

REGIONE EMILIA ROMAGNA



PROVINCIA DI MODENA

COMUNE DI CARPI



**COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE REALIZZATE PER
“RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO CON
MIGLIORAMENTO SISMICO DEL TORRIONE DEGLI SPAGNOLI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL MAGGIO 2012” -
CARPI – MODENA**

(ai sensi D.M.17 gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019 n°7 C/S/LL/PP)



PARTE I PREMESSA

Proprietà.

COMUNE DI CARPI, Corso A. Pio 91 – Carpi.

Progettisti Strutturali.

Progettista delle strutture: Dott. Ing. Paola Rossi iscritta all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Modena al nr. A1650.

Direttori dei Lavori strutturali.

Direttore dei Lavori delle strutture: Dott. Ing. Paola Rossi iscritta all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Modena al nr. A1650.

Collaudatore.

Dott. Ing. Gherardo Trombetti iscritto da più di 10 anni all’Albo degli Ingegneri della Provincia di Bologna al nr. 4533/A.

Impresa esecutrice delle opere strutturali principali.

Bottoli Costruzioni SRL con sede in Mantova via Vespucci, 2.

Impresa esecutrice delle opere di palificazioni (subaffido).

Palingeo S.r.l. Via Meucci, 26 Carpenedolo (Bs)

Impresa esecutrice delle opere di carpenteria in genere (subaffido).

Consorzio Edile Atena via Europa 102, Passirano Bs

Impresa esecutrice delle opere di carotaggio (subaffido).

Faccioli Alessandro S.r.l. Via Fancelli,5 Roncoferraro Mn

Impresa esecutrice delle opere di riempimento volte (subaffido).

Laterlite S.p.A. via Vittorio Veneto 30 Solignano-frazione di Rubbiano-Parma

Impresa esecutrice delle opere di raddrizzamento volte (subaffido).

Iton Srl via Pratic 21 Cavriago (Re)

PARTE II RELAZIONE

Denuncia delle Opere ed Autorizzazioni.

La pratica strutturale è stata inoltrata alla Commissione Congiunta formata da Funzionari della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Bologna, province di Modena,Reggio Emilia e Ferrara e da Tecnici della Regione Emilia Romagna.

Si segnalano:

- lettera del 05.04.2017 di cui a prot. gen.le n. 18422 del 06.04.2017 con la quale la Soprintendenza archeologica, belle arti, e paesaggio per la città metropolitana di Bologna e le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara rilasciava il visto autorizzativo al progetto esecutivo, ai sensi dell' art. 21 comma 4 del d. lgs. 42/2004 smi;
- missiva di cui a prot. gen.le n. 27014 del 24.05.2017 con la quale il

Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna dava comunicazione di autorizzazione sismica ai sensi dell'art. 12 comma 6, della L.R. n. 19 del 2008;

- lettera di cui a prot. gen.le n. 29366 del 06.06.2017 con la quale il Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna rilasciava l'attestazione di congruità della spesa ai sensi dell'art. 5 comma 13 del Regolamento del D.G.R. 248/2017 – Allegato "E".

Relazione di ultimazione dei lavori strutturali.

Redatta dal Direttore dei Lavori Strutturali in data 4/5/2022.

Relazione Geologica e Sismica

E' stata redatta dal Dott. Riccardo Triches iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna al nr. 459, ed è completa, esaustiva e riporta i criteri con cui vengono acquisiti i risultati dell'allegata relazione geologica eseguita dal Dott. Guadagnini – Intergeo S.r.l. di Modena.

Si segnala che riporta la dizione relazione geologica preliminare.

Relazione Geotecnica.

Non presente.

Delibere Autorizzative.

L'esecuzione dei lavori è stata autorizzata con la Delibera di Giunta Comunale n° 119 del 27.06.2017 di approvazione del progetto esecutivo.

Documentazione tecnica.

Si elenca nel seguito la documentazione tecnica che è stata fornita al Collaudatore per l'espletamento dell'incarico conferito.

Strutturali. Stato di fatto e progetto

A) S00 Relazione di calcolo strutturale:

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale
(22 luglio 2016)

All.1 - Analisi di comportamento globale del fabbricato storico
denominato “Torrione degli Spagnoli” a seguito degli interventi di
miglioramento sismico previsti (22 luglio 2016)

All.2 – Verifica delle incamiciature in acciaio dei pilastri del piano
sottotetto (21 luglio 2016)

All. 3 – Consolidamento della volta in muratura del secondo impalcato
lato sud (21 luglio 2016)

All. 4 – Consolidamento dei solai lignei al secondo e terzo piano (22
luglio 2016)

