fra resistenza a trazione e resistenza di progetto a compressione:

$$\alpha = f_{ft} / (0.85 f_d)$$

il momento ultimo è dato da: $M_u(\text{elastofragile}) = (h/6) \cdot (N + \alpha \cdot N_u)$, con: $N_u = 0.85 \cdot f_d \cdot h \cdot t$

e quindi, per $N=0$: $M_u(\text{elastofragile}) = (h/6) \cdot \alpha \cdot N_u$

Nel caso di comportamento elastoplastico (rottura per scorrimento lungo i giunti orizzontali:

$f_{ft} = f_{vdo} + \mu \cdot \sigma_y / \varphi$, si considera la plasticizzazione completa a trazione e a compressione.

In tal caso il momento ultimo è dato da:

$$M_u(\text{elastoplastico}) = N_u \cdot (h/2) \cdot \{ [N/N_u] + \alpha \} \cdot (1 - N/N_u) / (1 + \alpha)$$

Si osservi che che questa relazione, in caso di $\alpha=0$, cioè resistenza a trazione nulla, fornisce la nota:

$$M_u = (N \cdot h/2) \cdot (1 - N/N_u), \text{ equivalente alla formula di Normativa:}$$

$$M_u = [(h^2 \cdot t \cdot \sigma_o)/2] \cdot [1 - \sigma_o / (0.85 \cdot f_d)].$$

Nel caso di $N=0$ si ha: $M_u(\text{elastoplastico}) = N_u \cdot (h/2) \cdot \alpha / (1 + \alpha)$

Calcolato il momento ultimo, il taglio resistente per pressoflessione è dato dalla formula sopra riportata ($V_p = 2 M_u / l$).

Per quanto riguarda la **resistenza a taglio**, per le fasce viene utilizzata la formula [C8.7.1.16], già applicata nel caso dei maschi, nella quale viene posto $\sigma_o=0$ (seguendo le indicazioni normative, la tensione media normale può essere usualmente trascurata). Se la muratura è regolare, viene inoltre applicata la relazione [C8.7.1.17], anch'essa nota dal caso dei maschi, ponendo anche in questo caso $\sigma_o=0$.

Una volta noto il taglio minimo resistente della fascia V_t , definito dal meccanismo di pressoflessione o da quello di taglio, da questo è possibile risalire al momento agente sul maschio murario, in corrispondenza della sezione posta alla quota di modellazione dell'asta resistente corrispondente alla fascia (baricentrica, cioè a metà altezza della fascia stessa). Definendo con l la luce libera della fascia, e con B la lunghezza della sezione del maschio murario adiacente, il momento nel maschio è dato da:

$$M^* = V_t \cdot (B/2 + l/2)$$

In pratica, per una certa fascia il suo momento resistente viene ripartito fra i due maschi adiacenti in parti uguali; l'effetto su ognuno dei due maschi adiacenti in caso di maschi con sezione diversa è pertanto differente in quanto dipende dal braccio tra l'estremità della fascia e l'asse del maschio.

Dal momento M^* si risale alla forza orizzontale agente sulla sommità del maschio, in corrispondenza del traverso superiore della parete, mediante la relazione: $F = M^* / (H_m - H_f/2 - H_0)$

essendo: H_m = altezza totale del maschio dalla base alla sommità, comprendente anche le zone rigide; H_f = altezza della fascia; H_0 = luce di taglio, ossia distanza tra la base del maschio ed il punto di momento nullo ($H_0=H_f/2$ nel caso di vincolo a doppio incastro, $H_0=H'$ per la mensola; $H_0=H' \cdot (1/3 + 2/\kappa)$ nel caso di vincolo intermedio, dove κ è il coefficiente del grado di vincolo compreso fra 3 e 12; H' è la luce deformabile del maschio).

Nel caso di un maschio intermedio, la forza in sommità che corrisponde alla crisi della fascia è fornita dalla somma dei contributi delle due fasce adiacenti che insistono sul maschio.

Definita la forza F , questa viene confrontata con le resistenze a pressoflessione e a taglio del maschio. Qualora nel maschio si raggiunga la sollecitazione corrispondente alla forza F , si assume un degrado vincolare analogo alla crisi per pressoflessione in sommità, ponendo una cerniera nella sezione estrema superiore della luce deformabile.

Per quanto riguarda la deformazione ultima della fascia, nello schema semplificato di parete valutata in ACM si affida ai maschi la definizione della capacità di spostamento.

COSTRUZIONE DELLA CURVA DI CAPACITA' (ANALISI STATICA NON LINEARE): COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA PARETE COMPOSTA DA PIU' MASCHI MURARI

Il comportamento strutturale della parete, costituita da più maschi in parallelo, viene definito a partire da quello dei singoli maschi. Sotto l'azione di una forza orizzontale agente globalmente, la parete presenta uno spostamento comune a tutti i maschi. Ognuno reagisce con una forza dipendente dalla propria rigidezza alla traslazione. Pertanto, la curva di capacità della parete si ottiene sommando i contributi resistenti di ciascun maschio (fig. 3) (per semplicità, viene fatto riferimento al comportamento bilineare).

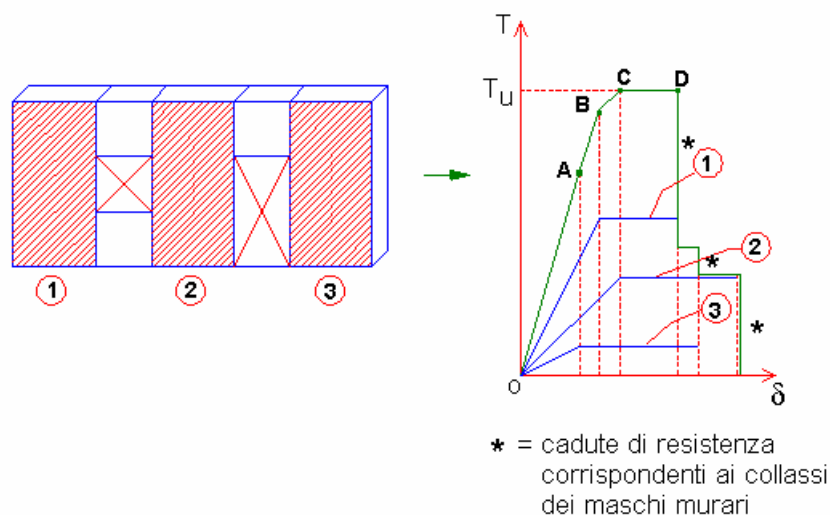


Fig. 3. Curva di capacità globale

Grazie alla curva di capacità globale, è possibile, noto il valore della forza orizzontale, ricavare il corrispondente spostamento della parete, mentre i vari contributi resistenti dei maschi murari vengono letti sui rispettivi diagrammi di comportamento.

Per fissare le idee, si faccia riferimento al diagramma in fig. 3, costruito per l'esempio di 3 maschi. Supponiamo che i singoli diagrammi Forza-Spostamento dei maschi siano quelli riportati in figura; vogliamo costruire il diagramma complessivo che descrive il comportamento della parete. Fino al punto A si sommano i contributi resistenti elastici dei tre maschi. La fine della fase elastica è determinata dal raggiungimento del limite elastico per il maschio n.3.

Il punto B è caratterizzato dal raggiungimento del limite elastico per il maschio n.1; il punto C è determinato dal limite elastico del maschio n.2. Successivamente, inizia un tratto orizzontale (fase perfettamente plastica): la forza corrispondente è la massima sviluppabile dalla parete nel suo complesso, ed è quindi la resistenza ultima della parete stessa.

Il tratto orizzontale termina in D, dove viene a mancare il contributo del maschio n.1, giunto a rottura. Proseguendo oltre questo punto, il diagramma presenta scalini corrispondenti alle successive cadute di resistenza degli altri due maschi.

In sintesi, la costruzione della curva di capacità corrisponde al risultato di un'analisi statica non lineare (pushover) di un telaio equivalente sottoposto ad un taglio crescente, corrispondente ad una forza orizzontale agente sul traverso superiore.

L'incognita dinamica è lo spostamento orizzontale del traverso (assumendo che gli spostamenti orizzontali di sommità siano uguali per tutti i maschi). La composizione delle curve di capacità dei singoli maschi genera la curva complessiva. In corrispondenza di un certo spostamento, comune a tutti i maschi, si rilevano le singole forze che sommate danno il taglio globale corrispondente.

Il telaio viene modellato con l'ipotesi di comportamento shear-type dei nodi del traverso (che non possono ruotare): ciò equivale ad una 'trave alta' (costituita dalle fasce che uniscono i maschi) infinitamente rigida ma non infinitamente resistente.

Quando la fascia va in crisi, ciò si rappresenta con una forza orizzontale agente, in corrispondenza del nodo superiore del traverso, sul maschio murario, e per analogia con la pressoflessione complanare del maschio, si determina la formazione di una cerniera nella sezione di estremità superiore della luce deformabile del maschio.

TELAI DI CERCHIATURA

Per la costruzione del diagramma globale Forza-Spostamento della parete occorrono i corrispondenti diagrammi dei singoli componenti. Per quanto riguarda i maschi murari, la procedura è già stata illustrata. Gli eventuali telai di cerchiatura intervengono con le proprie curve di capacità, determinate dal comportamento degli elementi strutturali del telaio (aste e giunti).

Si rimanda alla descrizione dei risultati dell'analisi delle cerchiature per i dettagli sulle curve di capacità dei telai.

VERIFICA DI SICUREZZA

Da §7.8.1.6: "(...) Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo della costruzione e la domanda di spostamento ottenute applicando il procedimento di cui al §7.3.4.2, salvo quanto specificato di seguito. La rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente si individua tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente ad un taglio alla base pari a 0,7 volte il valore massimo (taglio massimo alla base). Il tratto orizzontale della curva bilineare si individua tramite l'uguaglianza delle aree sottese dalle curve tracciate fino allo spostamento ultimo del sistema.

In ogni caso, sia per le costruzioni in muratura ordinaria sia per le costruzioni in muratura armata senza progettazione in capacità, la verifica di sicurezza non è soddisfatta qualora il rapporto tra taglio totale agente alla base del sistema equivalente a un grado di libertà, calcolato con lo spettro di risposta elastico, e taglio alla base resistente del sistema equivalente a un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare, ecceda il valore 4,0."

In ACM, conformemente a §7.8.1.5.4, nello schema della muratura a telaio equivalente, i pannelli murari vengono caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza al limite elastico definita per mezzo della risposta flessionale o a taglio di cui in §7.8.2.2 e §7.8.3.2; è possibile inoltre che il modello tenga conto della riduzione di rigidezza dovuta alla parzializzazione con formazione di una zona non reagente (modello trilineare). Nel modello di ACM, riferito ad un'analisi locale di un interpiano, si adotta l'ipotesi di comportamento shear-type dei nodi del traverso, trascurando gli effetti connessi alla variazione delle forze verticali dovuta all'azione sismica. Qui di seguito si fornisce una descrizione dettagliata del procedimento di analisi statica non lineare.

Il concetto alla base dell'analisi sismica statica non lineare è che la capacità complessiva della struttura di sostenere le azioni sismiche può essere descritta dal comportamento della stessa sottoposta ad un sistema di forze statiche equivalenti incrementate fino a raggiungere il collasso, inteso come incapacità di continuare a sostenere i carichi verticali. '**Analisi pushover**' significa '**analisi di spinta**', intendendo appunto per 'spinta' l'applicazione delle forze orizzontali progressivamente incrementate.

Nel caso dell'analisi di una singola parete di un interpiano, la curva di capacità può essere immediatamente ottenuta assemblando le curve di comportamento dei singoli elementi (maschi murari e telai di cerchiatura), come è stato illustrato ai paragrafi precedenti. Si tratta di un sistema ad un unico grado di libertà, coincidente con lo spostamento orizzontale del traverso superiore.

L'analisi viene condotta separatamente sia per lo **Stato Attuale**, sia per lo **Stato di Progetto**, e in ognuno dei due casi viene costruita la curva forza-spostamento (curva di capacità della parete).

La curva consente la definizione dei parametri necessari per la **verifica di sicurezza**:

- la **rigidezza** è pari alla rigidezza elastica iniziale del sistema reale;
- la **resistenza** è pari alla forza massima sostenibile dal sistema reale prima del raggiungimento dello Stato Limite Ultimo SLC;
- la **capacità di deformazione**, pari allo spostamento corrispondente al raggiungimento dello Stato Limite, può essere definita per SLV e, ove richiesto, per SLD. Sulla curva pushover (curva forza-spostamento), lo **Stato Limite Ultimo SLC** coincide con il punto caratterizzato dallo spostamento corrispondente ad un taglio alla base residuo pari all'80% del massimo (riduzione del 20%), mentre lo **Stato Limite Ultimo SLV** resta definito da uno spostamento pari a (3/4) dello spostamento corrispondente a SLC. Lo spostamento allo **Stato Limite di Esercizio SLD** è il minore fra lo spostamento a cui tutti i maschi hanno raggiunto la forza ultima e lo spostamento al limite elastico della bilineare equivalente, e comunque non può essere minore dello spostamento per il quale si raggiunge un taglio globale pari a (3/4) del taglio globale massimo.

I risultati sono esprimibili sotto forma di **Coefficienti di Sicurezza**, dati dal rapporto tra valore nello Stato di Progetto e valore nello Stato Attuale. Per la rigidezza, uno scarto maggiore del valore di riferimento (in genere: 15%) richiede l'inquadramento nell'ambito degli Interventi di Miglioramento e non della Riparazione locale. Altri parametri (resistenza, capacità di deformazione) non devono mostrare modifiche significative il che può essere identificato con il controllo che le capacità allo Stato di Progetto non siano peggiori rispetto allo Stato Attuale.

Se la verifica derivante dal confronto diretto tra le curve di Progetto e Attuale è soddisfatta, l'intervento può essere inquadrato come Riparazione Locale e non vi sono ulteriori operazioni da svolgere: la verifica non dipende dalla zona sismica di ubicazione della struttura (le capacità sono caratteristiche

intrinseche del modello strutturale).

Se invece l'intervento non può essere qualificato come Riparazione Locale (§8.4.3), ma i parametri di controllo considerati non presentano peggioramenti rispetto allo Stato Attuale, l'intervento può essere qualificato come **Miglioramento** (§8.4) e l'analisi locale della parete può essere considerata esaustiva, alle seguenti condizioni:

(1) il solaio che si imposta sulla parete non deve essere rigido (solai rigidi richiedono un'analisi 3D dell'edificio);

(2) PGA,CLV allo Stato di Progetto è maggiore rispetto allo Stato Attuale, oppure PGA,CLV allo Stato di Progetto è maggiore della domanda PGA,DLV (§8.7.5) (la domanda per SLV è determinata attraverso l'oscillatore monodimensionale calcolato con la bilineare equivalente allo SLV).

(nei casi in cui l'analisi locale non può essere considerata esaustiva, occorre un'analisi globale dell'edificio. AEDES consente lo studio del comportamento dell'edificio dove una o più aperture sono consolidate con telai di cerchiatura attraverso il software ad elementi finiti Aedes.PCM. I telai di cerchiatura, insieme a tutte le altre tipologie di intervento, vengono ridefiniti direttamente in ambiente PCM, e concorrono alla risposta globale dell'edificio insieme a tutti gli elementi resistenti, in muratura o altri materiali).

Premessa la validità della condizione (1), per il controllo sulla capacità in termini di PGA è necessaria una post-elaborazione della curva che conduca ad una valutazione della capacità della struttura nei confronti dell'accelerazione sismica di progetto.

