

Committente: ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
C.E.I. Conferenza Episcopale Italiana Servizio Nazionale per l'Edilizia di Culto

Lavori di: **Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla Chiesa
di San Martino in Cairano (Av)**

R.u.P: Mons. Tarcisio Luigi GAMBALONGA

Progettista: Arch. Lucrezia V. RICCIARDI



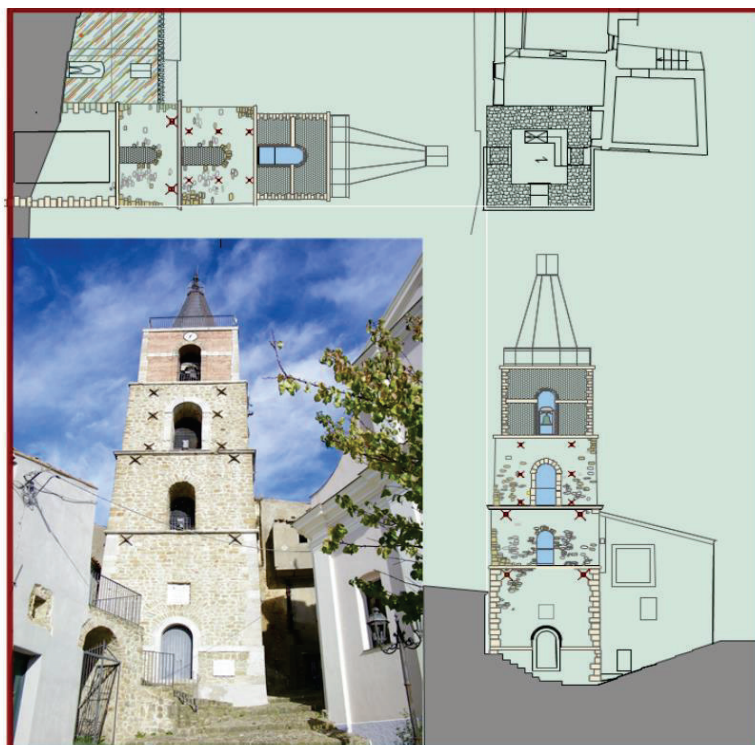
**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**ARCIDIOCESI
di
Sant'ANGELO
dei
LOMBARDI
CONZA
NUSCO
BISACCIA**



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**



PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – LINEA D’AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

Cod. Unico Progetto (CUP) F86J22000080006

Codi.Identificativo Gara (CIG) A007FD3CAF

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato:

elab.B.07 Relazione sui materiali

MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)

Committenza: ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
C.E.I. Conferenza Episcopale Italiana Servizio Nazionale per l'Edilizia di Culto

Ministero della Cultura - Soprintendenza ABAP di Salerno Avellino. PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: "Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d'arte (recovery art)" – LINEA D'AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

RELAZIONE SUI MATERIALI

Indice generale

1. Premessa
2. Dati dei materiali esistenti oggetto di precedente intervento di recupero - Periodo di realizzazione 1998-2000
3. Parametri meccanici dei materiali esistenti emersi dalle indagini strutturali
4. Elenco e parametri meccanici dei materiali di progetto

1. PREMESSA

La presente relazione:

- **con riferimento allo stato originale del fabbricato (ANTE OPERAM)**, espone una sintesi della caratterizzazione dei materiali svolta tenuto conto della documentazione tecnica del precedente intervento, delle ispezioni visive effettuate sul posto e dei risultati della campagna di indagini strutturali e geognostiche. I dati consentono la definizione del modello di calcolo di analisi del comportamento sismico della struttura allo stato di fatto per la valutazione delle carenze strutturali e la successiva progettazione degli interventi;
- **con riferimento alla progettazione e all'esecuzione degli interventi (POST OPERAM)**, espone la descrizione e caratterizzazione dei materiali di progetto.

