

**CHIESA della CONVERSIONE di S. PAOLO**  
sita nel Comune di Ferrara - Località Porporana  
via Martelli n. 315  
elenco Beni culturali n. ord. 2080

Legale rappresentante: don GRAZIANO DONÀ

**SISMA IN EMILIA-ROMAGNA**  
**INTERVENTI DI RIPARAZIONE DEL DANNO**  
**CON RAFFORZAMENTO LOCALE**  
**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO**

Oggetto:

- Relazione sui materiali strutturali

Scala:

Numero:

REL S02

Data:

Dicembre 2017

Tecnici:

- per la parte architettonica

Arch. Cristina Nagliati  
via Bartolino da Novara n. 1/A - Ferrara  
cel. 328.46.28.450 - fax 0532.18.60.840

Arch. Gian Paolo Rubin  
via Ravenna n. 703/A - Ferrara  
cel. 329.62.56.319 - telefax 0532.76.33.47

- per la parte strutturale

Ing. Denis Zanetti  
via Mulinetto n. 35 - Ferrara  
Tel. 0535.76.51.17 - fax 0532.76.95.13



## RELAZIONE SUI MATERIALI

### MATERIALI DA COSTRUZIONE – PRESCRIZIONI GENERALI

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere identificati univocamente a cura del produttore, qualificati secondo la responsabilità del produttore e accettati del Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali e di accettazione.

Nel caso specifico si riportano i riferimenti per i parametri caratteristici e di calcolo adottati in fase di progetto, rimandando al Capitolato Speciale D'Appalto per ogni altra prescrizione.

Come principio generale, per i materiali esistenti si applicheranno i coefficienti riduttivi specifici per il LIVELLO DI CONOSCENZA raggiunto e motivato nella Relazione di Calcolo.

### ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE 11.3.4

Per i profili metallici si prevede l'adozione di acciaio S275JR conforme a UNI EN 10025-2.

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_k [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_k [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 11.3.IX

Si adottano i seguenti parametri di progetto (NTC 2008 11.3.4.1) :

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  $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

Densità  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

La resistenza di calcolo delle membrature adottata per il presente progetto,  $R_d$ , si pone nella forma:

$$R_d = R_k / \gamma_m$$

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Tutto l'acciaio dovrà essere zincato a caldo.

Si prescrive la classe di esecuzione EXC3

## BULLONERIE E SALDATURE

Bulloneria ad alta resistenza conforme per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 di classe 8.8 UNI EN ISO 898-1:2001 come recepito all'art.11.3.4.6.1 delle NTC2008 e riportato nelle tabelle 11.3.XII.a/b (riportate a seguire) della suddetta normativa tecnica per le costruzioni.

**Tabella 11.3.XII.a**

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

**Tabella 11.3.XII.b**

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{t,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	640	900
$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

Le saldature dovranno essere eseguite in classe di qualità B ai sensi della UNI EN ISO 5817:2014.

## LEGNO MASSICCIO NUOVO

Il legname fornito potrà essere nuovo o di recupero a seconda delle precise indicazioni del Direttore dei Lavori con percentuali di umidità INDICATIVAMENTE inferiori a 20% per legname nuovo stagionato e 15% per legname di recupero, con inclinazione delle fibre rispettivamente pari a 1/10 e 1/7. Il materiale dovrà essere portato ad un'umidità il più possibile vicina a quella dell'ambiente in cui dovrà essere messo in opera, da verificare prima della consegna in cantiere del materiale. Il legname da utilizzarsi per le strutture di copertura dovrà essere di abete ed appartenere alle classi C24 della tabella 1 della Norma Europea UNI-EN 338. La scelta delle travi di recupero dovrà essere eseguita in accordo con la D.L.