La curva di capacità viene quindi ricondotta ad un legame tipico di un oscillatore non lineare ad un grado di libertà (oscillatore monodimensionale bilineare elastoplastico), rendendo possibile un diretto confronto con la domanda sismica rappresentata in termini di spettro di risposta.

Per il calcolo della domanda sismica, l'espressione degli spettri di risposta elastico $S_e(T)$ e degli spettri di progetto a SLV (stato limite di salvaguardia della vita, che è un tipo di stato limite ultimo) è fornita dal D.M. 17.1.2018.

Lo spettro di risposta elastico in termini di spostamento è dato da: $S_{De}(T) = S_e(T) * (T / 2\pi)^2$

La curva forza-spostamento consente inoltre la definizione di **PGA,CLV**, massima accelerazione al suolo consentita dall'edificio (PGA,CLV = capacità corrispondente a SLV in termini di accelerazione), definita dal valore in corrispondenza del quale viene raggiunto lo Stato Limite Ultimo SLV. PGA,CLV viene calcolata ricercando per iterazioni il valore di a,g che rende uguale la richiesta di spostamento secondo lo spettro di risposta (detta anche: PGA,DLV = domanda corrispondente a SLV in termini di accelerazione) e la capacità di spostamento allo stato limite ultimo mostrata dal sistema reale. Confrontando PGA,CLV con PGA,DLV è possibile rilevare se l'accelerazione sostenibile (PGA,CLV) è superiore o meno rispetto all'accelerazione al suolo prevista per l'edificio (PGA,DLV).

Per il calcolo corretto di PGA,CLV occorre tenere conto della **posizione in elevazione della parete**.

La parete sottoposta ad intervento può infatti essere posta ad un qualunque piano dell'edificio.

Affinché la verifica di sicurezza dipenda dalla posizione in elevazione della parete, occorre definire una metodologia idonea a considerare la deformabilità della struttura sottostante, che si traduce in un'amplificazione dell'accelerazione al suolo.

A tal fine, può essere utilizzata un'analogia con le formulazioni adottate nell'ambito dello studio dei cinematismi di macroelementi murari (analisi dei meccanismi di collasso in edifici esistenti in muratura).

Nelle formule dell'accelerazione spettrale, per le strutture che interessano una porzione della costruzione poste ad una certa quota, (ag S) è sostituita da: $S_e(T_1) * \psi(Z) * \gamma$, dove:

T_1 = primo periodo di vibrazione dell'intera struttura nella direzione esaminata, che può essere posto pari a: $0.05 * H^{0.75}$, essendo H l'altezza totale del fabbricato (altezza della costruzione rispetto alla fondazione);

$\psi(Z) = Z/H$ dove Z è l'altezza rispetto alla fondazione della quota di base della parete;

γ è il coefficiente di partecipazione modale, che può essere assunto pari a $3N/(2N+1)$, con N=numero di piani dell'edificio.

Pertanto, se la parete è posta al piano i-esimo sopra al piano terreno ($i > 1$, ponendo: 'piano terreno' = 'piano 1'), l'accelerazione al suolo viene amplificata: il termine (ag S) viene sostituito da: $S_e(T_1) * \psi(Z) * \gamma$.

E' quindi possibile definire un 'fattore amplificativo F' dato da:

$F = [S_e(T_1) * \psi(Z) * \gamma / (ag S)]$

Se la parete ha quota di base zero, cioè si imposta sul piano di fondazione (essa appartiene quindi al piano '1' di calcolo), il fattore amplificativo non deve essere considerato: la parete riceve l'input sismico alla sua base direttamente dal suolo; la PGA,CLV calcolata dal diagramma pushover è direttamente la reale PGA sostenibile.

Se invece la parete è posta a livelli superiori (quota di base > 0), il fattore amplificativo può assumere valori maggiori di 1. In tal caso, la PGA reale si ottiene dalla PGA di calcolo divisa per F: tale fattore va infatti a ridurre la PGA che diventa più bassa, cioè è sufficiente una minore accelerazione al suolo per condurre allo stato limite la parete posta ai piani superiori.

SINTESI DEI RISULTATI DI ACM

Riepilogo dei risultati ottenuti dall'analisi strutturale della parete con aperture ed eventuali telai di cerchiatura, con riferimento alla parete allo Stato Attuale (prima dell'intervento; in caso di danneggiamento per evento sismico si deve fare riferimento alla configurazione pre-evento) e allo Stato di Progetto (applicando l'intervento di progetto).

STATICA

Sotto l'azione dei **solli carichi verticali** (carico in sommità e peso proprio), i maschi murari vengono analizzati a **Stato Limite Ultimo** facendo riferimento alle sollecitazioni determinate dai carichi agenti nella **Combinazione fondamentale** (cfr. (2.5.1) in §2.5.3).

La tensione statica alla sezione di base della luce deformabile del maschio viene confrontata con la tensione di progetto a compressione data dalla resistenza media a compressione, divisa per il coefficiente parziale di sicurezza del materiale γ_M e per il fattore di confidenza F_C (specificati in input).

Per i maschi murari reagenti affiancati da telai di cerchiatura la tensione statica viene calcolata, a favore di sicurezza, supponendo che il carico verticale agente in sommità della parete in corrispondenza del maschio venga sostenuto dal maschio stesso, prescindendo dalla collaborazione con il telaio di cerchiatura.

SISMICA: COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Viene riportato il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale, definendo i seguenti coefficienti di sicurezza:

- **rigidezza** (rapporto tra rigidezze elastiche iniziali)

e, ove richiesto:

- **resistenza** (rapporto tra forze massime)

- **capacità di spostamento per SLV** (rapporto tra spostamenti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita)

- **capacità di spostamento per SLD** (rapporto tra spostamenti allo stato limite di danno)

- **energia dissipata** (rapporto tra energie dissipate), dove l'energia dissipata è definita dall'area sottesa dalla curva di capacità fino al punto di stato limite ultimo. Tale coefficiente, non strettamente richiesto dalla vigente Normativa nazionale, è tuttavia importante per confrontare dal punto di vista energetico

lo Stato Attuale con lo Stato di Progetto: esso consente il confronto fra stato attuale e stato di progetto attraverso la comparazione dei diagrammi forza-spostamento in campo anelastico.

Se l'intervento non soddisfa i requisiti della Riparazione Locale, ad esempio per una eccessiva variazione di rigidezza, allora rientra nel campo del Miglioramento e si devono fare le seguenti considerazioni:

- se l'orizzontamento sovrastante la parete è rigido, occorre il calcolo globale e quindi l'analisi locale della parete viene sostituita dall'analisi globale dell'edificio;
- se invece l'orizzontamento sopra la parete è flessibile, la variazione di rigidezza non influisce sulla reazione delle altre parti dell'edificio e quindi è possibile 'contenere' la verifica di sicurezza entro i limiti della verifica locale, valutando la capacità in termini di PGA: PGA,CLV, che allo Stato di Progetto deve essere maggiore rispetto allo Stato Attuale, oppure maggiore della domanda PGA,DLV (§8.7.5), seguendo la procedura precedentemente indicata.

STATO ATTUALE, STATO DI PROGETTO

Si evidenziano i parametri riguardanti singolarmente i maschi murari che definiscono lo Stato Attuale o di Progetto della parete: rigidezza K; resistenza a taglio per fessurazione diagonale, a taglio per scorrimento e a pressoflessione complanare in sommità e alla base, secondo i meccanismi di comportamento scelti per i singoli maschi nei dati in input (la resistenza a taglio o a pressoflessione che segna il raggiungimento del limite elastico, ossia la plasticizzazione completa del maschio, determina il drift per la definizione dello spostamento ultimo); forza ultima (massima forza sostenibile dal maschio); spostamenti al limite elastico e ultimo.

Nel caso di controllo di resistenza delle fasce, vengono riportati i parametri riguardanti il calcolo delle capacità della fascia a pressoflessione e a taglio, e per i maschi murari viene evidenziata la forza orizzontale corrispondente alla crisi delle fasce, concorrente anch'essa alla costruzione della curva di capacità del maschio assemblata nella curva di capacità complessiva della parete costituita da maschi e fasce.

Nel caso di modellazione del telaio di cerchiatura con comportamento shear-type (rotazione impedita per i nodi di sommità del telaio) vengono inoltre effettuati controlli di effettiva realizzazione del vincolo, confrontando localmente nel nodo momento sollecitante e momento resistente.

NORMATIVA di riferimento: D.M.17.1.2018 e Circ.7 del 21.1.2019

RISULTATI ANALISI PARETE n° 1

ANALISI STATICA dei maschi murari parete n° 1

[Forze:kN - Tensioni:N/mm²; sforzi normali e tensioni riferiti alla luce deformabile]

La tensione statica alla base calcolata per la Comb.fondamentale (SLU)[(2.5.1) in §2.5.3] viene confrontata con f_d = tensione di progetto a compressione

data da: $f_m/\gamma M/FC$ ($\gamma M=2.00$, FC: definito per il materiale di ogni singola parete)

Si riportano inoltre le tensioni in sommità, mezzeria e base in Comb.sismica

confrontate con il valore di $0.85 \cdot f_d$ dove, per analisi statica non lineare: $f_d = f_m/FC$

STATO ATTUALE

Comb. fondamentale (analisi statica)							Comb. sismica			
n.	N,somm	1.3·Pp	N,base	σ ,base	FC	f_d	σ ,somm	σ ,mezz	σ ,base	$0.85 \cdot f_d$
1)	992.66	291.34	1284.00	0.370	1.350	0.370	0.157	0.190	0.222	0.630

STATO DI PROGETTO

Comb. fondamentale (analisi statica)							Comb. sismica			
n.	N,somm	1.3·Pp	N,base	σ ,base	FC	f_d	σ ,somm	σ ,mezz	σ ,base	$0.85 \cdot f_d$
1)	351.00	111.48	461.37	0.348	1.350	0.370	0.162	0.191	0.220	0.630
2)	330.84	105.04	434.83	0.348	1.350	0.370	0.162	0.191	0.220	0.630

Nel caso di maschi murari affiancati da telai di cerchiatura il carico applicato in sommità della parete viene così ripartito: la parte corrispondente al maschio e' sostenuta dal maschio stesso, mentre quella corrispondente al telaio viene scaricata sui maschi adiacenti oppure si considera applicata ai soli montanti del telaio secondo quanto specificato in input nei Dati Aperture

ANALISI SISMICA STATO ATTUALE parete n° 1

MASCHI MURARI

n.	B	Hcalc	(H/B)	K	Resistenza(kN)		Taglio		Press.compl.	Fasce	F,ult.	Spost.(mm)	
	(mm)			(N/mm)	Taglio diag.	irreg./reg.	scorr.		somm./base		(max)	lim. - ult.	elast.
1)	5880	3400	0.58	112815	224.64/	-	-		708.11/ 785.16	-	224.64	1.99	17.00

ANALISI SISMICA STATO DI PROGETTO parete n° 1

MASCHI MURARI

n.	B (mm)	Hcalc (mm)	(H/B)	K (N/mm)	Resistenza(kN)		Taglio irreg./reg.	Taglio scorr.	Press.compl. somm./base	Fasce	F,ult. (max)	Spost.(mm) lim. - ult. elast.	
1)	2250	3061	1.36	34610	63.41/	-	-	-	117.44/ 128.59	-	63.41	1.83	15.31
2)	2120	3054	1.44	31392	56.44/	-	-	-	104.58/ 114.47	-	56.44	1.80	15.27

Cerchiature

n.	B (mm)	Hcalc (mm)	K (N/mm)	F lim. elast. (kN)	Spost.lim. elast. (mm)	F ult. (kN)	Spost. ult. (mm)
1)	1510	2300	33083	254.14	7.68	403.35	59.61

COEFFICIENTI DI SICUREZZA parete n° 1

[Rigidezza: N/mm - Forza ultima: kN - Spostamento: mm - Energia dissipata: J=N·m]

	Attuale	Progetto	Rapporto(C.Sic.)	
Rigid. K)	112815	99085	0.878	compreso fra -15% e + 15% (-12.2%)
Resist.F)	224.64	473.43	2.107	compreso fra 0% e + 200% (+110.7%)
Spost.SLV)	12.75	11.48	0.900	compreso fra -15% e + 15% (-10.0%)

VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA

L'intervento può essere qualificato come Riparazione Locale, poiché rispetta i requisiti di sicurezza richiesti su:

- rigidezza
- resistenza
- capacità di spostamento per SLV

RISULTATI ANALISI PARETE n° 2

ANALISI STATICA dei maschi murari parete n° 2

[Forze:kN - Tensioni:N/mm²; sforzi normali e tensioni riferiti alla luce deformabile]

La tensione statica alla base calcolata per la Comb.fondamentale (SLU)[(2.5.1) in §2.5.3] viene confrontata con f_d = tensione di progetto a compressione
data da: $f_m/\gamma_M/FC$ ($\gamma_M=2.00$, FC: definito per il materiale di ogni singola parete)
Si riportano inoltre le tensioni in sommità, mezzeria e base in Comb.sismica
confrontate con il valore di $0.85 \cdot f_d$ dove, per analisi statica non lineare: $f_d = f_m/FC$

STATO ATTUALE

Comb. fondamentale (analisi statica)							Comb. sismica			
n.	N,somm	1.3·Pp	N,base	σ ,base	FC	f_d	σ ,somm	σ ,mezz	σ ,base	$0.85 \cdot f_d$
1)	739.06	473.85	1212.91	0.224	1.350	0.370	0.086	0.119	0.153	0.630

STATO DI PROGETTO

Comb. fondamentale (analisi statica)							Comb. sismica			
n.	N,somm	1.3·Pp	N,base	σ ,base	FC	f_d	σ ,somm	σ ,mezz	σ ,base	$0.85 \cdot f_d$
1)	480.87	278.36	757.88	0.248	1.350	0.370	0.105	0.137	0.168	0.630
2)	263.51	139.89	402.24	0.273	1.350	0.370	0.124	0.154	0.184	0.630

Nel caso di maschi murari affiancati da telai di cerchiatura
il carico applicato in sommità della parete viene così ripartito:
la parte corrispondente al maschio e' sostenuta dal maschio stesso,
mentre quella corrispondente al telaio viene scaricata sui maschi adiacenti
oppure si considera applicata ai soli montanti del telaio
secondo quanto specificato in input nei Dati Aperture

ANALISI SISMICA STATO ATTUALE parete n° 2

MASCHI MURARI

n.	B (mm)	Hcalc (mm)	(H/B)	K (N/mm)	Resistenza(kN) Taglio diag. irreg./reg.	Taglio scorr.	Press.compl. somm./base	Fasce	F,ult. (max)	Spost.(mm) lim. - ult. elast.
1)	9650	3550	0.37	177275	285.23/ -	-	1086.15/1393.83	-	285.23	1.61 17.75

ANALISI SISMICA STATO DI PROGETTO parete n° 2

MASCHI MURARI

n.	B (mm)	Hcalc (mm)	(H/B)	K (N/mm)	Resistenza(kN) Taglio diag. irreg./reg.	Taglio scorr.	Press.compl. somm./base	Fasce	F,ult. (max)	Spost.(mm) lim. - ult. elast.
1)	5450	3336	0.61	100126	170.89/ -	-	436.43/ 525.80	-	170.89	1.71 16.68
2)	2630	3167	1.20	40058	72.23/ -	-	122.00/ 140.76	-	72.23	1.80 15.84

Cerchiature

n.	B (mm)	Hcalc (mm)	K (N/mm)	F lim. elast. (kN)	Spost.lim. elast. (mm)	F ult. (kN)	Spost. ult. (mm)
1)	1570	2300	22163	196.76	8.88	300.74	61.60

COEFFICIENTI DI SICUREZZA parete n° 2

[Rigidità: N/mm - Forza ultima: kN - Spostamento: mm - Energia dissipata: J=N·m]

	Attuale	Progetto	Rapporto(C.Sic.)	
Rigid. K)	177275	162347	0.916	compreso fra -15% e + 15% (-8.4%)
Resist.F)	285.23	500.42	1.754	compreso fra 0% e + 200% (+75.4%)
Spost.SLV)	13.31	12.51	0.940	compreso fra -15% e + 15% (-6.0%)

VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA

L'intervento può essere qualificato come Riparazione Locale, poiché rispetta i requisiti di sicurezza richiesti su:

- rigidità
- resistenza
- capacità di spostamento per SLV

Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

**RELAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI
ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE**
Ai sensi del Cap. 10.2 delle N.T.C. 2018

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

Il presente documento riporta gli elaborati grafici sintetici in conformità a quanto previsto nel § 10.2 delle NTC.