2. DATI DEI MATERIALI ESISTENTI OGGETTO DI PRECEDENTE INTERVENTO DI RECUPERO - PERIODO DI REALIZZAZIONE 1998-2000

I presenti dati sono estratti dalla documentazione depositata presso il Genio Civile di Avellino, Deposito n°51957 del 23 agosto 2000 prot. 9260.

I dati si riferiscono:

- alla paretina armata presente al primo livello;
- alle catene verticali ed orizzontali con capochiave;
- al solettone in c.a. di calpestio al piano terra;
- alla scaletta interna in acciaio;
- alla struttura metallica della cuspide
- alle malte utilizzate per le iniezioni di risanamento murario

2) CARATTERISTICHE dei MATERIALI e DOSAGGIO

(per le parti in c.a., sottofondazioni e caldana sopra i solai in legno)

INERTI : Sabbia lavata e ben gran.ta granul.mm 0,5 -- Kg.720/mc.
Ghiaietto vagliato granul.mm 10 -- Kg.800/mc.
Ghiaia vagliata granul.mm 30 -- Kg.680/mc.

ACQUA : Potabile o priva di sali (solfuri o cloruri)- Lt.150

CEMENTO: Tipo R325 normale Kg.300

FERRO: Tipo FeB 38K o FeB 44K, controllato in stabilimento

Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume.

CALCESTRUZZI

Classe R'bk250 per tutte le strutture ove previsto; aventi le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a 28 gg. R'bk >250 kg/cmq

Sollecitazioni ammissibili:

compressione max per flessione	<85	kg/cmq
compressione semplice	<59,5	kg/cmq
taglio max	<16,8	kg/cmq
taglio max (senza murature)	< 5,3	kg/cmq

Dosaggio minimo: 300 kg/mc di cemento 325

ACCIAIO per ARMATURE, ove previste

Barre ad alta resistenza e ad aderenza migliorata tipo FeB44k, dotato di certificato di origine, aventi le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a rottura	>5500	kg/cmq
Tensione caratteristica di snervamento	>4400	kg/cmq
Allungamento a rottura	>12%	
Sollecitazione ammissibile	<2200	kg/cmq

$N = E_a/E_c = 15$

3. PARAMETRI MECCANICI DEI MATERIALI ESISTENTI EMERSI DALLE INDAGINI STRUTTURALI

Materiali esistenti

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere in oggetto alla presente relazione, trattandosi di un edificio esistente realizzato senza deposito al Genio civile di Avellino come prescritto dalle leggi vigenti all'epoca della sua realizzazione risalente alla prima metà del 1980 e in particolare della legge 1086/71 e n. 64/74 sono stati oggetto di accertamenti in sito in particolare :

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, sono state effettuate da:

- laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

con prelievi in sito da parte di laboratorio autorizzato per le successive prove . Il laboratorio dopo le prove necessarie ad individuare le proprietà dei materiali, ha restituito alla Committenza i relativi certificati di prove a compressione per il cls e di trazione sull'acciaio. Sono state eseguite anche prove di carbonatazione sui campioni prelevati. I certificati sono parte integrante della documentazione di progetto esecutivo e sono allegati al progetto di verifica strutturale.

Le **indagini diagnostiche** sulla torre ed edifici limitrofi aderenti alla torre eseguite sono elencate di seguito, unitamente ai risultati ottenuti.

Muratura - Torre civica

PROVA CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI	
SIGLA	M1
UBICAZIONE	Secondo livello torre

Progetto esecutivo -Messa in sicurezza sismica della torre civica in Cairano (AV)
Relazione dei materiali

RISULTATI	Tensione esercizio muratura $P_e \times K_a \times K_m$	0,31 N/mm²
PROVA CON MARTINETTI PIATTI DOPPI		
SIGLA	M1	
UBICAZIONE	Secondo livello torre	
RISULTATI	Modulo di elasticità normale E	1237 N/mm²
	Tensione di rottura f	2,13 N/mm²
PRELIEVO CAMPIONE DI MURATURA		
SIGLA	C1	
UBICAZIONE	Muratura torre primo livello - lato Nord	
RISULTATI	presenza dei seguenti elementi: 6 cm di intonaco, 100 cm di muratura in pietra naturale.	