		Piccolo e conifero												Lattifoglie						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
Proprietà di resistenza (in N/mm <sup>2</sup> )																				
Flessione	$f_{b,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70	
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42	
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34	
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,0	3,4	3,8	4,7	5,6	6,5	
Taglio	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0	
Proprietà di rigidità (in N/mm <sup>2</sup> )																				
Modulo di elasticità medio parallelo	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20	
Modulo di elasticità parallelo al 5%	$E_{0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8	
Modulo di elasticità medio perpendicolare	$E_{0,mean,90}$	0,23	0,27	0,32	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33	
Modulo di taglio medio	$G_{media}$	0,44	0,5	0,55	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,80	0,85	0,90	1,06	1,25	1,45	
Massa volumica (in kg/m <sup>3</sup> )																				
Massa volumica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	590	590	650	700	900	
Massa volumica media	$\rho_{mean}$	350	370	390	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	790	840	1080	
Nota																				
a) I valori forniti sopra per la resistenza a trazione, la resistenza a compressione, la resistenza a taglio, il modulo di elasticità al 5%, il modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e il modulo di taglio medio, sono calcolati utilizzando le equazioni fornite nell'appendice A.																				
b) Le proprietà nel prospetto sono compatibili con un legno la cui umidità sia corrispondente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.																				
c) Il legno conforme alle classi C45 e C50 può non essere immediatamente disponibile.																				

## LEGNO MASSICCIO ESISTENTE

In caso di elemento ligneo esistente i calcoli verranno eseguiti utilizzando quale riferimento la classe C24 ed applicando cautelativamente un fattore di confidenza pari ad 1.35. (il fattore di confidenza minimo desunto dalle "Linee Guida" è pari ad 1.15 – i valori specifici per ogni analisi verranno specificate caso per caso.

## MURATURA NUOVA

Le malte, che potranno essere esclusivamente a base di malta di calce, dovranno garantire la classe minima M15.

Tabella 11.10.III - Classi di malte a prestazione garantita

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	2,5	5	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm <sup>2</sup> dichiarata dal produttore						

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11: 2007.

Dovranno essere messi in opera blocchi pieni aventi caratteristiche geometriche analoghe a quelle esistenti garantendo i requisiti minimi di cui al paragrafo 7.8.1.2:

- percentuale volumetrica degli eventuali vuoti non superiore al 45% del volume totale del blocco;
- eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono quelle in

corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;

- resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante ( $f_{bk}$ ), calcolata sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 MPa.
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete ( $f_{bk}$ ), calcolata nello stesso modo, non inferiore a 1,5 MPa.

### MURATURA ESISTENTE

Non avendo a disposizione una campagna di prove e di dati tali da poter caratterizzare quantitativamente i parametri caratteristici delle malte e dei blocchi, si classifica la muratura quale Muratura in mattoni pieni e malta di calce ai sensi della tabella C.8.A.2.1. della Circolare 617/2009, utilizzando i valori più bassi degli intervalli di dati forniti.

I parametri desumibili dalla tabella riportata dalla norma sono:

- Resistenza media a compressione ( $f_m$ )
- Resistenza media a taglio ( $\tau_o$ )
- Valore medio modulo di elasticità normale (E)
- Valore medio Modulo tangenziale (G)
- Peso specifico della muratura.

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>2</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

TABELLA C.8.A.2.1. della Circolare 617/2009

Sulla base dei criteri definiti dalle "Linee Guida", il fattore di confidenza viene così calcolato:



$$F_c = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{ck}$$

Rilievo geometrico	Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	Proprietà meccaniche dei materiali	Terreno e fondazioni
rilievo geometrico completo  $F_{c1} = 0.05$	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)  $F_{c2} = 0.12$	parametri meccanici desunti da dati già disponibili  $F_{c3} = 0.12$	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni  $F_{c4} = 0.06$
rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi  $F_{c1} = 0$	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)  $F_{c2} = 0.06$	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali  $F_{c3} = 0.06$	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni  $F_{c4} = 0.03$
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esauritivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)  $F_{c2} = 0$	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali  $F_{c3} = 0$	estese o esauritive indagini sul terreno e le fondazioni  $F_{c4} = 0$

Tab. 4.1 delle "Linee Guida" – definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza. Sulla base dei valori desumibili dalla tabella precedente, risulta:  $F_c = 1.15$ . Nelle verifiche si adotterà cautelativamente  $F_c = 1.35$ .

## MALTA E RESINE PER INIEZIONE

RESINE PER ANCORAGGI IN MURATURA: tipo HILTI HIT HT 270 o equivalenti

RESINE PER ANCORAGGI IN C.A.: tipo HILTI HIT RE 500 V3 o equivalenti