Gli interventi previsti riguardano singoli elementi della struttura ed interessano porzioni limitate della costruzione. Tutte le lavorazioni previste non alterano il comportamento globale della costruzione.

L'intervento si inquadra come riparazione o intervento locale ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” e Circolare 2 Gennaio 2019, n. 7 e quindi le verifiche si limitano alle sole parti interessate dall'intervento .

Tipo di analisi svolta

Il calcolo strutturale è stato eseguito con il metodo agli stati limite. Le verifiche sono state condotte secondo i criteri previsti nelle NTC 2018 DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP..

Per ulteriori informazioni si rimanda ai Tabulati allegati alla Relazione di calcolo.

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

L'affidabilità dei codici utilizzati e la loro idoneità ai casi in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione fornita dal produttore stesso.

Nei siti web dei produttori è presente la documentazione relativa alle basi teoriche, algoritmi impiegati e casi di prova.

I software utilizzati sono:

ACM - Aperture e Cerchiature In Murature Portanti della Aedes Software per ingegneria civile

Software ACM

ACM è un software di analisi strutturale per il calcolo di aperture e cerchiature in murature portanti, completo di tutte le fasi di introduzione dati, elaborazioni di calcolo, trattamento dei risultati anche sotto forma di post-elaborazioni grafiche. ACM colloquia con i programmi di CAD per la fase di restituzione dei disegni elaborati, e con i word-processor quali Microsoft Word per la compilazione della relazione di calcolo.

Dal punto di vista ingegneristico le principali caratteristiche di ACM sono:

- Per edifici in muratura sottoposti ad interventi di apertura o di irrigidimento di vani (porte, finestre, ecc.): consente il corretto dimensionamento di opere particolarmente delicate nell'ambito del consolidamento del patrimonio edilizio esistente.
- Tutti i parametri di calcolo sono coerenti con la Normativa tecnica vigente (D.M. 17.1.2018).
- Telai irrigidenti in Acciaio e in Cemento Armato: per l'Acciaio, le sezioni vengono scelte nell'archivio di tutti i profili, già presente in dotazione al programma. Possibilità di specificare montanti calastrellati, costituiti da angolari ancorati nella muratura. Per il Cemento Armato i momenti di snervamento, per la definizione delle forze orizzontali resistenti, vengono valutati con le formulazioni classiche della pressoflessione a stato limite ultimo.
- Curva di capacità del telaio: l'analisi FEM del telaio, a portale o chiuso considerando anche il traverso inferiore, sotto azione orizzontale crescente, conduce alla curva di capacità caratterizzata dalle crisi progressive dei componenti strutturali (giunti, montanti, architrave, traverso inferiore).
- Analisi dei Carichi sull'architrave, con distribuzione triangolare dell'influenza della muratura sovrastante. Possibilità di considerare carichi distribuiti e concentrati. Verifica a resistenza e a deformabilità dell'architrave. Verifica dei giunti saldati e bullonati.
- Calcolo della cerchiatura in base all'equivalenza meccanica con la porzione di muratura eliminata.
- Calcolo di una parete piena e/o forata, nello Stato Attuale e nello Stato di Progetto, sottoposta a qualunque tipo di consolidamento meccanico, con determinazione della Curva di capacità della parete. Le eventuali cerchiature presenti nella parete sono collegate alle singole cerchiature analizzate nel programma. Per ogni maschio murario: possibilità di comportamento bilineare o trilineare, con effetti della parzializzazione sulla rigidezza (rigidezza fessurata), e scelta del vincolamento in sommità (doppio incastro, mensola o vincolamento intermedio). Verifiche a pressoflessione complanare, taglio per scorrimento, taglio per fessurazione diagonale per comportamento irregolare o regolare (taglio 'a scaletta'), e vincolamento dipendente opzionalmente anche dalla resistenza delle fasce murarie a pressoflessione e a taglio.
- Verifica strutturale in base a rigidezza, resistenza, capacità di spostamento agli stati limite ultimo SLV ed di esercizio SLD, energia dissipata.

- E' così possibile, ad esempio nel caso di apertura in una parete muraria, verificare anzitutto la cerchiatura in sé; quindi, analizzare il comportamento dell'intera parete, prima e dopo l'intervento, assicurando le richieste di Normativa sugli Interventi in zona sismica.
- Conformemente al D.M. 17.1.2018, l'intervento viene classificato come Riparazione locale o Miglioramento, oppure viene evidenziata la necessità dell'Adeguamento sismico.

Modalità di presentazione dei risultati.

Nella Relazione di calcolo e nei tabulati ad essa allegati sono riportate le seguenti indicazioni:

- descrizione dell'opera e della tipologia strutturale;
- inquadramento normativo dell'intervento;
- definizione dei parametri di progetto;
- descrizione dei materiali adottati e loro caratteristiche meccaniche;
- criteri di progettazione e modellazione;
- combinazione delle azioni;
- codice di calcolo impiegato;
- rispetto delle verifiche per gli stati limite considerati.

Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici riassuntivi della geometria, dei carichi e delle verifiche.

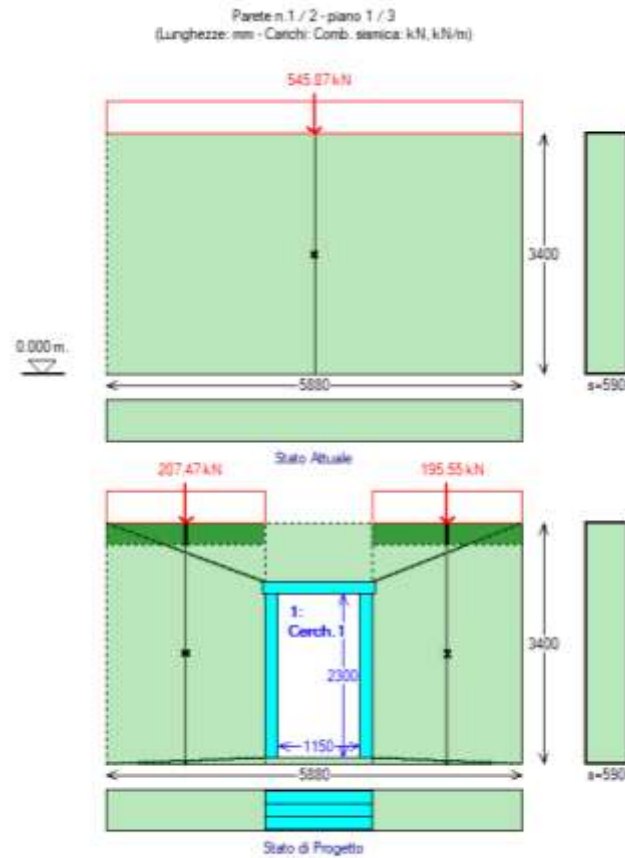
Informazioni generali sull'elaborazione.

I modelli strutturali e le analisi condotte su questi sembrano descrivere in modo corretto sia lo stato di fatto che quello di progetto.

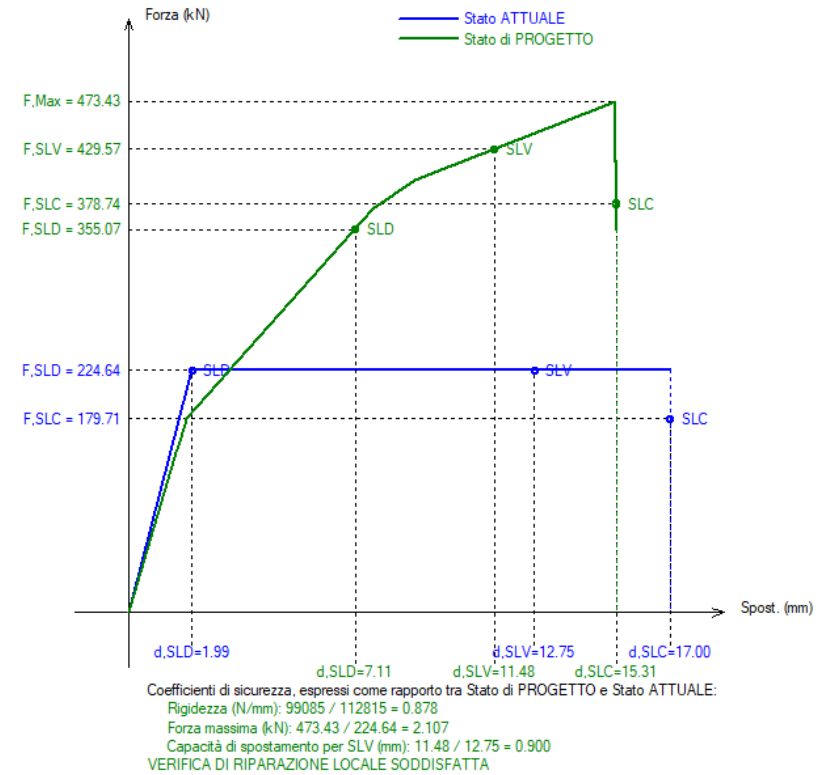
Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Le analisi svolte confermano che gli interventi previsti nel progetto non introducono significativi cambiamenti nel comportamento, sia in condizioni statiche che sismiche, degli elementi strutturali oggetto d'intervento.

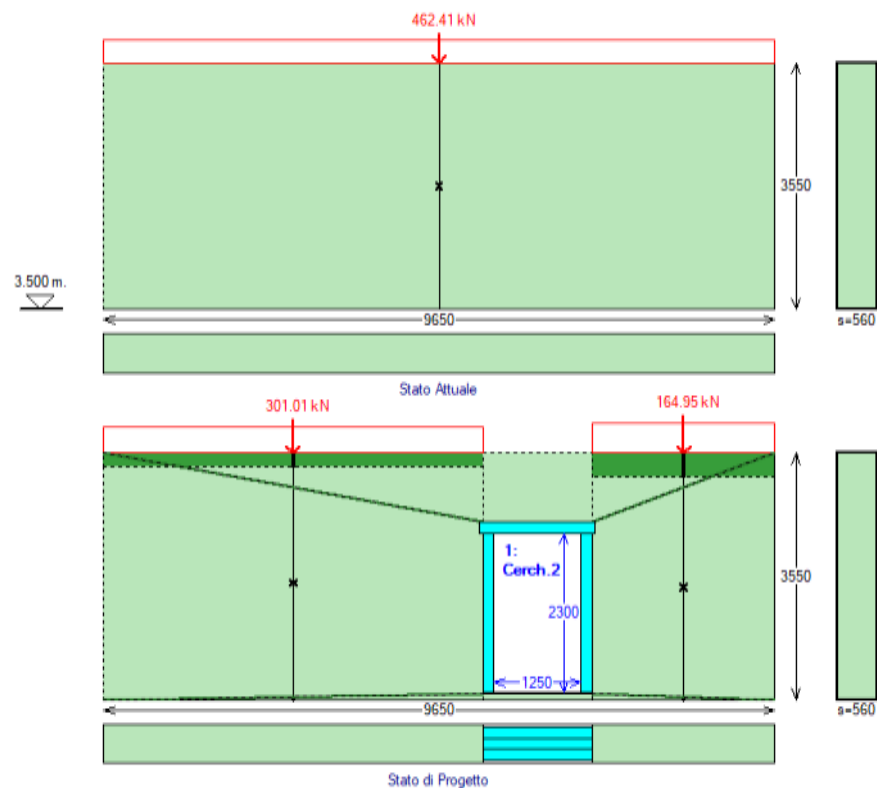
RISULTATI SINTETICI ACM



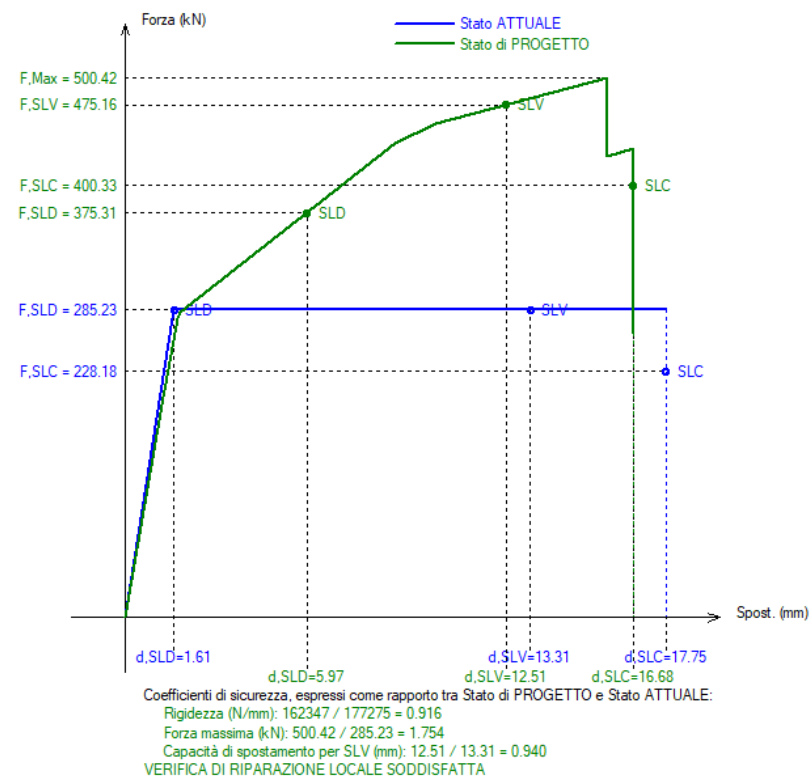
Curva di capacità Parete n° 1 (di 2)



Parete n. 2 / 2 - piano 2 / 3
(Lunghezze: mm - Carichi: Comb. sismica: kN, kN/m)



Curva di capacità Parete n° 2 (di 2)



Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

RELAZIONE SULLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
Ai sensi del Cap. 8.3 delle N.T.C. 2018

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto per la ristrutturazione di una porzione di edificio da destinare ad ostello sito nel Comune di Otricoli (TR) in Vicolo dell'Olmo, n. 7. La proprietà dell'immobile è della Famiglia Pedroni ed è stata concessa in uso al Comune di Otricoli che rappresenta il soggetto attuatore del presente intervento.

Tutte le lavorazioni previste non prevedono aumenti di carico verticale e non alterano in modo significativo il comportamento della struttura sia sotto l'azione dei carichi statici verticale che nei confronti delle azioni orizzontali in fase sismica..

L'intervento si inquadra come riparazione o intervento locale ai sensi dell'art. 8.4.1 del D.M. 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” e Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7, pertanto la valutazione della sicurezza riguarda le sole parti interessate dagli interventi.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle altre Relazioni ed agli Elaborati grafici che compongono il progetto.