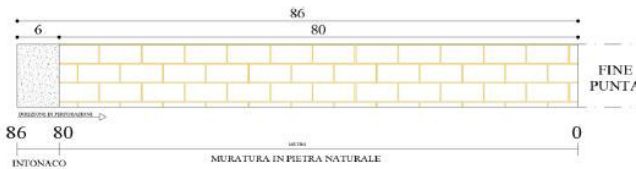
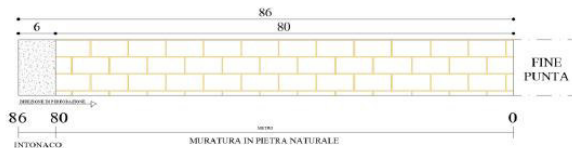
Sigla	Ubicazione prova	Descrizione
C1	Muratura torre primo livello - lato Nord	L'indagine permette di identificare la presenza dei seguenti elementi: 6 cm di intonaco, 100 cm di muratura in pietra naturale.

Documentazione fotografica - stratigrafia



INDAGINE ENDOSCOPICA		
SIGLA	END1	
UBICAZIONE	Muratura torre primo livello - lato Ovest	
RISULTATI	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta	
SIGLA	END2	
UBICAZIONE	Muratura torre primo livello - lato Est	
RISULTATI	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta	

Progetto esecutivo -Messa in sicurezza sismica della torre civica in Cairano (AV)
Relazione dei materiali

Profondità perforazione [cm]	Larghezza Muratura [cm]	Descrizione
86	150	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta.
<i>Stratigrafia</i>		
		
		
SIGLA	END3	
UBICAZIONE	Muratura torre primo livello - Calpestio piano terra	
RISULTATI	La videoendoscopia ha identificato la presenza di 3 cm di pavimento e massetto e 37 cm di cls. Videoendoscopia interrotta per fine punta.	
<i>Risultati della prova</i>		
Profondità perforazione [cm]	Larghezza Muratura [cm]	Descrizione
86	150	La videoendoscopia ha identificato 80 cm di muratura in pietra naturale e 6 cm di intonaco. Videoendoscopia interrotta per fine punta.
<i>Stratigrafia</i>		
		
		

Secondo le indicazioni delle vigenti norme tecniche per le costruzioni NTC2018, Capitolo 8 - Costruzioni esistenti, Tabella C.8.5.1, in base ai risultati delle indagini, è possibile assimilare la muratura della torre in pietra arenacea inframezzata da calcari a:

- muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo

➤ Tabella C.8.5.1

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{t0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ²)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13+16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	-	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	-	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	-	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

SAGGIO MURATURA		
SIGLA	S1	
UBICAZIONE	Muratura torre primo livello lato nord	
RISULTATI	Si rileva muratura in pietra naturale con intonaco armato. Spessore intonaco 6cm. Rinforzo con rete elettrosaldata f6 10x10, in più f12 solo verticali.	
S1	MURATURA TORRE PRIMO LIVELLO LATO NORD	Si rileva muratura in pietra naturale con intonaco armato. Spessore intonaco 6cm. Rinforzo con rete elettrosaldata f6 10x10, in più f12 solo verticali.
Schema fondazione - Documentazione fotografica		
		

Per i materiali rinvenuti, il riferimento in termini di resistenza è definito dalla documentazione di progetto del precedente intervento, vedi *Cap.2 Dati dei materiali esistenti oggetto di precedente intervento di recupero - Periodo di realizzazione 1998-2000* della presente relazione.

Si rileva che la malta della paretina risulta particolarmente friabile e l'armatura fortemente corrosa.

Tiranti verticali incassati nella muratura al 1° Ordine - Torre civica

SIGLA	S2	
UBICAZIONE	Muratura torre primo ordine cantonale tra parete nord e ovest	
RISULTATI	Si rilevano n. 2 tiranti verticali f24.	