All. 5 – Soppalco con struttura in acciaio per l'alloggiamento degli
impianti da installare al piano sottotetto (22 luglio 2016)

All. 6 – Opere di sostegno e solaio a soletta in c.a. della nuova centrale
termica interrata posta sul lato sud-est (22 luglio 2016)

Relazione dei Materiali (22 luglio 2016)

Piano di Manutenzione dell'opera e delle sue parti strutturali (22 luglio
2016)

B) Asseverazione di conformità e congruità:

MUR A1/D1 Asseverazione (21 luglio 2016)

MUR A2 Istanza di autorizzazione sismica (1 febbraio 2017)

MUR A3/D3 Asseverazione di conformità e congruità (1 febbraio 2017)

MUR A4/D4 Nomina Collaudatore (1 febbraio 2017)

Stato di fatto e progetto – Elaborati Grafici

- TAV. S01 Pianta piano interrato – progetto strutturale fondazioni vani 1-2-3-4 (luglio 2016)
- TAV. S02 Pianta piano terra – progetto strutturale solai vani 11-12-13-14 (luglio 2016)
- TAV. S03 Pianta piano primo – progetto strutturale solai vani 22-23-24(luglio 2016)
- TAV. S04 Pianta piano primo - stato di fatto solai vani 21 e 25 (luglio 2016)
- TAV. S05 Pianta piano primo – progetto strutturale solai vani 21 e 25 (luglio 2016)
- TAV. S06 Pianta piano secondo - progetto strutturale solai vani 32-33-34 (luglio 2016)
- TAV. S07 Pianta piano secondo - progetto strutturale solaio ligneo 35 (luglio 2016)
- TAV. S08 Pianta piano secondo - progetto strutturale solaio ligneo 31 (luglio 2016)
- TAV. S09 Pianta piano terzo - progetto strutturale solaio 41 SUD (luglio 2016)
- TAV. S10 Pianta piano terzo - progetto strutturale solaio ligneo 41 NW (luglio 2016)
- TAV. S11 Pianta piano terzo - progetto strutturale solaio ligneo 41 NE (luglio 2016)
- TAV. S12 Pianta piano primo, secondo e terzo – progetto strutturale vano cala (luglio 2016)

- TAV. S13 Piante e sezioni generali di progetto – progetto strutturale zona vano scala (luglio 2016)
- TAV. S14 Pianta e sezioni piano terzo – progetto strutturale consolidamento (luglio 2016)
Pilastri - Intervento autorizzato dalla Soprintendenza prot. 14211 del 07/10/2014
- TAV. S15 Pianta piano terzo – Progetto strutturale soppalco per impianti (luglio 2016)
- TAV. S16 Piante piano interrato e piano terra – progetto strutturale centrale termica interrata (luglio 2016)
- TAV. S17 Piante piano primo e particolari – progetto strutturale consolidamento finestre del prospetto sud (febbraio 2017)
- TAV. S18 Tipologie schemi pavimenti con sottofondi (marzo 2017)
Allegati 1 e 2 Schemi drenaggio perimetrale (21 febbraio 2016)
- Relazione tecnica di prova di carico rampa scale a firma dell'ing. Marco Bortolazzi.
- Relazione tecnica di prova di carico solaio piano secondo a firma dell'ing. Marco Bortolazzi.
- Relazione tecnica di prova di carico solaio piano primo a firma dell'ing. Marco Bortolazzi.

Descrizione dell'intervento.

L'intervento oggetto del presente Collaudo Statico prevede opere di restauro e risanamento conservativo con miglioramento sismico dell'edificio denominato Torrione degli Spagnoli, facente parte del complesso del Castello dei Pio di Savoia a Carpi.

Citando la Relazione strutturale, “Il Torrione degli Spagnoli, collocato all’estremità sud-ovest del Castello dei Pio di Savoia di Carpi, presenta una pianta rettangolare di dimensioni indicative 19,75 m per 23,15 m, un piano seminterrato e quattro livelli fuori terra (terra, primo, secondo e sottotetto), per una altezza in gronda su piazza dei Martiri di circa 25,60 m. L’edificio risulta connesso a est ad un corpo minore in cui sono collocate le scale di collegamento tra il piano terra e primo, oggetto di recente consolidamento e completamente giuntato strutturalmente e a nord alle cosiddette “Pertinenze di Galasso Pio”, tramite il “Passo degli Sbirri””.

Va sottolineato che il Torrione è inutilizzato da circa un ventennio ed ha subito il disastroso sisma del maggio 2012, che ne ha aggravato le già precarie condizioni.

1. Interventi in fondazione

E’ stato mantenuta una quota di calpestio simile all’esistente, per non scalzare un sistema fondale tutto sommato efficace, e si è proceduto ad una generale ricognizione con esecuzione di un sistema di collegamento tra i paramenti, mediante l’esecuzione di una platea armata connessa perimetralmente a tutte le murature portanti.