FINALITA' DEL PROGETTO

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

VISITA DI SOPPRALUOGO

Si è proceduto ad una ispezione del manufatto in tutte le sue parti e sono state valutate sia la tipologia delle murature che quelle dei solai e nel caso di quest'ultimi anche la tessitura.

ANALISI STORICO CRITICA

Si tratta di un manufatto storico di antica edificazione e solo gli interventi eseguiti in epoca recente sono chiaramente leggibili. I campi di solaio oggetto d'intervento sono molto datati ed è possibile riscontrare gli interventi intercorsi nel tempo volti a mantenerne la funzionalità quali travi

rompittratta e zeppe sull'orditura secondaria. L'impalcato superiore e la copertura sono stati invece rinnovati in epoca recente vista la tipologia costruttiva utilizzata.

RILIEVO E DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Si tratta di un fabbricato sito nel centro di Otricoli ed è costituito da tre piani fuori terra. Sono interessati dall'intervento solamente parte del piano terra e piano primo. Attualmente gli accessi ai piani sono in via della Valle per il piano terra e Vicolo dell'Olmo, n. 7 per il piano primo.

Il fabbricato costituisce la testata di più edifici posti in linea. Le murature dell'edificio sono in pietra tufacea. Nella porzione oggetto d'intervento i solai del primo impalcato sono realizzati con travi in legno, tavolato e mattoni mentre al piano superiore sono in profilati di acciaio e tavelloni con inserite delle travi in legno; il solaio di copertura è realizzato con travetti in c.a. e tavelloni, il manto è in coppi.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

La classificazione dei materiali che costituiscono la struttura è stata accertata attraverso delle indagini in situ (come descritto nel paragrafo VISITA DI SOPPRALUOGO), quindi visto il tipo di intervento, non si sono ritenute necessarie altre verifiche oltre l'indagine visiva.

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Per le murature si intende raggiunto il livello di conoscenza LC1 ed un fattore di confidenza FC = 1.35.

CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELLA STRUTTURA E CRITICITA'

Nella porzione di fabbricato oggetto d'intervento le carenze strutturali riguardano soprattutto i due campi di solaio del primo impalcato. Tali solai presentano evidenti limiti obsolescenza sia nelle travi principali e secondarie sia nel tavolato; sono presenti anche puntellature localizzate. Le murature ed i solai degli altri impalcati, sempre con riferimento alla porzione oggetto del presente lavoro, non presentano evidenti carenze soprattutto il solaio e la copertura che sono stati interessati da interventi in epoca recente.

INTERVENTI PREVISTI

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

Le opere previste sono le seguenti:

- Rimozione completa dei due campi di solaio del primo impalcato della porzione di fabbricato interessata dall'intervento e realizzazione di nuovi solai costituiti da profilati di acciaio e tavolato. Le travi in acciaio sono inserite nella muratura tramite innesti "a coda di rondine" e ulteriormente ammortate attraverso profilati in acciaio, disposti lungo il perimetro dei vani, collegati sia alla muratura tramite perfori armati sia alle travi tramite saldatura (cfr Esecutivi strutturali);
- Sostituzione dell'architrave nell'apertura di passaggio tra i due locali al piano terra;
- Realizzazione di due aperture verso l'edificio adiacente, una per ogni livello, su cui sono state previste delle cerchiature in acciaio;
- Posa di una scala a chiocciola di tipo autoportante, di collegamento tra i due livelli

CONSIDERAZIONI SULLA VERIFICA DI SICUREZZA

Le verifiche condotte riguardano gli elementi strutturali della nuova copertura, delle cerchiature e del terrazzo.

In conclusione

- Gli interventi previsti riguardano soprattutto le parti strutturali che mostrano carenze o vulnerabilità.
- Allo stato attuale non si riscontrano fenomeni che possano indicare dissesti o cedimenti della struttura di fondazione.
- Non sono previste variazioni strutturali dipendenti dall'utilizzo di progetto;
- L'intervento non modifica in modo apprezzabile i carichi verticali;
- L'intervento non prevede la variazione della configurazione strutturale originale.
- Gli interventi localizzati previsti, valutati attraverso modelli ed analisi numeriche, forniscono

un adeguato livello di sicurezza.

Sulla base delle indagini effettuate, dei criteri previsti dalle NTC e delle considerazioni per la verifica della sicurezza si ritiene non necessario eseguire ulteriori verifiche sull'edificio nel suo complesso.

Si ritiene pertanto che l'intervento previsto ripristini le condizioni di sicurezza del fabbricato e che quindi l'uso della costruzione possa continuare senza ulteriori prescrizioni.

Si rimanda alla Relazione di calcolo per le valutazioni numeriche ed i livelli di sicurezza raggiunti.

Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

**RELAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI E
RESISTENZE DI CALCOLO**

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali rispondenti ai dettami delle norme per i materiali da costruzione ed in particolare del D.M. 17 Gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere qualificati dal produttore secondo le modalità indicate nel capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 14 gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. E' onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, acquisire e verificare la documentazione di qualificazione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

Calcestruzzo

- Cemento: tipo CEM II/A-LL 42,5 R conforme a UNI EN 197/1
- Aggregati: obbligo di marcatura CE conforme a UNI EN 12620
- Acqua: conforme a UNI EN 1008
- Additivi: conforme a UNI 7101

• Calcestruzzo per fondazioni:

- classe di esposizione XC2
- classe di resistenza C25/30
- rapporto acqua/cemento max 0,6
- contenuto cemento min 3 kN/m³
- diametro inerte max **25 mm**; massa volumica non minore di 26 kN/m³
- classe di consistenza S4

• Calcestruzzo per pilastri, travi, solai e gronde:

- classe di esposizione XC1
- classe di resistenza C25/30
- rapporto acqua/cemento max 0,6
- contenuto cemento min 3 kN/m³
- diametro inerte max **25 mm**; massa volumica non minore di 26 kN/m³
- classe di consistenza S4

Acciaio per armature c.a.o.

- barre B450C
- rete e tralicci elettrosaldati B450C

con: Tensione caratteristica di snervamento nominale $f_{y\ nom} = 450\ N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura nominale $f_{t\ nom} = 540\ N/mm^2$

e deve rispettare i requisiti del DM 17 gennaio 2018.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure riportate dal D.M. 17 Gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP e controllati secondo le modalità riportate nelle stesse norme.

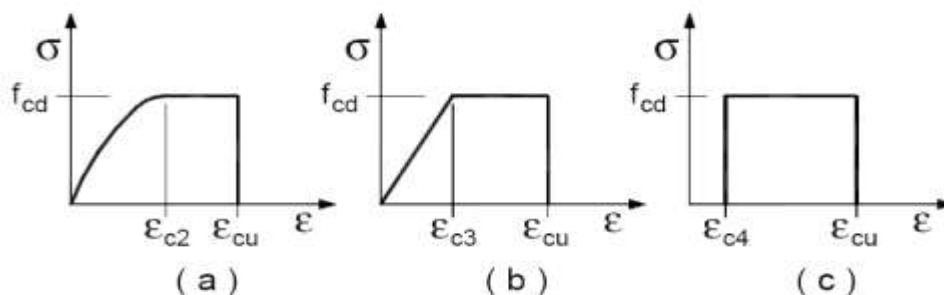
Calcestruzzo tipo C25/30 (Resistenza caratteristica $R_{ck} = 30.0\ N/mm^2$) armato con barre

di acciaio ad aderenza migliorata tipo Acciaio B450C (Resistenza caratteristica $F_{yk} = 450.0$ N/mm²);

Per ciascuna classe di calcestruzzo impiegata sono riportati i valori di:

- *Resistenza di calcolo a trazione (f_{ctd})*
- *Resistenza a rottura per flessione (f_{cfm})*
- *Resistenza tangenziale di calcolo (τ_{Rd})*
- *Modulo elastico normale (E)*
- *Modulo elastico tangenziale (G)*
- *Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale (γ_c)*
- *Resistenza cubica caratteristica del materiale (R_{ck})*
- *Coefficiente di Omogeneizzazione*
- *Peso Specifico*
- *Coefficiente di dilatazione termica*

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate nel dal D.M. 17 Gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



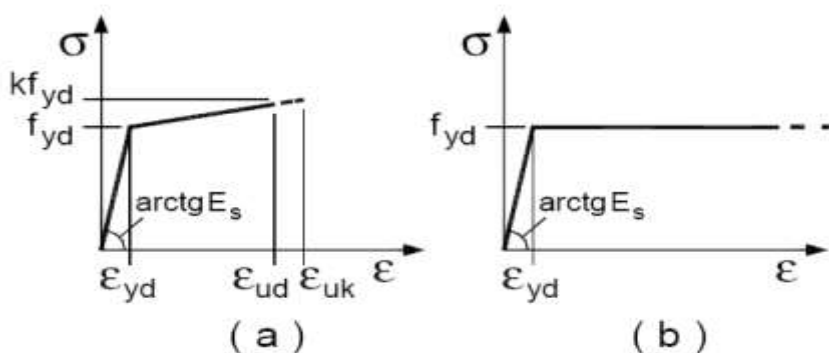
Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

La deformazione massima $\epsilon_{c \max}$ è assunta pari a 0.0035.

Per l'acciaio sono riportati i valori di:

- *Tensione caratteristica di snervamento trazione (f_{yk})*
- *Modulo elastico normale (E)*
- *Modulo elastico tangenziale (G)*
- *Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale (γ_f)*
- *Peso Specifico*
- *Coefficiente di dilatazione termica*

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate nel D.M. 17 gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).



La resistenza di calcolo è data da f_{yk} / γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1.15.

Acciaio per strutture metalliche

- Acciaio da carpenteria: S 235 con:

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$

modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
(per temperature fino a 100°C)

densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

e deve rispettare i requisiti previsti dal D.M. 17 Gennaio 2018 e Circolare.

Saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001 e comunque nel rispetto di quanto prescritto nel dal D.M. 17 Gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Bulloni e Barre

(§ 11.3.4.6.1) Le caratteristiche dei bulloni dovranno essere conformi alle norme UNI EN 15048-1:2007 e recare la marchiatura CE, UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 ed essi debbono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella seguente tabella:

	Normali			Ad alta resistenza	
VITE / BARRA	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
DADO	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella soprastante sono riportate nella tabella che segue:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} [N/mm ²]	240	300	480	649	900
f_{tb} [N/mm ²]	400	500	600	800	1000

Legno

Le caratteristiche degli elementi in legno dovranno essere conformi a quanto previsto ai capitoli 11.1 – 11.7 del D.M. 17 Gennaio 2018 e circolare 21 gennaio 2019, n. 7 c.s.ll.pp. i materiali impiegati dovranno avere le caratteristiche minime di seguito riportate.

LEGNO MASSICCIO MASSICCIO

Tipologia del legname: Massiccio - D24 - Latifolia - UNI EN 338:2016

$$f_{m,g,k} = 24,0 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,7 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 485,0 \text{ kg/mc}$$

$$E_{0,g,mean} = 10.000,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 8.400,0 \text{ MPa}$$

$$E_{90,g,mean} = 670,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,mean} = 630,0 \text{ MPa}$$

$$G_{g,05} = 529,2 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,mean} = 580,0 \text{ kg/mc}$$

Il Progettista delle strutture



Comune di Otricoli
Provincia di Terni

PIANO DI MANUTENZIONE

- MANUALE DI MANUTENZIONE
- PROGRAMMA DI MANUTENZIONE (S.P. DELLE PRESTAZIONI)
- PROGRAMMA DI MANUTENZIONE (S.P. DEI CONTROLLI)
- PROGRAMMA DI MANUTENZIONE (S.P. DEGLI INTERVENTI)

OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI

OGGETTO:

Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE:

Comune di Otricoli

UBICAZIONE:

Vicolo dell'Olmo, n. 7, Otricoli (TR)

Foligno, Settembre 2023

Il Progettista delle Strutture



Il Direttore dei Lavori



Ing. Andrea Mattioli
Via dei Trinci, 89 - 06034 - Foligno - PG
tel. +39 339 222 80 27 - e-mail: ing.andreamattioli@gmail.com
www.studioingegneriamattioli.it

Comune di Otricoli
Provincia di Terni

PIANO DI MANUTENZIONE

**MANUALE DI
MANUTENZIONE**

(Articolo 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

OGGETTO: OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE: Comune di Otricoli

Foligno, Settembre 2023



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

Comune di: Otricoli

Provincia di: Terni

Oggetto: OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

La presente relazione riguarda il progetto per la ristrutturazione di una porzione di edificio da destinare ad ostello sito nel Comune di Otricoli (TR) in Vicolo dell'Olmo, n. 7. La proprietà dell'immobile è della Famiglia Pedroni ed è stata concessa in uso al Comune di Otricoli che rappresenta il soggetto attuatore del presente intervento.

Il progetto allegato prevede la sostituzione di alcune parti strutturali dell'edificio mediante un insieme di opere che oltre ad intervenire sulle vulnerabilità riscontrate, possano garantire un corretto comportamento della struttura sia nei confronti delle azioni statiche che in relazione alla nuova funzione a cui la porzione di fabbricato è destinato. Gli interventi non alterano il comportamento sismico della struttura, non vengono infatti modificate né la tessitura dei solai né la rigidità di piano.

Le opere previste sono le seguenti:

- Rimozione completa dei due campi di solaio del primo impalcato della porzione di fabbricato interessata dall'intervento e realizzazione di nuovi solai costituiti da profilati di acciaio e tavolato. Le travi in acciaio sono inserite nella muratura tramite innesti "a coda di rondine" e ulteriormente ammorsate attraverso profilati in acciaio, disposti lungo il perimetro dei vani, collegati sia alla muratura tramite perfori armati sia alle travi tramite saldatura (cfr Esecutivi strutturali);
- Sostituzione dell'architrave nell'apertura di passaggio tra i due locali al piano terra;
- Realizzazione di due aperture verso l'edificio adiacente, una per ogni livello, su cui sono state previste delle cerchiature in acciaio;
- Posa di una scala a chiocciola di tipo autoportante, di collegamento tra i due livelli.

Elenco dei Corpi d'Opera:

° 01 Progetto strutturale

Corpo d'Opera: 01

Progetto strutturale

Unità Tecnologiche:

° 01.01 Solai

° 01.02 Unioni

° 01.03 Interventi su strutture esistenti

° 01.04 Strutture di collegamento

Unità Tecnologica: 01.01

Solai

I solai rappresentano il limite di separazione tra gli elementi spaziali di un piano e quelli del piano successivo. Dal punto di vista strutturale i solai devono assolvere alle funzioni di sostegno del peso proprio e dei carichi accidentali e la funzione di collegamento delle pareti perimetrali. Inoltre debbono assicurare: una coibenza acustica soddisfacente, assicurare una buona coibenza termica e avere una adeguata resistenza. Una classificazione dei numerosi solai può essere fatta in base al loro funzionamento statico o in base ai materiali che li costituiscono.

Ai solai, oltre al compito di garantire la resistenza ai carichi verticali, è richiesta anche rigidità nel proprio piano al fine di distribuire correttamente le azioni orizzontali tra le strutture verticali. Il progettista deve verificare che le caratteristiche dei materiali, delle sezioni resistenti nonché i rapporti dimensionali tra le varie parti siano coerenti con tali aspettative. A tale scopo deve verificare che:

- le deformazioni risultino compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati;
- vi sia, in base alle resistenze meccaniche dei materiali, un rapporto adeguato tra la sezione delle armature di acciaio, la larghezza delle nervature in conglomerato cementizio, il loro interasse e lo spessore della soletta di completamento in modo che sia assicurata la rigidità nel piano e che sia evitato il pericolo di effetti secondari indesiderati.

REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

01.01.R01 (Attitudine al) controllo della freccia massima

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

La freccia di inflessione di un solaio costituisce il parametro attraverso il quale viene giudicata la deformazione sotto carico e la sua elasticità.

Prestazioni:

Il controllo della freccia massima avviene sullo strato portante o impalcato strutturale che viene sottoposto al carico proprio, a quello degli altri strati ed elementi costituenti il solaio e a quello delle persone e delle attrezzature ipotizzati per l'utilizzo.

Livello minimo della prestazione:

Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati secondo le norme vigenti.

01.01.R02 Regolarità delle finiture

Classe di Requisiti: Visivi

Classe di Esigenza: Aspetto

I materiali costituenti i solai devono avere gli strati superficiali in vista privi di difetti, fessurazioni, distacchi, ecc. e/o comunque esenti da caratteri che possano rendere difficile la lettura formale.

Prestazioni:

Le superfici dei materiali costituenti i solai non devono presentare fessurazioni a vista, né screpolature o sbollature superficiali. Le coloriture devono essere omogenee e non presentare tracce di ripresa di colore, che per altro saranno tollerate solamente su grandi superfici.

Livello minimo della prestazione:

Essi variano in funzione dei materiali utilizzati per i rivestimenti superficiali.

01.01.R03 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

I solai devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

Prestazioni:

I solai devono essere idonei a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni di una certa entità in conseguenza di azioni e sollecitazioni meccaniche, in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza all'utenza. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Gli eventuali cedimenti e/o deformazioni devono essere compensati da sistemi di giunzione e connessione. Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche dei solai devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

Livello minimo della prestazione:

Le prestazioni sono generalmente affidate allo strato o elementi portanti. I parametri di valutazione della prestazione possono essere il sovraccarico ammissibile espresso in daN oppure la luce limite di esercizio espresso in m.

01.01.R04 Resistenza agli agenti aggressivi

Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di Esigenza: Sicurezza

I materiali costituenti i solai non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

Prestazioni:

I materiali costituenti i solai non devono deteriorarsi o comunque perdere le prestazioni iniziali in presenza degli agenti chimici normalmente presenti negli ambienti. I materiali devono comunque consentire le operazioni di pulizia.

Livello minimo della prestazione:

I livelli prestazionali variano in funzione dei prodotti di rivestimenti utilizzati. Generalmente la resistenza agli aggressivi chimici, per prodotti per rivestimenti di pavimentazione, si suddivide in tre classi:

- C0, rivestimenti utilizzati in ambienti privi di prodotti chimici;
- C1, rivestimenti utilizzati in ambienti a contatto in modo accidentale con prodotti chimici;
- C2, rivestimenti utilizzati in ambienti frequentemente a contatto con prodotti chimici.

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

° 01.01.01 Solai in acciaio e tavolato in legno

Elemento Manutenibile: 01.01.01

Solai in acciaio e tavolato in legno

Unità Tecnologica: 01.01

Solai

I solaio in acciaio è costituito da travi in acciaio e doppio travolato in legno. Normalmente possono essere realizzati con travi in acciaio laminato, saldato o reticolare a cui vengono affidate le sollecitazioni a trazione e a taglio. Per impedire lo scorrimento tra i materiali vengono inseriti dei connettori che lavorano a taglio.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.01.01.A01 Corrosione

Corrosione degli elementi metallici per perdita del requisito di resistenza agli agenti aggressivi chimici e/o per difetti del materiale.

01.01.01.A02 Deformazione

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali (travi principali, travetti, lamiere ed eventuali irrigidimenti e nervature) o comunque non più affidabili sul piano statico.

01.01.01.A03 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

01.01.01.A04 Distacco

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

01.01.01.A05 Imbozzamento

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala e/o dell'anima.

01.01.01.A06 Snervamento

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumentare del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

01.01.01.A07 Alterazione cromatica

Alterazione che si può manifestare attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta, chiarezza, saturazione. Può evidenziarsi in modo localizzato o in zone più ampie diversamente a secondo delle condizioni.

01.01.01.A08 Attacco biologico

Attacco biologico di funghi e batteri con marciscenza e disgregazione delle parti in legno.

01.01.01.A09 Attacco da insetti xilofagi

Attacco da insetti xilofagi con disgregazione delle parti in legno.

01.01.01.A10 Deformazione

Variazione geometriche e morfologiche degli elementi per fenomeni di ritiro quali imbarcamento, svergolamento, ondulazione

01.01.01.A11 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento

01.01.01.A12 Distacco

Distacco di due o più strati di parti di elemento per insufficiente adesione delle parti.

01.01.01.A13 Delaminazione

Delaminazione delle lamelle delle parti di legno lamellare incollato

01.01.01.A14 Fessurazioni

Formazione di interruzioni di continuità nel materiale con distacco macroscopico delle parti

01.01.01.A15 Lesione

Degradazione che si manifesta in seguito ad eventi traumatici con effetti di soluzione di continuità con o senza distacco tra le parti.

01.01.01.A16 Marcescenza

egradazione che si manifesta con la formazione di masse scure polverulente dovuta ad umidità e alla scarsa ventilazione

01.01.01.A17 Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua

01.01.01.A18 Deposito superficiale

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

01.01.01.A19 Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

01.01.01.A20 Macchie

Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.

01.01.01.A21 Muffa

Si tratta di un fungo che tende a crescere sul legno in condizioni di messa in opera recente.

01.01.01.A22 Perdita di materiale

Mancanza di parti e di piccoli elementi in seguito ad eventi traumatici.

01.01.01.A23 Polverizzazione

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

01.01.01.A24 Rigonfiamento

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

01.01.01.A25 Avvallamenti o pendenze anomale dei pavimenti

Le pavimentazioni presentano zone con avvallamenti e pendenze anomale che ne pregiudicano la planarità. Nei casi più gravi sono indicatori di dissesti statici e di probabile collasso strutturale.

01.01.01.A26 Azzurratura

Colorazione del legno in seguito ad eccessi di umidità scavo o rigetto degli strati di pittura.

01.01.01.A27 Decolorazione

Alterazione cromatica della superficie.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**01.01.01.C01 Controllo strutture 1**

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza meccanica; 3) Resistenza agli agenti aggressivi.

Anomalie riscontrabili: 1) Corrosione; 2) Deformazioni e spostamenti; 3) Imbozzamento; 4) Snervamento.

Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore._

01.01.01.C02 Controllo strutture 2

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza agli appoggi).

Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza agli agenti aggressivi; 3) Resistenza meccanica.

Anomalie riscontrabili: 1) Deformazione; 2) Deposito superficiale; 3) Disgregazione; 4) Distacco; 5) Fessurazioni ; 6) Marcescenza ; 7) Macchie; 8) Muffa; 9) Penetrazione di umidità; 10) Perdita di materiale; 11) Polverizzazione; 12) Rigonfiamento.

Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore._

01.01.01.C03 Controllo strutture 3

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza meccanica.

Anomalie riscontrabili: 1) Attacco biologico ; 2) Attacco da insetti xilofagi; 3) Deformazioni e spostamenti; 4) Fessurazioni ; 5) Lesione; 6) Marcescenza .

Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore._

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**01.01.01.I01 Consolidamento solaio**

Cadenza: a guasto

Consolidamento del solaio in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.

Ditte specializzate: *Specializzati vari*,__

Unità Tecnologica: 01.02

Unioni

Le unioni sono costituite da elementi che per materiale e tecniche diverse consentono la realizzazione di collegamenti tra elementi delle strutture nel rispetto delle normative vigenti. Le unioni rappresentano una caratteristica fondamentale nelle costruzioni in legno, acciaio, miste, ecc.. Esse hanno lo scopo di unire le parti, definite in sede progettuale, per realizzare strutture complete che devono rispondere a requisiti precisi.

REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

01.02.R01 Resistenza alla corrosione

Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica

Classe di Esigenza: Durabilità

Gli elementi di unione utilizzati non devono decadere in processi di corrosione.

Prestazioni:

Gli elementi metallici utilizzati per le unioni non devono decadere in processi di corrosione se sottoposti all'azione dell'acqua e del gelo.

Livello minimo della prestazione:

I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.

01.02.R02 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Gli elementi utilizzati per realizzare unioni diverse devono garantire resistenza meccanica alle sollecitazioni ad essi trasmessi

Prestazioni:

Le unioni devono essere realizzate con materiali idonei a resistere a fenomeni di trazione che potrebbero verificarsi durante il ciclo di vita.

Livello minimo della prestazione:

I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

° 01.02.01 Bulloni per legno

° 01.02.02 Giunzioni a scomparsa per strutture in legno

° 01.02.03 Saldature per acciaio

° 01.02.04 Viti strutturali per legno

° 01.02.05 Bullonature per acciaio

Elemento Manutenibile: 01.02.01

Bulloni per legno

Unità Tecnologica: 01.02

Unioni

Si tratta di elementi di collegamento meccanici "a gambo cilindrico" dove la trasmissione dei carichi interessa sia il comportamento flessionale del connettore che le tensioni resistenti e a taglio presenti nel legno attraverso lo spinotto.

Sono in genere realizzati in acciaio con teste e dadi sagomati a "quadrato" o ad "esagono". Possono avere diametro variabile tra i 12-30 mm. Inoltre i fori per l'alloggiamento devono avere un diametro maggiore dei bulloni pari ad 1 mm.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.02.01.A01 Allentamento

Allentamento delle bullonature rispetto alle tenute di serraggio.

01.02.01.A02 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.02.01.A03 Group tear out

Strappo lungo il perimetro del gruppo di mezzi di unione.

01.02.01.A04 Plug shear

Espulsione di tasselli di legno in corrispondenza dei singoli connettori.

01.02.01.A05 Splitting

Rotture anticipate da spacco del materiale in prossimità delle connessioni.

01.02.01.A06 Strappamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

01.02.01.A07 Tension

Rottura a trazione del legno in corrispondenza delle sezioni ridotte.

01.02.01.A08 Tranciamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.01.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 2 anni

Tipologia: Revisione

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:

- verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;
- verifica della pressione del foro o a rifollamento;
- verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;
- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Allentamento*; 2) *Corrosione*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.01.I01 Ripristino

Cadenza: ogni 2 anni

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*__

Elemento Manutenibile: 01.02.02

Giunzioni a scomparsa per strutture in legno

Unità Tecnologica: 01.02

Unioni

Si tratta di sistemi che utilizzano adesivi epossidici bicomponenti per la realizzazione di tutti i sistemi di giunzione e di collegamento per strutture in legno, legno lamellare e combinazioni strutturali miste in legno-cemento e legno-acciaio. Le giunzioni avvengono mediante percolazione nel legno dell'adesivo che aderisce alle superfici dei fori e degli intagli realizzati nel legno. Durante questa fase l'adesivo riempie ed aderisce perfettamente agli elementi metallici di connessione (barre ad aderenza migliorata, lamiere preforate, lamiere striate sabbiolate ecc.) inseriti internamente. Il sistema offre un comportamento di tipo rigido.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.02.02.A01 Allentamento

Allentamento dei giunti rispetto alle tenute di serraggio.

01.02.02.A02 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.02.02.A03 Group tear out

Strappo lungo il perimetro del gruppo di mezzi di unione.

01.02.02.A04 Plug shear

Espulsione di tasselli di legno in corrispondenza dei singoli connettori.

01.02.02.A05 Splitting

Rotture anticipate da spacco del materiale in prossimità delle connessioni.

01.02.02.A06 Strappamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

01.02.02.A07 Tension

Rottura a trazione del legno in corrispondenza delle sezioni ridotte.

01.02.02.A08 Tranciamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.02.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 2 anni

Tipologia: Revisione

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Allentamento*; 2) *Corrosione*; 3) *Strappamento*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.02.I01 Ripristino

Cadenza: ogni 2 anni

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari*.__

Elemento Manutenibile: 01.02.03

Saldature per acciaio

Unità Tecnologica: 01.02**Unioni**

Le saldature sono collegamenti di parti solide che realizzano una continuità del materiale fra le parti che vengono unite. Le saldature, in genere, presuppongono la fusione delle parti che vengono unite. Attraverso le saldature viene garantita anche la continuità delle caratteristiche dei materiali delle parti unite. Esse si basano sul riscaldamento degli elementi da unire (definiti pezzi base) fino al raggiungimento del rammollimento e/o la fusione per ottenere il collegamento delle parti con o senza materiale d'apporto che fondendo forma un cordone di saldatura.

Tra le principali unioni saldate:

- a piena penetrazione;
- a parziale penetrazione;
- unioni realizzate con cordoni d'angolo.

Tra le principali tecniche di saldature si elencano:

- saldatura a filo continuo (mig-mag);
- saldatura per fusione (tig);
- saldatura con elettrodo rivestito;
- saldatura a fiamma ossiacetilenica;
- saldatura in arco sommerso;
- saldatura narrow-gap;
- saldatura a resistenza;
- saldatura a punti;
- saldatura a rilievi;
- saldatura a rulli;
- saldatura per scintillio;
- saldatura a plasma;
- saldatura laser;
- saldatura per attrito.

REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)

01.02.03.R01 Certificazione delle saldature

Classe di Requisiti: Controllabilità tecnologica

Classe di Esigenza: Controllabilità

Le saldature degli acciai dovrà avvenire mediante i procedimenti codificati previsti dalla normativa vigente.

Prestazioni:

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30. Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della

parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1. Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473 almeno di secondo livello.

Livello minimo della prestazione:

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di norme vigenti in materia. In particolare: D.M. 14.1.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e C.M. 2.2.2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14.1.2008).

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.02.03.A01 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.02.03.A02 Cricca

Fenditura sottile e profonda del materiale costituente alla saldatura dovuta ad errori di esecuzione.

01.02.03.A03 Interruzione

Interruzione dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

01.02.03.A04 Rottura

Rottura dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.03.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni anno

Tipologia: Revisione

Controllo della continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione*; 2) *Interruzione*; 3) *Rottura*; 4) *Cricca*.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.03.I01 Ripristino

Cadenza: quando occorre

Rimozione della saldatura difettosa e realizzazione di una nuova.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

01.02.03.I02 Rimozione ossidazioni

Cadenza: quando occorre

Rimozione di eventuali ossidazioni che interessano le saldature.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

Elemento Manutenibile: 01.02.04

Viti strutturali per legno

Unità Tecnologica: 01.02

Unioni

Si tratta di elementi per il collegamento di parti strutturali. In genere hanno una punta auto-perforante a nervature per evitare fessurazioni negli elementi lignei. Hanno filettature con inclinazione migliorata per una presa immediata e con nocciolo maggiorato per facilitare la penetrazione del resto della vite. I filetti hanno diametri e geometria diverse per permettere alla seconda parte della vite di rientrare nel solco precedentemente creato dal primo filetto, questo sempre per deteriorare il meno possibile le fibre del legno ed evitare successive anomalie a carico delle strutture. Il loro impiego trova applicazione per unire elementi di unione (scarpe, giunzioni, ecc.) . Le loro dimensioni e caratteristiche sono legate a standard dettati dalle normative vigenti.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.02.04.A01 Allentamento

Allentamento delle viti rispetto alle tenute di serraggio.

01.02.04.A02 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.02.04.A03 Group tear out

Strappo lungo il perimetro del gruppo di mezzi di unione.

01.02.04.A04 Plug shear

Espulsione di tasselli di legno in corrispondenza dei singoli connettori.

01.02.04.A05 Splitting

Rotture anticipate da spacco del materiale in prossimità delle connessioni.