Progetto esecutivo -Messa in sicurezza sismica della torre civica in Cairano (AV)
Relazione dei materiali

S2 MURATURA TORRE
PRIMO ORDINE
CANTONALE TRA PARETE NORD E OVEST

Si rilevano n. 2 tiranti verticali $\phi 24$.

Schema fondazione - Documentazione fotografica



I tiranti verticali individuati mediante operazione di spicconatura e perforazione della muratura al 1° livello nel cantonale nord-ovest, nonché i tiranti rilevati a vista ai livelli 2°, 3° e 4°, sia orizzontali che verticali, sono della tipologia indicata nella documentazione di progetto del precedente intervento.

Per i materiali rinvenuti, il riferimento in termini di resistenza è definito dalla documentazione di progetto del precedente intervento, vedi *Cap.2 Dati dei materiali esistenti oggetto di precedente intervento di recupero - Periodo di realizzazione 1998-2000* della presente relazione.

Impalcati in legno di castagno e soletta armata - Torre civica

SAGGIO SOLAIO		
SIGLA	S3	
UBICAZIONE	Solaio copertura piano terra	
RISULTATI		



La documentazione di progetto del precedente intervento non dà informazioni circa le prestazioni del legno di castagno. Per i rimanenti componenti della soletta armata, esistente, le prestazioni di resistenza sono ascrivibili alle caratteristiche di resistenza dell'acciaio e calcestruzzo indicato in detti documenti.

Muratura - Edifici adiacenti lato nord

PROVA CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI		
SIGLA	M1	
UBICAZIONE	Secondo livello torre	
RISULTATI	Tensione esercizio muratura $P_e \times K_a \times K_m$	0,31 N/mm ²
SIGLA	M2	
UBICAZIONE	Edificio lato est	
RISULTATI	Tensione esercizio muratura $P_e \times K_a \times K_m$	0,24 N/mm ²
PROVA CON MARTINETTI PIATTI DOPPI		
SIGLA	M2	
UBICAZIONE	Edificio lato est	
RISULTATI	Modulo di elasticità normale E	1121 N/mm ²
	Tensione di rottura f	1,88 N/mm ²

Secondo le indicazioni delle vigenti norme tecniche per le costruzioni NTC2018, Capitolo 8 - Costruzioni esistenti, Tabella C.8.5.1, in base ai risultati delle indagini, è possibile assimilare la muratura dei fabbricati adiacenti la torre, sempre in pietra arenacea inframezzata da calcari ma di manifattura più scadente a :

- muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)

➤ Tabella C.8.5.1

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{t0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	-	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	-	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	-	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

PRELIEVO CAMPIONE DI MALTA		
SIGLA	M1	
UBICAZIONE	FABBRICATO RETRO TORRE CIVICA PARETE OVEST	
RISULTATI		

Sigla	Parametri analizzati	Percentuale rilevata	Tipologia Malta [rif. Tab. 11.10.V NTC 2018]
		[%]	
M1	Calce	22.8	Malta di calce M2.5
	Sabbia	77.2	

Tab. 11.10.V - Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte						
Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	–	–	1	3	–
M 2,5	Pozzolonica	–	1	–	–	3
M 2,5	Bastarda	1	–	2	9	–
M 5	Bastarda	1	–	1	5	–
M 8	Cementizia	2	–	1	8	–
M 12	Cementizia	1	–	–	3	–

PROVA PENETROMETRICA SU MALTA		
SIGLA	PEN1	
UBICAZIONE	Muratura fabbricato retro torre civica parete ovest	
RISULTATI	Resistenza malta	1,8 N/mm ²

I componenti in acciaio del solaio di calpestio e di copertura ossia un profilato tipo putrella di altezza 120 mm appaiono assimilabile a produzione ante anni '70.

5. ELENCO E PARAMETRI MECCANICI DEI MATERIALI DI PROGETTO

Acqua di impasto.

Per la produzione delle malte, boiacche, calcestruzzi dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008 o come specificato dalle modalità di composizione esposta nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

Aggregati.

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento di malte, boiacche, calcestruzzi debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità descritti in fase di progetto. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/m³.

Gli aggregati non dovranno contenere sostanze nocive. In particolare:

La granulometria degli aggregati liofili per i conglomerati sarà prescritta dalla Direzione dei lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni di messa in opera dei calcestruzzi. L'Impresa dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro.

Additivi.

Gli additivi, ove previsti, per la produzione di malte, boiacche e calcestruzzi devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione

dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati.

Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

La D.L. potrà richiedere l'uso di additivi espansivi per garantire un ritiro controllato di conglomerati cementizi rispondenti alla norma UNI EN 934-2.

Elementi per muratura.

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e, secondo quanto specificato al punto A del par. 11.1 del D.M. 14/01/2008, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella citata normativa.

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2 e, secondo quanto specificato al punto A del par. 11.1 del D.M. 14/01/2008, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella citata normativa.

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm². Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza $f_m < 2,5$ N/mm². Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11. Al fine di raggiungere la resistenza richiesta è possibile utilizzare le classi di malte a composizione prescritta, definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente:

Classe	Norma di riferimento	Tipo malta	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2.5	Idraulica	---	---	1	3	---
M 2.5	Pozzolonica	---	1	---	---	3
M 2.5	Bastarda	1	---	2	9	---
M 5	Bastarda	1	---	1	5	---
M 8	Cementizia	2	---	1	8	---
M 12	Cementizia	1	---	---	3	---

Malta strutturale classe da Md>25 Mpa per rifacimento della paretina armata su muratura a tutta altezza, al 1° livello della torre civica

MX-RW Alte Prestazioni tipo premiscelato a base di legante idraulico ad alta pozzolanicità e basso contenuto di sali, inerti selezionati, additivi e fibre di polipropilene. La sua particolare composizione esclude la possibilità di reazioni chimiche con sali (solfati, carbonati, nitrati, cloruri, ecc..) presenti nelle murature degli edifici antichi, malta tixotropica, fortemente adesiva alla muratura, al tufo e al pietrame, durabile e idonea per riparazioni e intonaci strutturali, senza ritiro ,tipo MX RW M45 Ruregold Laterlite, vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP).;

Idonea per la realizzazione di intonaci “armati” con rete in acciaio inox o in composito e giunti di allettamento per il consolidamento, il rinforzo e il risanamento di murature meccanicamente deboli.

Le caratteristiche meccaniche in sintesi, sono le seguenti:

CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	Requisiti in accordo alla EN 998-1	Requisiti in accordo alla EN 998-2	PRESTAZIONE PRODOTTO
Resistenza a compressione a 28 gg	CS I (da 0,4 MPa a 2,5 MPa) CS II (da 1,5 MPa a 5,0 MPa) CS III (da 3,5 MPa a 7,5 MPa) CS IV ($\geq 6,0$ MPa)	Da classe M1 (≥ 1 MPa) a classe Md ($d > 20$ MPa come multiplo di 5)	CS IV M45 ≥ 45 MPa
Adesione al supporto	$\geq$ valore dichiarato e modo di rottura (FP)	non richiesto	$\geq 0,6$ MPa FP:A
Reazione al fuoco (classe)	Euroclassi da A1 a F	Euroclassi da A1 a F	Euroclasse A1
Contenuto di cloruri	-	$< 0,1$ %	$< 0,1$ %

Boiaccia colabile per consolidamento di pareti murarie mediante iniezioni di malta idraulica

Malta a base di calce e pozzolana idonea al consolidamento per iniezione in murature di pietrame, iniettabile a bassissima pressione, con elevata capacità di adesione al supporto. La boiaccia fluida è iniettata previa preparazione del supporto ossia pulizia da parti incoerenti, idratazione con acqua delle pareti da trattare, realizzazione di fori inclinati di diametro 20-30 mm con perforazione a partire dal basso. I fori devono essere quasi passanti. E' opportuno che le perforazioni siano leggermente inclinate per favorire la penetrazione nella muratura. Per la distanza dei fori dal piano di calpestio si considerino circa 50 cm, l'interasse tra i fori varia tra 50 e 100 cm., materiale tipo MX INKJET NHL Ruregold Laterlite,, vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP).