01.02.04.A06 Strappamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

01.02.04.A07 Tension

Rottura a trazione del legno in corrispondenza delle sezioni ridotte.

01.02.04.A08 Tranciamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.04.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 2 anni

Tipologia: Revisione

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:

- verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;
- verifica della pressione del foro o a rifollamento;
- verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;
- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Allentamento*; 2) *Corrosione*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**01.02.04.I01 Ripristino**

Cadenza: ogni 2 mesi

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari*.__

Elemento Manutenibile: 01.02.05

Bullonature per acciaio

Unità Tecnologica: 01.02

Unioni

Si tratta di elementi di giunzione tra parti metalliche. Le tipologie e caratteristiche dei prodotti forniti dal mercato variano a secondo dell'impiego.

L'impiego di bulloni è indicato quando vi è la necessità di collegare elementi con spessori notevoli e/o nei casi in cui i collegamenti devono essere realizzati in cantiere. Essi possono essere stampati o torniti. Sono formati da:

- viti, con testa (definita bullone) con forma esagonale e gambo in parte o completamente filettato. generalmente il diametro dei bulloni utilizzati per le carpenterie varia tra i 12-30 mm;
- dadi, sempre di forma esagonale, che svolgono la funzione di serraggio del bullone;
- rondelle, in genere di forma circolare, che svolgono la funzione di rendere agevole il serraggio dei dadi;
- controdadi, si tratta di rosette elastiche, bulloni precaricati, e/o altri sistemi, con funzione di resistenza ad eventuali vibrazioni.

I bulloni sono in genere sottoposti a forze perpendicolari al gambo (a taglio) e/o a forze parallele al gambo (a trazione).

Le unioni bullonate si dividono in due categorie:

- a flangia, usate tipicamente nei casi in cui il bullone è sottoposto prevalentemente a trazione.
- a coprigiunto, usate tipicamente nei casi in cui il bullone è sottoposto a taglio.

REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)

01.02.05.R01 Durabilità

Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica

Classe di Esigenza: Durabilità

Le bullonature per acciaio devono garantire adeguata resistenza durante il loro ciclo di vita.

Prestazioni:

Le bullonature per acciaio dovranno garantire adeguata resistenza secondo i valori tabellati della norma UNI EN 20898.

Livello minimo della prestazione:

Le bullonature utilizzate in carpenteria tabellati per classi, secondo UNI EN 20898, dovranno rispettare i seguenti parametri:

- Classe 4.6: Resistenza a taglio (f_k, V) = 170 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 240 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 240 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 400 Mpa, Allungamento % (A%) = 22;
- Classe 5.6: Resistenza a taglio (f_k, V) = 212 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 300 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 300 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 500 Mpa, Allungamento % (A%) = 20;
- Classe 6.8: Resistenza a taglio (f_k, V) = 255 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 360 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 480 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 600 Mpa, Allungamento % (A%) = 16;
- Classe 8.8: Resistenza a taglio (f_k, V) = 396 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 560 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 640 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 800 Mpa, Allungamento % (A%) = 12;
- Classe 10.9: Resistenza a taglio (f_k, V) = 495 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 700 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 900 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 1000 Mpa, Allungamento % (A%) = 9;
- Classe 12.9: Resistenza a taglio (f_k, V) = 594 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 840 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 1080 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 1200 Mpa, Allungamento % (A%) = 8.

Questi valori caratteristici andranno divisi per un coefficiente di modello e uno di sicurezza del materiale per i calcoli di progetto. Le classi 8.8, 10.9 e 12.9 sono dette ad alta resistenza e per esse viene effettuata solamente la verifica ad attrito tra le superfici di contatto della lamiera e del bullone, ovvero si verifica che la forza di serraggio dei bulloni renda efficace l'unione. Per tutte le altre classi si considera il tranciamento del bullone, lo strappo e il rifollamento della lamiera.

I diametri dei bulloni in genere variano dai 12 ai 30 mm (a due a due fino a 24 mm, poi 27 e 30); nel dimensionamento, a causa della loro filettatura, si considera un'area equivalente e non quella effettiva ricavabile dal diametro.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.02.05.A01 Allentamento

Allentamento delle bullonature rispetto alle tenute di serraggio.

01.02.05.A02 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.02.05.A03 Rifollamento

Deformazione dei fori delle lamiere, predisposti per le unioni, dovute alla variazione delle azioni esterne sulla struttura e/o ad errori progettuali e/o costruttivi.

01.02.05.A04 Strappamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

01.02.05.A05 Tranciamento

Rottura dell'elemento dovute a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.05.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 2 anni

Tipologia: Revisione

Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.

Per la corretta messa in opera delle unioni bullonate occorre fare 4 tipi di verifica:

- verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;
- verifica della pressione del foro o a rifollamento;
- verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;
- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza alla corrosione*; 2) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Allentamento*; 2) *Corrosione*; 3) *Rifollamento*; 4) *Strappamento*; 5) *Tranciamento*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.02.05.I01 Ripristino

Cadenza: ogni 2 anni

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*__

Unità Tecnologica: 01.03

Interventi su strutture esistenti

Gli interventi sulle strutture esistenti, rappresentano tutte quelle opere di adeguamento, miglioramento e riparazione, attraverso le quali avviene il ripristino delle condizioni di sicurezza delle stesse nel rispetto della normativa vigente. Tali interventi possono avere come finalità:

- di riportare gli elementi strutturali alla situazione iniziale di capacità resistente;
- di rafforzare gli elementi strutturali per cambiamento di destinazione d'uso, per adeguamento alle normative sismiche, ecc..

Prima di ogni intervento è opportuno avere un quadro conoscitivo completo delle strutture. In particolare avviare un processo diagnostico per una valutazione dello stato di salute della struttura. Il grado di approfondimento e le metodologie più adeguate andranno ogni volta misurate sulla base delle destinazioni d'uso dell'organismo strutturale in esame e delle sue tipologie e schemi strutturali-statici.

REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

01.03.R01 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Gli interventi sulle strutture esistenti dovranno garantire il ripristino delle condizioni di sicurezza e dovranno contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

Prestazioni:

Gli interventi sulle strutture esistenti dovranno contrastare in modo concreto il prodursi di eventuali rotture o deformazioni rilevanti in conseguenza dell'azione di sollecitazioni meccaniche che possono in un certo modo comprometterne la durata e la funzionalità nel tempo e costituire pericolo per la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio, carichi di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi provocati da dilatazioni termiche, eventuali assestamenti e deformazioni di strutturali.

Livello minimo della prestazione:

Per una analisi più approfondita dei livelli minimi rispetto ai vari componenti e materiali costituenti le pareti si rimanda comunque alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

° 01.03.01 Cerchiatura in acciaio

° 01.03.02 Rappezzamenti degli elementi murari

° 01.03.03 Catene

° 01.03.04 Tiranti

° 01.03.05 Architrave in acciaio

Elemento Manutenibile: 01.03.01

Cerchiatura in acciaio

Unità Tecnologica: 01.03
Interventi su strutture esistenti

Si tratta di interventi eseguiti sulle strutture esistenti, per migliorare la resistenza meccanica, in cui vi è la necessità di realizzare una nuova armatura mediante l'utilizzo di elementi in acciaio fissati alla struttura: angolari e calastrelli per sezioni rettangolari e piatti longitudinali con anelli circolari per sezioni circolari. L'intervento prevede:

- l'asportazione del calcestruzzo ammalorato;
- la disposizione di elementi in acciaio;
- riempimento dei vuoti di intercapedine esistenti tra struttura e gli elementi in acciaio con malte a ritiro compensato.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.03.01.A01 Corrosione

Decadimento degli elementi metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.03.01.A02 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione degli elementi strutturali.

01.03.01.A03 Fessurazioni

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

01.03.01.A04 Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.01.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti*; 2) *Fessurazioni*; 3) *Lesioni*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.01.I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: *quando occorre*

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

Elemento Manutenibile: 01.03.02

Rappezzi degli elementi murari

Unità Tecnologica: 01.03
Interventi su strutture esistenti

Si tratta di interventi che interessano il ripristino della struttura muraria. In particolare le parti danneggiate dei muri portanti vengono sostituite, con la tecnica dello scuci e cuci, da altri elementi dello stesso materiale del muro.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.03.02.A01 Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

01.03.02.A02 Distacco

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

01.03.02.A03 Efflorescenze

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza.

01.03.02.A04 Erosione superficiale

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

01.03.02.A05 Esfoliazione

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

01.03.02.A06 Fessurazioni

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto dovute a fenomeni diversi.

01.03.02.A07 Lesioni

Si manifestano con l'interruzione delle superfici dell'elemento strutturale. Le caratteristiche, l'andamento, l'ampiezza ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

01.03.02.A08 Mancanza

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

01.03.02.A09 Patina biologica

Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

01.03.02.A10 Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

01.03.02.A11 Polverizzazione

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

01.03.02.A12 Presenza di vegetazione

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

01.03.02.A13 Scheggiature

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi.

01.03.02.A14 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.02.C01 Controllo di eventuale quadro fessurativo

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Attraverso un esame visivo del quadro fessurativo approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali in situ.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti*; 2) *Distacco*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Penetrazione di umidità*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.02.I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*__

Elemento Manutenibile: 01.03.03

Catene

Unità Tecnologica: 01.03
Interventi su strutture esistenti

Le catene svolgono una funzione statica di sostegno di contrasto a spostamenti orizzontali. In genere vengono utilizzate in caso di dissesti dovuti a traslazioni orizzontali di parti di pareti murarie o di un orizzontamento. La loro azione impedisce un eventuale incremento della traslazione. Esse vengono inserite in corrispondenza della parete muraria o di orizzontamento da presidiare. Esse possono avere sezione diversa (circolare, rettangolare, ecc.). L'intervento può essere localizzato o diffuso. Esse vanno predisposte attraverso elementi di ripartizione (piastre, giunti di tensione, organi di ritegno, ecc.).

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.03.03.A01 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.03.03.A02 Fessure

Fessure evidenti nelle zone di ancoraggio.

01.03.03.A03 Tensione insufficiente

Tensione insufficiente tra tirante e massa muraria.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.03.C01 Controllo strutture

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Revisione

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica.*

Anomalie riscontrabili: 1) *Corrosione*; 2) *Tensione insufficiente.*

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*_

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.03.I01 Ripristino

Cadenza: quando occorre

Ripristino degli stati tensionali adeguati attraverso la registrazione degli elementi di ripartizione collaboranti. Sostituzione di eventuali elementi degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

Elemento Manutenibile: 01.03.04

Tiranti

Unità Tecnologica: 01.03
Interventi su strutture esistenti

I tiranti svolgono una funzione statica di sostegno di contrasto a spostamenti orizzontali. In genere vengono utilizzati in caso di dissesti dovuti a traslazioni orizzontali di parti di pareti murarie o di un orizzontamento. La loro azione impedisce un eventuale incremento della traslazione. Essi vengono inserite in corrispondenza della parete muraria o di orizzontamento da presidiare. Essi possono avere sezione diversa (circolare, rettangolare, ecc.). L'intervento può essere localizzato o diffuso. Essi vanno predisposte attraverso elementi di ripartizione (piastre, giunti di tensione, organi di ritegno, ecc.).

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.03.04.A01 Corrosione

Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.03.04.A02 Fessure

Fessure evidenti nelle zone di ancoraggio.

01.03.04.A03 Tensione insufficiente

Tensione insufficiente tra tirante e massa muraria.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.04.C01 Controllo strutture

Cadenza: ogni 6 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Fessure*; 2) *Tensione insufficiente*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*_

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.04.I01 Ripristino

Cadenza: quando occorre

Ripristino degli stati tensionali adeguati attraverso la registrazione degli elementi di ripartizione collaboranti. Sostituzione di eventuali elementi degradati con altri di analoghe caratteristiche.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

Elemento Manutenibile: 01.03.05

Architrave in acciaio

Unità Tecnologica: 01.03
Interventi su strutture esistenti

Sostituzione di architravi, piattabande etc. esistenti con travi in profilati di acciaio (IPE, UPN, HEA, HEB, etc.) singoli o composti, a sostegno di murature. Sono opportunamente ammorsati alle murature tramite perfori armati.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.03.05.A01 Corrosione

Decadimento degli elementi metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

01.03.05.A02 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione degli elementi strutturali.

01.03.05.A03 Fessurazioni

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

01.03.05.A04 Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.05.C01 Controllo generale

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.

Anomalie riscontrabili: 1) *Deformazioni e spostamenti*; 2) *Fessurazioni*; 3) *Lesioni*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore.*__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.03.05.I01 Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

Ditte specializzate: *Specializzati vari.*_

Unità Tecnologica: 01.04

Strutture di collegamento

Si tratta di strutture di collegamento inclinate costituite da strutture a piano inclinato e da strutture gradonate o a gradini la cui funzione è quella di raggiungere piani posti a quote diverse. Le strutture inclinate si possono dividere in: rampe a piano inclinato (con una pendenza fino all'8%), rampe gradonate, costituite da elementi a gradoni (con una pendenza fino a 20°), scale, formate da gradini con pendenze varie in rapporto alla loro funzione (scale esterne, scale di servizio, scale di sicurezza, ecc.). Le scale possono assumere morfologie diverse: ad una o più rampe, scale curve, scale ellittiche a pozzo, scale circolari a pozzo e scale a chiocciola. Le scale e rampe possono essere realizzate secondo molteplici conformazioni strutturali e in materiali diversi. Si possono avere strutture in acciaio, in legno, in murature, in c.a., prefabbricate, ecc..

REQUISITI E PRESTAZIONI (UT)

01.04.R01 Resistenza all'usura

Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica

Classe di Esigenza: Durabilità

I materiali di rivestimento di gradini e pianerottoli dovranno presentare caratteristiche di resistenza all'usura.

Prestazioni:

I materiali di rivestimento di gradini e pianerottoli dovranno presentare caratteristiche di resistenza all'usura dovute al traffico pedonale, alle abrasioni, agli urti, a perdite di materiale, a depositi, macchie, ecc..

Livello minimo della prestazione:

I rivestimenti dovranno possedere una resistenza all'usura corrispondente alla classe U3 (ossia di resistenza all'usura per un tempo non inferiore ai 10 anni) della classificazione UPEC.

01.04.R02 Resistenza agli agenti aggressivi

Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di Esigenza: Sicurezza

I materiali di rivestimento delle strutture di collegamento non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

Prestazioni:

I materiali costituenti i rivestimenti delle strutture di collegamento non devono deteriorarsi o comunque perdere le prestazioni iniziali in presenza di agenti chimici presenti negli ambienti. I materiali devono comunque consentire le operazioni di pulizia.

Livello minimo della prestazione:

I rivestimenti dei gradini e dei pianerottoli devono avere una resistenza ai prodotti chimici di uso comune corrispondente alla classe C2 della classificazione UPEC.

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

° 01.04.01 Scale prefabbricate in acciaio autoportanti

Elemento Manutenibile: 01.04.01

Scale prefabbricate in acciaio autoportanti

Unità Tecnologica: 01.04
Strutture di collegamento

Si tratta di scale autoportanti realizzate fuori opera e quindi posate nel fabbricato. Sarà cura del fornitore della scala fornire ulteriori indicazioni per l'uso e la manutenzione aggiuntive rispetto a quelle di seguito riportate.