Malta per ristilatura dei giunti in muratura e ricomposizione muraria a seguito di espulsione di pietrame da muratura

malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 per la ristilatura di giunti in muratura. L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- scarnitura delle vecchie malte ammalorate presenti nei giunti delle murature, per una profondità di 2 - 3 cm, con l'onere della salvaguardia dei tratti in buono stato di conservazione,
- successiva spazzolatura e lavaggio delle fughe;
- stuccatura dei giunti di malta. La quantificazione è espressa per metro quadro di muratura ristilata. Materiale tipo: MX RW M45 Ruregold Laterlite, vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP) o altro indicato dalla Direzione Lavori.

Fibre FRCM Fabric-Reinforced Cementitious Matrix per intervento su muratura

Il consolidamento e rinforzo di sommità muraria di intervento avviene con cordolo armato, composto da strati alternati di mattoni in laterizio cm (24x12x5,5) e tessuto unidirezionale in fibra TIPO Sistema FRCM PBO MESH 22X22 Ruregold Laterlite per muratura composto da rete bidirezionale in PBO da 22+22 g/m² e da matrice inorganica tipo MX-PBO Muratura Ruregold Laterlite, ancorati con ganci elicoidali in acciaio inox alla muratura.

Mattoni pieni in laterizio: tipologia e colore del mattone in laterizio da concordare con la DDL.

Materiali: vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP) o altro indicato dalla Direzione Lavori.

Conglomerato cementizio - Elemento strutturale: platea di fondazione

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, si dovranno dare indicazioni in merito alla composizione, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI ENV 13670-1 ed alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché dare indicazioni in merito alla composizione della miscela, compresi gli eventuali

additivi, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale (di cui, ad esempio, alla norma UNI EN 206-1) e del requisito di durabilità delle opere.

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla Direzione dei lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

Classe	Classe di esposizione	Consistenza	Aggregato	Tipo Cemento	Quantità cemento [q.li/mc]	Sabbia [mc]	Ghiaia [mc]	Acqua Lt[]
C25/30	XC2	S4	Dmax 20	42,5	3,5	0.4	0.8	175

Quando la Direzione dei lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione ottimali. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30%.

L'impasto di materiali, se realizzati in cantiere, dovrà essere fatto a mezzo di macchine impastatrici. I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolate a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità d'acqua possibile, ma sufficiente, rimescolando continuamente.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il cemento e la consistenza degli impasti, saranno determinate in funzione della destinazione d'uso ed al procedimento di posa in opera calcestruzzo. I calcestruzzi messi in opera dovranno essere costipati mediante vibratore meccanico o come indicato nelle schede tecniche dei materiali in uso e secondo le indicazioni della D.L. .

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Qualsiasi altra informazione sarà fornita direttamente dalla Direzione dei lavori.

Il conglomerato cementizio, Classe di resistenza C25/30, dovrà avere le seguenti prestazioni:

Resistenza cubica a compressione caratteristica	Rck	30,00	N/mm²
Resistenza a trazione semplice media	f_{ctm}	2,61	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk\ min}$	1,82	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice caratteristica (frattile 95%)	$f_{ctk\ max}$	3,39	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione media	f_{cfm}	3,13	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 5%)	$f_{cfm\ min}$	2,19	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 95%)	$f_{cfm\ max}$	4,07	N/mm ²
Modulo di elasticità	E_c	31220	N/mm ²
Coefficiente di dilatazione termica	α_{DT}	10×10^{-6}	C ⁻¹

Copriferro

È di fondamentale importanza per le strutture in cemento armato dimensionare adeguatamente il copriferro in modo da favorire l'adesione tra le barre di armatura ed il calcestruzzo teso della sezione che collabora così, nelle sezioni non fessurate, alla resistenza a trazione della sezione, e costituire la protezione delle armature dall'innesco dei fenomeni di corrosione.