REQUISITI E PRESTAZIONI (EM)

01.04.01.R01 Resistenza meccanica per strutture prefabbricate

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Gli elementi strutturali costituenti le scale devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

Prestazioni:

Gli elementi strutturali costituenti le scale e quelli accessori devono essere idonei a contrastare in modo efficace eventuali rotture e/o deformazioni rilevanti in seguito ad azioni e sollecitazioni meccaniche, garantendo la durata e la funzionalità nel tempo senza compromettere la sicurezza degli utenti. Si considerano le azioni dovute a: carichi di peso proprio e carichi di esercizio, sollecitazioni sismiche, dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle scale devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

Livello minimo della prestazione:

I livelli minimi variano in funzione delle prove di laboratorio eseguite secondo le norme tecniche di settore.

ANOMALIE RISCONTRABILI

01.04.01.A01 Corrosione

Corrosione degli elementi metallici per perdita del requisito di resistenza agli agenti aggressivi chimici e/o per difetti del materiale.

01.04.01.A02 Deformazione

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali (travi principali, travetti, gradini di lamiera ed eventuali irrigidimenti e nervature) o comunque non più affidabili sul piano statico.

01.04.01.A03 Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

01.04.01.A04 Imbozzamento

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala e/o dell'anima.

01.04.01.A05 Snervamento

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumentare del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE

01.04.01.C01 Controllo balaustre e corrimano

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici delle balaustre e dei corrimano (macchie, sporco, abrasioni, ecc.). Verifica della loro stabilità e del corretto serraggio.

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza all'usura*; 2) *Resistenza meccanica per strutture prefabbricate*.__

01.04.01.C03 Controllo rivestimenti pedate e alzate

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici dei rivestimenti costituenti pedate ed alzate. Verifica di eventuale presenza di macchie, sporco, efflorescenze, abrasioni, ecc..

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza all'usura*; 2) *Resistenza meccanica per strutture prefabbricate*.__

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.04.01.C02 Controllo strutture

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fenomeni di disgregazioni, scaglionature, fessurazioni, distacchi, esposizione dei ferri d'armatura, processi di carbonatazione del cls, ecc.).

Requisiti da verificare: 1) *Resistenza agli agenti aggressivi*; 2) *Resistenza meccanica per strutture prefabbricate*.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.__

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

01.04.01.I01 Ripresa coloritura

Cadenza: quando occorre

Ritinteggiature delle parti previa rimozione delle parti deteriorate mediante preparazione del fondo. Le modalità di ritinteggiatura, i prodotti, le attrezzature variano comunque in funzione delle superfici e dei materiali costituenti.

Ditte specializzate: *Pittore*.__

01.04.01.I02 Ripristino puntuale pedate e alzate

Cadenza: quando occorre

Ripristino e/o sostituzione degli elementi rotti delle pedate e delle alzate con elementi analoghi.

Ditte specializzate: *Pavimentista, Muratore*.__

01.04.01.I03 Ripristino stabilità corrimano e balaustre

Cadenza: quando occorre

Ripristino e/o sostituzione degli elementi di connessione dei corrimano e delle balaustre e verifica del corretto serraggio degli stessi e

sostituzioni di eventuali parti mancanti. Riparazione della protezione antiruggine degli elementi metallici mediante rimozione della ruggine ed applicazione di vernici protettive. Riparazione di eventuali corrosioni o fessurazioni mediante saldature in loco con elementi di raccordo.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.*_

01.04.01.I04 Sostituzione degli elementi degradati

Cadenza: *quando occorre*

Sostituzione degli elementi usurati o rotti con altri analoghi. Sostituzione e verifica dei relativi ancoraggi.

Ditte specializzate: *Specializzati vari, Muratore.*_

01.04.01.I05 Ripristino serraggi bulloni e connessioni metalliche

Cadenza: *ogni 2 anni*

Ripristino e/o sostituzione degli elementi di connessione e verifica del corretto serraggio degli stessi e sostituzioni di quelli mancanti. Riparazione della protezione antiruggine degli elementi metallici mediante rimozione della ruggine ed applicazione di vernici protettive. Riparazione di eventuali corrosioni o fessurazioni mediante saldature in loco con elementi di raccordo.

Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.*_

INDICE

01 Progetto strutturale__	pag.	3
01.01 Solai__		4
01.01.01 Solai in acciaio e tavolato in legno__		6
01.02 Unioni__		10
01.02.01 Bulloni per legno__		11
01.02.02 Giunzioni a scomparsa per strutture in legno__		13
01.02.03 Saldature per acciaio__		15
01.02.04 Viti strutturali per legno__		18
01.02.05 Bullonature per acciaio__		20
01.03 Interventi su strutture esistenti__		22
01.03.01 Cerchiatura in acciaio__		23
01.03.02 Rappezzi degli elementi murari__		25
01.03.03 Catene__		27
01.03.04 Tiranti__		29
01.03.05 Architrave in acciaio__		31
01.04 Strutture di collegamento__		33
01.04.01 Scale prefabbricate in acciaio autoportanti__		34



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

Comune di Otricoli
Provincia di Terni

PIANO DI MANUTENZIONE

**PROGRAMMA DI
MANUTENZIONE**

SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI
(Articolo 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

OGGETTO: OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE: Comune di Otricoli

Foligno, Settembre 2023



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli



Controllabilità tecnologica**01 - Progetto strutturale****01.02 - Unioni**

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.02.03	Saldature per acciaio		
01.02.03.R01	Requisito: Certificazione delle saldature <i>Le saldature degli acciai dovrà avvenire mediante i procedimenti codificati previsti dalla normativa vigente.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di norme vigenti in materia. In particolare: D.M. 14.1.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) e C.M. 2.2.2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14.1.2008).</i> Riferimenti normativi: <i>D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI EN 1418; UNI EN 473; UNI EN ISO 4063; UNI EN ISO 14555; UNI EN 287-1; UNI EN ISO 17635; UNI EN ISO 5817; UNI EN ISO 9692-1; UNI EN 1011-1/2; UNI EN ISO 15614-1.</i>		

Di stabilità

01 - Progetto strutturale

01.01 - Solai

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.01	Solai		
01.01.R01	Requisito: (Attitudine al) controllo della freccia massima <i>La freccia di inflessione di un solaio costituisce il parametro attraverso il quale viene giudicata la deformazione sotto carico e la sua elasticità.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati secondo le norme vigenti.</i> Riferimenti normativi: Legge 5.11.1971, n. 1086; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI 8290-2.		
01.01.01.C03	Controllo: Controllo strutture 3 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C02	Controllo: Controllo strutture 2 <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza agli appoggi).</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C01	Controllo: Controllo strutture 1 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.R03	Requisito: Resistenza meccanica <i>I solai devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Le prestazioni sono generalmente affidate allo strato o elementi portanti. I parametri di valutazione della prestazione possono essere il sovraccarico ammissibile espresso in daN oppure la luce limite di esercizio espresso in m.</i> Riferimenti normativi: Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI 8290-2; UNI 8635-14; UNI EN 595.		
01.01.01.C03	Controllo: Controllo strutture 3 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C02	Controllo: Controllo strutture 2 <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza agli appoggi).</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C01	Controllo: Controllo strutture 1 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

01.02 - Unioni

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.02	Unioni		
01.02.R02	Requisito: Resistenza meccanica <i>Gli elementi utilizzati per realizzare unioni diverse devono garantire resistenza meccanica alle sollecitazioni ad essi trasmessi</i> Livello minimo della prestazione: <i>I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.</i> Riferimenti normativi: Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI EN 15048-1; UNI EN 20898.		
01.02.03.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo della continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.</i>	Revisione	ogni anno
01.02.05.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio. Per la corretta messa in opera delle unioni bullonate occorre fare 4 tipi di verifica:</i> - verifica di resistenza a taglio o a tranciamento; - verifica della pressione del foro o a rifollamento; - verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento; - verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.	Revisione	ogni 2 anni
01.02.04.C01	Controllo: Controllo generale	Revisione	ogni 2 anni

01.02.02.C01	Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche: - verifica di resistenza a taglio o a tranciamento; - verifica della pressione del foro o a rifollamento; - verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento; - verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento. Controllo: Controllo generale	Revisione	ogni 2 anni
01.02.01.C01	Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio. Controllo: Controllo generale Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche: - verifica di resistenza a taglio o a tranciamento; - verifica della pressione del foro o a rifollamento; - verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento; - verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.	Revisione	ogni 2 anni

01.03 - Interventi su strutture esistenti

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.03	Interventi su strutture esistenti		
01.03.R01	Requisito: Resistenza meccanica <i>Gli interventi sulle strutture esistenti dovranno garantire il ripristino delle condizioni di sicurezza e dovranno contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Per una analisi più approfondita dei livelli minimi rispetto ai vari componenti e materiali costituenti le pareti si rimanda comunque alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.</i> Riferimenti normativi: <i>Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI 8290-2; UNI EN 1356; UNI EN 12390-1; UNI EN 1992 1/2; UNI EN 1090-3; UNI 9503; UNI EN 1993; UNI EN 1999; UNI EN 1994; UNI EN 1995; UNI EN 384.</i>		
01.03.04.C01	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.</i>	Controllo a vista	ogni 6 mesi
01.03.05.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.03.03.C01	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.</i>	Revisione	ogni 12 mesi
01.03.02.C01	Controllo: Controllo di eventuale quadro fessurativo <i>Attraverso un esame visivo del quadro fessurativo approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali in situ.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.03.01.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

01.04 - Strutture di collegamento

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.04.01	Scale prefabbricate in acciaio autoportanti		
01.04.01.R01	Requisito: Resistenza meccanica per strutture prefabbricate <i>Gli elementi strutturali costituenti le scale devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.</i> Livello minimo della prestazione: <i>I livelli minimi variano in funzione delle prove di laboratorio eseguite secondo le norme tecniche di settore.</i> Riferimenti normativi: <i>Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI 7998; UNI 7999; UNI 8290-2; UNI 8380; UNI 8381; UNI 10803; UNI 10804; UNI 10810; UNI 10811; UNI 10812.</i>		
01.04.01.C03	Controllo: Controllo rivestimenti pedate e alzate <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici dei rivestimenti costituenti pedate ed alzate. Verifica di eventuale presenza di macchie, sporco, efflorescenze, abrasioni, ecc..</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.04.01.C02	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fenomeni di disgregazioni, scaglionature, fessurazioni, distacchi, esposizione dei ferri d'armatura, processi di carbonatazione del cls, ecc.).</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.04.01.C01	Controllo: Controllo balaustre e corrimano <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici delle balaustre e dei corrimano (macchie, sporco, abrasioni, ecc.). Verifica della loro stabilità e del corretto serraggio.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

Durabilità tecnologica

01 - Progetto strutturale

01.02 - Unioni

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.02	Unioni		
01.02.R01	Requisito: Resistenza alla corrosione <i>Gli elementi di unione utilizzati non devono decadere in processi di corrosione.</i> Livello minimo della prestazione: <i>I materiali utilizzati per le unioni devono soddisfare i requisiti indicati dalla norme vigenti.</i> Riferimenti normativi: <i>D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009, n. 617; UNI EN 15048-1; UNI EN 20898.</i>__		
01.02.03.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo della continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.</i>	Revisione	ogni anno
01.02.05.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.</i> <i>Per la corretta messa in opera delle unioni bullonate occorre fare 4 tipi di verifica:</i> - <i>verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;</i> - <i>verifica della pressione del foro o a rifollamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.</i>	Revisione	ogni 2 anni
01.02.04.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:</i> - <i>verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;</i> - <i>verifica della pressione del foro o a rifollamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.</i>	Revisione	ogni 2 anni
01.02.02.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.</i>	Revisione	ogni 2 anni
01.02.01.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:</i> - <i>verifica di resistenza a taglio o a tranciamento;</i> - <i>verifica della pressione del foro o a rifollamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento;</i> - <i>verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento.</i>	Revisione	ogni 2 anni
01.02.05	Bullonature per acciaio		
01.02.05.R01	Requisito: Durabilità <i>Le bullonature per acciaio devono garantire adeguata resistenza durante il loro ciclo di vita.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Le bullonature utilizzate in carpenteria tabellati per classi, secondo UNI EN 20898. , dovranno rispettare i seguenti parametri:</i> - <i>Classe 4.6: Resistenza a taglio (f_k, V) = 170 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 240 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 240 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 400 Mpa, Allungamento % (A%) = 22;</i> - <i>Classe 5.6: Resistenza a taglio (f_k, V) = 212 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 300 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 300 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 500 Mpa, Allungamento % (A%) = 20;</i> - <i>Classe 6.8: Resistenza a taglio (f_k, V) = 255 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 360 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 480 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 600 Mpa, Allungamento % (A%) = 16;</i> - <i>Classe 8.8: Resistenza a taglio (f_k, V) = 396 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 560 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 640 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 800 Mpa, Allungamento % (A%) = 12;</i> - <i>Classe 10.9: Resistenza a taglio (f_k, V) = 495 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 700 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 900 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 1000 Mpa, Allungamento % (A%) = 9;</i> - <i>Classe 12.9: Resistenza a taglio (f_k, V) = 594 MPa, Resistenza a snervamento (f_y) = 840 MPa, Res.a trazione/compressione (f_k, N) = 1080 MPa, Resistenza ultima (f_t) = 1200 Mpa, Allungamento % (A%) = 8.</i> <i>Questi valori caratteristici andranno divisi per un coefficiente di modello e uno di sicurezza del materiale per i calcoli di progetto. Le classi 8.8, 10.9 e 12.9 sono dette ad alta resistenza e per esse viene effettuata solamente la verifica ad attrito tra le superfici di contatto della lamiera e del bullone, ovvero si verifica che la forza di serraggio dei bulloni renda efficace l'unione. Per tutte le altre classi si considera il tranciamento del bullone, lo strappo e il rifollamento della lamiera.</i> <i>I diametri dei bulloni in genere variano dai 12 ai 30 mm (a due a due fino a 24 mm, poi 27 e 30); nel dimensionamento, a causa della loro filettatura, si considera un'area equivalente e non quella effettiva ricavabile dal diametro.</i> Riferimenti normativi: <i>D.M. Infrastrutture e Trasporti 14.1.2008; C.M. Infrastrutture e Trasporti</i>__		

2.2.2009 n. 617· UNI EN 15048-1· UNI EN 20898

01.04 - Strutture di collegamento

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.04	Strutture di collegamento		
01.04.R01	Requisito: Resistenza all'usura <i>I materiali di rivestimento di gradini e pianerottoli dovranno presentare caratteristiche di resistenza all'usura.</i> Livello minimo della prestazione: <i>I rivestimenti dovranno possedere una resistenza all'usura corrispondente alla classe U3 (ossia di resistenza all'usura per un tempo non inferiore ai 10 anni) della classificazione UPEC.</i> Riferimenti normativi: UNI 7998; UNI 7999; UNI 8380; UNI 8381; UNI 8014-15; UNI 8298-9; UNI ISO 4649; UNI 10803; UNI 10804; UNI EN 649; UNI EN 1816; UNI EN 1817; UNI EN 14411; UNI EN ISO 10545-1/6/7; ICITE UEAtc (Direttive comuni - Pavimentazioni plastiche); ICITE UEAtc (Direttive comuni - Pavimentazioni sottili); ICITE UEAtc (Direttive comuni - Pavimentazioni tessili).__		
01.04.01.C03	Controllo: Controllo rivestimenti pedate e alzate <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici dei rivestimenti costituenti pedate ed alzate. Verifica di eventuale presenza di macchie, sporco, efflorescenze, abrasioni, ecc..</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.04.01.C01	Controllo: Controllo balaustre e corrimano <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici delle balaustre e dei corrimano (macchie, sporco, abrasioni, ecc.). Verifica della loro stabilità e del corretto serraggio.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