In conformità ai principi prestazionali su cui si basano le norme tecniche per le costruzioni, il calcolo dell'entità del copriferro da utilizzare si conduce con riferimento a quanto riportato nella Circolare Esplicativa (§ C4.1.6.1.3) dove è riportata la tabella C.4.1.IV:

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Questa tabella fa riferimento alle condizioni ambientali contenute nella tabella 4.1.III delle NTC, che segue:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Le classi di esposizione sono definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016.

Di seguito si riporta un estratto della tabella contenente la definizione delle classi di esposizione che interessano la struttura in esame:

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali (a titolo informativo)
1. Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	Molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2. Corrosione delle armature indotta da carbonatazione		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
XC2	Bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni

Le strutture in elevazione rientrano nella classe di esposizione XC1, mentre quelle di fondazione nella classe di esposizione XC2, dunque la condizione ambientale è del tipo “ordinaria”. Inoltre come riportato nella Circolare 02/02/2009 n°617 al C4.1.6.1.3 ai valori della tabella C4.1.IV vanno aggiunte le tolleranze di posa pari a 10 mm, per cui, avendo scelto un calcestruzzo C25/30, si ricava che il copriferro dovrà essere:

Piastre e pareti	mm 30
------------------	-------

Cordoli, travi e pilastri mm 35

Resine per inghisaggi strutturali

Le resine epossidiche saranno utilizzate per l'inghisaggio delle armature di collegamento delle nuove strutture alla struttura muraria esistente di tipo fluide, idonee per bassa pressione, a ritiro nullo, impermeabile all'acqua. Per le caratteristiche tecniche e le modalità di messa in opera vedasi schede tecniche fornite dalla D.L. Materiale tipo OLY RESIN EPO-I della OIYmpus srl, vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP).

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

È previsto l'impiego di:

- barre ad aderenza migliorata tipo B450C (f_{yk} 4500 daN/cm²), certificato e dotato di marcatura CE in conformità a quanto previsto nel DM 17/01/2018.

Nella tabella che segue si riportano le caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE	UBICAZIONE NELLA STRUTTURA
TENSIONE CARATTERISTICA DI SNERVAMENTO	$f_{yK} \geq f_{y nom} = 450$ N/mm ² $f_{yK} \geq f_{y nom} = 4500$ Kg/cm ²	5 %	per tutte le armature del cemento armato con 6 mm < $\varnothing$ < 40mm:
TENSIONE CARATTERISTICA DI ROTTURA	$f_{tK} \geq f_{t nom} = 540$ N/mm ² $f_{tK} \geq f_{t nom} = 5400$ Kg/cm ²	5 %	
$(f_t / f_y)_K$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10 %	
$(f_y / f_{ynom})_K$	$\leq 1,25$	10 %	
Allungamento $(A_{gt})_K$:	$\geq 7,5$ %	10 %	
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\varnothing < 12$ mm $12 \leq \varnothing \leq 16$ mm per $16 < \varnothing \leq 25$ mm per $25 < \varnothing \leq 40$ mm	 4 $\varnothing$ 5 $\varnothing$ 8 $\varnothing$ 10 $\varnothing$		

Per le caratteristiche di resistenza dell'acciaio impiegato di sono effettuate in laboratorio prove di trazione su campioni prelevati in situ.

Acciaio in barre e reti ad aderenza migliorata tipo inox B450C

Barre ad aderenza migliorata in acciaio INOX conformi al D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni"- certificate B450C aventi le seguenti caratteristiche e prestazioni:

- tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm²,
- tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm²
- allungamento massimo del 7,5% a carico massimo;
- con diametro compreso tra 6 mm e 40 mm

RETE ELETTRICALDATA AISI 304 BARRA 6 mm aderenza migliorata - a pannelli (tipo FORMATO 1000X2000) o rotoli - MAGLIA 100X100mm - filo certificato in conformità al D.M. 17.01.2018 'Norme tecniche per le costruzioni' per impieghi strutturali munito di scheda tecnica del prodotto e dal certificato di collaudo del filo secondo la norma EN 10204-3.1.