Protezione dagli agenti chimici ed organici

01 - Progetto strutturale

01.01 - Solai

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.01	Solai		
01.01.R04	Requisito: Resistenza agli agenti aggressivi <i>I materiali costituenti i solai non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.</i> Livello minimo della prestazione: <i>I livelli prestazionali variano in funzione dei prodotti di rivestimenti utilizzati. Generalmente la resistenza agli aggressivi chimici, per prodotti per rivestimenti di pavimentazione, si suddivide in tre classi:</i> - C0, rivestimenti utilizzati in ambienti privi di prodotti chimici; - C1, rivestimenti utilizzati in ambienti a contatto in modo accidentale con prodotti chimici; - C2, rivestimenti utilizzati in ambienti frequentemente a contatto con prodotti chimici. Riferimenti normativi: UNI 8290-2; UNI 8298-4; UNI EN ISO 10545-13/14; UNI EN ISO 175; ICITE UEAtc (Direttive comuni - Intonaci plastici); ICITE UEAtc (Direttive comuni - Rivestimenti di		
01.01.01.C02	pavimento sottili). Controllo: Controllo strutture 2 <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza agli appoggi).</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C01	Controllo: Controllo strutture 1 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

01.04 - Strutture di collegamento

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.04	Strutture di collegamento		
01.04.R02	Requisito: Resistenza agli agenti aggressivi <i>I materiali di rivestimento delle strutture di collegamento non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.</i> Livello minimo della prestazione: <i>I rivestimenti dei gradini e dei pianerottoli devono avere una resistenza ai prodotti chimici di uso comune corrispondente alla classe C2 della classificazione UPEC.</i> Riferimenti normativi: UNI 7998; UNI 7999; UNI 8012; UNI 8290-2; UNI 8298-4; UNI 8380; UNI 8381; UNI 8754; UNI EN ISO 6270-1; UNI 10803; UNI 10804; UNI EN 649; UNI EN 14411; UNI EN ISO 4623-1/2; UNI EN ISO 10545-1; ICITE UEAtc (Direttive comuni - Intonaci plastici); ICITE UEAtc (Direttive comuni - Rivestimenti di pavimento sottili); Capitolato Speciale Tipo per Appalti di Lavori Edilizi. _		
01.04.01.C02	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fenomeni di disgregazioni, scaglionature, fessurazioni, distacchi, esposizione dei ferri d'armatura, processi di carbonatazione del cls, ecc.).</i>	Controllo a vista	ogni 12 mesi

Visivi**01 - Progetto strutturale****01.01 - Solai**

Codice	Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.01	Solai		
01.01.R02	Requisito: Regolarità delle finiture <i>I materiali costituenti i solai devono avere gli strati superficiali in vista privi di difetti, fessurazioni, distacchi, ecc. e/o comunque esenti da caratteri che possano rendere difficile la lettura formale.</i> Livello minimo della prestazione: <i>Essi variano in funzione dei materiali utilizzati per i rivestimenti superficiali.</i> Riferimenti normativi: UNI 7823; UNI 8290-2; UNI 8813; UNI 8941-1/2/3; UNI EN ISO 10545-2 ; <i>ICITE UEAtc (Direttive comuni - Rivestimenti plastici continui).</i>		

INDICE

Elenco Classe di Requisiti:

Controllabilità tecnologica	pag.	2
Di stabilità	pag.	3
Durabilità tecnologica	pag.	5
Protezione dagli agenti chimici ed organici	pag.	7
Visivi	pag.	8



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Andrea Mattioli'.

Comune di Otricoli
Provincia di Terni

PIANO DI MANUTENZIONE

**PROGRAMMA DI
MANUTENZIONE**

SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

(Articolo 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

OGGETTO: OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE: Comune di Otricoli

Foligno, Settembre 2023



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrea Mattioli'.

01 - Progetto strutturale

01.01 - Solai

Codice	Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.01.01	Solai in acciaio e tavolato in legno		
01.01.01.C01	Controllo: Controllo strutture 1 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i> Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza meccanica; 3) Resistenza agli agenti aggressivi. Anomalie riscontrabili: 1) Corrosione; 2) Deformazioni e spostamenti; 3) Imbozzamento; 4) Snervamento. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C02	Controllo: Controllo strutture 2 <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (presenza di umidità, marcescenza delle travi, riduzione o perdita delle caratteristiche di resistenza agli appoggi).</i> Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza agli agenti aggressivi; 3) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Deformazione; 2) Deposito superficiale; 3) Disgregazione; 4) Distacco; 5) Fessurazioni ; 6) Marcescenza ; 7) Macchie; 8) Muffa; 9) Penetrazione di umidità; 10) Perdita di materiale; 11) Polverizzazione; 12) Rigonfiamento. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.01.01.C03	Controllo: Controllo strutture 3 <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.</i> Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della freccia massima; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Attacco biologico ; 2) Attacco da insetti xilofagi; 3) Deformazioni e spostamenti; 4) Fessurazioni ; 5) Lesione; 6) Marcescenza . Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Controllo a vista	ogni 12 mesi

01.02 - Unioni

Codice	Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.02.01	Bulloni per legno		
01.02.01.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio effettuando le seguenti verifiche:</i> - verifica di resistenza a taglio o a tranciamento; - verifica della pressione del foro o a rifollamento; - verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento; - verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento. Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Allentamento; 2) Corrosione. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Revisione	ogni 2 anni
01.02.02	Giunzioni a scomparsa per strutture in legno		
01.02.02.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Allentamento; 2) Corrosione; 3) Strappamento. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Revisione	ogni 2 anni
01.02.03	Saldature per acciaio		
01.02.03.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo della continuità delle parti saldate e l'assenza di anomalie evidenti.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Corrosione; 2) Interruzione; 3) Rottura; 4) Cricca. Ditte specializzate: Specializzati vari.	Revisione	ogni anno
01.02.04	Viti strutturali per legno		
	<i>a strappamento;</i>		

01.02.04.C01	- verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento. Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Allentamento; 2) Corrosione. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Revisione	ogni 2 anni
01.02.05	Bullonature per acciaio		
01.02.05.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllo degli elementi di giunzione tra parti e verifica della giusta tenuta di serraggio.</i> <i>Per la corretta messa in opera delle unioni bullonate occorre fare 4 tipi di verifica:</i> - verifica di resistenza a taglio o a tranciamento; - verifica della pressione del foro o a rifollamento; - verifica a rottura per trazione della piastra o a strappamento; - verifica a rottura per trazione dei fori o a strappamento. Requisiti da verificare: 1) Resistenza alla corrosione; 2) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Allentamento; 2) Corrosione; 3) Rifollamento; 4) Strappamento; 5) Tranciamento. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Revisione	ogni 2 anni

01.03 - Interventi su strutture esistenti

Codice	Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.03.01	Cerchiatura in acciaio		
01.03.01.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Deformazioni e spostamenti; 2) Fessurazioni; 3) Lesioni. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.03.02	Rappezzi degli elementi murari		
01.03.02.C01	Controllo: Controllo di eventuale quadro fessurativo <i>Attraverso un esame visivo del quadro fessurativo approfondire ed analizzare eventuali dissesti strutturali anche con l'ausilio di indagini strumentali in situ.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Deformazioni e spostamenti; 2) Distacco; 3) Fessurazioni; 4) Lesioni; 5) Penetrazione di umidità. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore.	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.03.03	Catene		
01.03.03.C01	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Corrosione; 2) Tensione insufficiente. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore. __	Revisione	ogni 12 mesi
01.03.04	Tiranti		
01.03.04.C01	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesti statici. Controllare la giusta collaborazione degli elementi di ripartizione.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Fessure; 2) Tensione insufficiente. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore.	Controllo a vista	ogni 6 mesi
01.03.05	Architrave in acciaio		
01.03.05.C01	Controllo: Controllo generale <i>Controllare eventuali anomalie dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza meccanica. Anomalie riscontrabili: 1) Deformazioni e spostamenti; 2) Fessurazioni; 3) Lesioni. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore.	Controllo a vista	ogni 12 mesi

01.04 - Strutture di collegamento

Codice	Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
01.04.01	Scale prefabbricate in acciaio autoportanti		
01.04.01.C01	Controllo: Controllo balaustre e corrimano <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici delle balaustre e dei corrimano (macchie, sporco, abrasioni, ecc.). Verifica della loro stabilità e del corretto serraggio.</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza all'usura; 2) Resistenza meccanica per strutture prefabbricate. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore, Muratore. __	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.04.01.C02	Controllo: Controllo strutture <i>Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fenomeni di disgregazioni, scaglionature, fessurazioni, distacchi, esposizione dei ferri d'armatura, processi di carbonatazione del cls, ecc.).</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza agli agenti aggressivi; 2) Resistenza meccanica per strutture prefabbricate. Ditte specializzate: Tecnici di livello superiore.	Controllo a vista	ogni 12 mesi
01.04.01.C03	Controllo: Controllo rivestimenti pedate e alzate <i>Controllo periodico delle condizioni estetiche delle superfici dei rivestimenti costituenti pedate ed alzate. Verifica di eventuale presenza di macchie, sporco, efflorescenze, abrasioni, ecc..</i> Requisiti da verificare: 1) Resistenza all'usura; 2) Resistenza meccanica per strutture prefabbricate. Ditte specializzate: Muratore.	Controllo a vista	ogni 12 mesi

INDICE

01	Progetto strutturale__	pag.	2
01.01	Solai__		2
01.01.01	Solai in acciaio e tavolato in legno__		2
01.02	Unioni__		2
01.02.01	Bulloni per legno__		2
01.02.02	Giunzioni a scomparsa per strutture in legno__		2
01.02.03	Saldature per acciaio__		2
01.02.04	Viti strutturali per legno__		2
01.02.05	Bullonature per acciaio__		3
01.03	Interventi su strutture esistenti__		3
01.03.01	Cerchiatura in acciaio__		3
01.03.02	Rappezzi degli elementi murari__		3
01.03.03	Catene__		3
01.03.04	Tiranti__		3
01.03.05	Architrave in acciaio__		3
01.04	Strutture di collegamento__		4
01.04.01	Scale prefabbricate in acciaio autoportanti__		4



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

Comune di Otricoli
Provincia di Terni

PIANO DI MANUTENZIONE

**PROGRAMMA DI
MANUTENZIONE**

SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

(Articolo 38 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

OGGETTO: OSTELLO ZONA NOTTE CASA PEDRONI Ristrutturazione edilizia di una porzione del Palazzo Pedroni, sito in Otricoli, in vicolo dell'Olmo n. 7, con nuova destinazione come zona notte del nuovo Ostello della gioventù

COMMITTENTE: Comune di Otricoli

Foligno, Settembre 2023



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli

01 - Progetto strutturale

01.01 - Solai

Codice	Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
01.01.01	Solai in acciaio e tavolato in legno	
01.01.01.I01	Intervento: Consolidamento solaio <i>Consolidamento del solaio in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	a guasto

01.02 - Unioni

Codice	Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
01.02.01	Bulloni per legno	
01.02.01.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	ogni 2 anni
01.02.02	Giunzioni a scomparsa per strutture in legno	
01.02.02.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	ogni 2 anni
01.02.03	Saldature per acciaio	
01.02.03.I01	Intervento: Ripristino <i>Rimozione della saldatura difettosa e realizzazione di una nuova.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i>	quando occorre
01.02.03.I02	Intervento: Rimozione ossidazioni <i>Rimozione di eventuali ossidazioni che interessano le saldature.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	quando occorre
01.02.04	Viti strutturali per legno	
01.02.04.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	ogni 2 mesi
01.02.05	Bullonature per acciaio	
01.02.05.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	ogni 2 anni

01.03 - Interventi su strutture esistenti

Codice	Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
01.03.01	Cerchiatura in acciaio	
01.03.01.I01	Intervento: Interventi sulle strutture <i>Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	quando occorre
01.03.02	Rappezzi degli elementi murari	

01.03.02.I01	Intervento: Interventi sulle strutture <i>Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	quando occorre
01.03.03	Catene	
01.03.03.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino degli stati tensionali adeguati attraverso la registrazione degli elementi di ripartizione collaboranti. Sostituzione di eventuali elementi degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i>	quando occorre
01.03.04	Tiranti	
01.03.04.I01	Intervento: Ripristino <i>Ripristino degli stati tensionali adeguati attraverso la registrazione degli elementi di ripartizione collaboranti. Sostituzione di eventuali elementi degradati con altri di analoghe caratteristiche.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i>	quando occorre
01.03.05	Architrave in acciaio	
01.03.05.I01	Intervento: Interventi sulle strutture <i>Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari.</i> __	quando occorre

01.04 - Strutture di collegamento

Codice	Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
01.04.01	Scale prefabbricate in acciaio autoportanti	
01.04.01.I01	Intervento: Ripresa coloritura <i>Ritinteggiature delle parti previa rimozione delle parti deteriorate mediante preparazione del fondo. Le modalità di ritinteggiatura, i prodotti, le attrezzature variano comunque in funzione delle superfici e dei materiali costituenti.</i> Ditte specializzate: <i>Pittore.</i> __	quando occorre
01.04.01.I02	Intervento: Ripristino puntuale pedate e alzate <i>Ripristino e/o sostituzione degli elementi rotti delle pedate e delle alzate con elementi analoghi.</i> Ditte specializzate: <i>Pavimentista, Muratore.</i> __	quando occorre
01.04.01.I03	Intervento: Ripristino stabilità corrimano e balaustre <i>Ripristino e/o sostituzione degli elementi di connessione dei corrimano e delle balaustre e verifica del corretto serraggio degli stessi e sostituzioni di eventuali parti mancanti. Riparazione della protezione antiruggine degli elementi metallici mediante rimozione della ruggine ed applicazione di vernici protettive. Riparazione di eventuali corrosioni o fessurazioni mediante saldature in loco con elementi di raccordo.</i> Ditte specializzate: <i>Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.</i> __	quando occorre
01.04.01.I04	Intervento: Sostituzione degli elementi degradati <i>Sostituzione degli elementi usurati o rotti con altri analoghi. Sostituzione e verifica dei relativi ancoraggi.</i> Ditte specializzate: <i>Specializzati vari, Muratore.</i> __	quando occorre
01.04.01.I05	Intervento: Ripristino serraggi bulloni e connessioni metalliche <i>Ripristino e/o sostituzione degli elementi di connessione e verifica del corretto serraggio degli stessi e sostituzioni di quelli mancanti. Riparazione della protezione antiruggine degli elementi metallici mediante rimozione della ruggine ed applicazione di vernici protettive. Riparazione di eventuali corrosioni o fessurazioni mediante saldature in loco con elementi di raccordo.</i> Ditte specializzate: <i>Tecnici di livello superiore, Specializzati vari.</i>	ogni 2 anni

INDICE

01	Progetto strutturale__	pag.	2
01.01	Solai__		2
01.01.01	Solai in acciaio e tavolato in legno__		2
01.02	Unioni__		2
01.02.01	Bulloni per legno__		2
01.02.02	Giunzioni a scomparsa per strutture in legno__		2
01.02.03	Saldature per acciaio__		2
01.02.04	Viti strutturali per legno__		2
01.02.05	Bullonature per acciaio__		2
01.03	Interventi su strutture esistenti__		2
01.03.01	Cerchiatura in acciaio__		2
01.03.02	Rappezzi degli elementi murari__		2
01.03.03	Catene__		3
01.03.04	Tiranti__		3
01.03.05	Architrave in acciaio__		3
01.04	Strutture di collegamento__		3
01.04.01	Scale prefabbricate in acciaio autoportanti__		3



IL TECNICO
Ing Andrea Mattioli