Per le caratteristiche di resistenza dell'acciaio impiegato di sono effettuate in laboratorio prove di trazione su campioni prelevati in situ.

Acciaio corten- Interventi lato esterno Torre

Acciaio corten strutturale in lamiera 8/10 - scheda tecnica e prestazioni come da indicazione della D.L.

Per le caratteristiche di resistenza dell'acciaio impiegato di sono effettuate in laboratorio prove di trazione su campioni prelevati in situ.

Calcestruzzi leggeri per impieghi strutturali - Interventi lato esterno Torre

Nell'ambito di utilizzo dei calcestruzzi di aggregati leggeri per impieghi strutturali, in accordo al D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) e relativa Circolare esplicativa, potranno essere utilizzati calcestruzzi di argilla espansa con le seguenti specifiche:

- aggregato leggero di origine minerale conforme a UNI EN 13055-1:2016 ;
- massa volumica minima: 1.400 kg/m³, massa volumica massima: 2.000 kg/m³;
- massa volumica minima su solai di nuova costruzione in lamiera d'acciaio-calcestruzzo: 1.800 kg/m³ (nel caso dei solai esistenti, si può derogare alla prescrizione della Normativa sulla massa volumica minima ammessa di 1.800 kg/m³ , in accordo alla Sentenza del Consiglio di Stato n° 2458/2013);
- classe di resistenza minima: LC 16/18 (cilindrica/cubica);

- classe di resistenza minima in zona sismica: LC 20/22 (cilindrica/cubica);

I calcestruzzi strutturali leggeri possono essere realizzati direttamente in cantiere, confezionati in centrale di betonaggio o presso l'impianto di prefabbricazione e acquistati pronti all'uso in sacchi premiscelati, secondo le indicazioni dettate dalla D.L. Materiale tipo LECA CLS 1400, vedi scheda tecnica allegata alle Analisi Prezzo (NP).

Legno lamellare incollato omogeneo Classe GL28h - Interventi lato esterno Torre

EN 14080: 2013 "strutture di legno - legno lamellare incollato"

Elementi in legno lamellare (§3.17): elementi strutturali composti da almeno due lamelle aventi fibratura indicativamente parallela con spessore delle stesse compreso tra i 6mm e i 45 mm (incluso)

Proprietà	GL20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Resistenze (MPa)	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Flessione	f _{m,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	32.00
trazione parallela alla fibratura	f _{t,0,g,k}	16.00	17.60	19.20	20.80	22.30	25.60
trazione perpendicolare alla fibratura	f _{t,90,g,k}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
compressione parallela alla fibratura	f _{c,0,g,k}	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	32.00
compressione perpendicolare alla fibratura	f _{c,90,g,k}	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Taglio	f _{v,g,k}	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Rototaglio	f _{r,g,k}	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Modulo elastico [GPa]	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
modulo elastico medio parallelo alle fibre	E _{0,g,mean}	8,400.00	10,500.00	11,500.00	12,100.00	12,600.00	14,200.00
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	E _{0,g,05}	7,000.00	8,800.00	9,600.00	10,100.00	10,500.00	11,800.00
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	E _{90,g,mean}	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
modulo elastico caratteristico perpendicolare alle fibre	E _{90,g,05}	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
modulo di taglio medio	G _{g,mean}	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
modulo di taglio caratteristico	G _{g,05}	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
Modulo a rototaglio medio	G _{r,g,mean}	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Modulo a rototaglio caratteristico	G _{r,g,05}	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00
Massa volumica [kg/m ³]	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
massa volumica caratteristica	ρ _{g,k}	340.00	370.00	385.00	405.00	425.00	440.00
massa volumica media	ρ _{g,mean}	370.00	410.00	420.00	445.00	460.00	490.00

Il tecnico progettista
Arch. Lucrezia Ricciardi