E’ stato poi realizzato un drenaggio perimetrale esterno con metodi tradizionali, capace di limitare l’assorbimento di umidità delle murature dalle superfici controterra.

2. Interventi sui paramenti murari principali

Per le murature perimetrali, si è intervenuto principalmente dal lato esterno, non intonacato, in modo da preservare gli intonaci di pregio e i decori interni. Si è provveduto a rimuovere i principali elementi di indebolimento della parete, quali grandi canne fumarie interessanti tutto lo spessore murario e si è proceduto ad un consolidamento mediante tecniche tradizionali come ad esempio il cuci-scuci o mediante inserimento di diatoni in acciaio.

Non si è proceduto in genere alla modifica delle aperture esistenti. Per quando riguarda le murature interne, si è proceduto ad alleggerire i carichi gravanti sulle murature in falso sul primo impalcato, in modo da riportare i carichi verticali sui paramenti continui dalla fondazione alla quota di carico, e al contempo di stabilizzare i paramenti con snellezza eccessiva. Inoltre sono state migliorate le connessioni tra murature ortogonali al fine di ottenere un miglior comportamento scatolare dell'unità strutturale.

3. Interventi sugli impalcati

E' stato eseguito il consolidamento di tutti gli impalcati, per costituire dei collegamenti continui tra murature e solai, al fine di impedire meccanismi fuori piano dei setti murari.

Ogni tipologia di solaio (ligneo o voltato) è stata consolidata al fine di raggiungere il livello di sicurezza minimo rispetto alla analisi dei carichi in progetto. Per tutti gli impalcati sono stati considerati sovraccarichi variabili

relativi ad ambienti suscettibili di affollamento (300 daN/m^2) preventivamente concordato con l'amministrazione. Gli impalcati lignei sono stati consolidati mediante inserimento di travi metalliche in appoggio all'estradosso alle lignee esistenti aumentando in alcuni casi la sezione delle travi in legno mediante apposizione di un'altra trave della stessa essenza. Gli impalcati voltati, se si esclude il caso della volta a sud del secondo impalcato, che era gravemente compromessa, non presentavano particolari patologie strutturali. Il consolidamento eseguito si è limitato all'alleggerimento degli stessi ed alla realizzazione di un sistema di collegamento ai muri perimetrali. Inoltre è stato eseguito un intonaco armato con fibra di vetro all'estradosso.

In modo diverso è stata trattata la volta a botte ribassata unghiate di separazione tra il piano terra e primo, il cui intervento, calibrato al fine di mantenere la funzione portante della volta in laterizio in spessori strutturali molto ridotti, è stato necessario anche per impedire il collasso per soli carichi verticali.

4. Sistemi di tirantature metalliche

Sono state inserite a livello impalcati catene metalliche dimensionate per impedire i distacchi tra solai e murature e per impedire quindi ribaltamenti fuori piano dei setti murari.

Tali tiranti sono stati previsti a scomparsa all'interno del pacchetto di consolidamento dei solai, tranne nel caso della volta a botte unghiata del secondo solaio in cui è stato inserito un sistema anche a livello dei peducci delle unghie.

5.Consolidamento del vano scale esistente

E' stato eseguito un intervento sulle scale a volta rampante per impedirne la decompressione in fase sismica. Inoltre le scale sono state collegate ai paramenti perimetrali ed a un sistema di incatenamenti per impedire così le perdite di appoggio.

Il consolidamento ha previsto la riparazione dei pianerottoli della volta lesionati durante il sisma.

6.Consolidamento dei pilastri del piano sottotetto di appoggio alle capriate

I pilastri presenti al piano sottotetto sui quali insistono le capriate delle copertura sono stati consolidati tramite cerchiatura metallica.

7.Consolidamento delle finestre del prospetto sud

È stato eseguito il consolidamento delle finestre ad arco acuto del piano primo del prospetto sud.

Esame degli elaborati di progetto strutturale e del fascicolo dei calcoli.

Tav. S01

Tale tavola descrive graficamente il piano interrato rappresentando lo stato

di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi in fondazione.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo: C25/30 classe di consistenza S5 e di esposizione XC2

Acciaio: B450C

Tav. S02

Tale tavola descrive graficamente il primo impalcato rappresentando lo stato di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Tav. S03

Tale tavola descrive graficamente il primo piano rappresentando lo stato di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato dei vani 22-23-24.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S04

Tale tavola descrive graficamente il primo piano rappresentando lo stato di fatto del sistema voltato dei vani 20-21-25.

Tav. S05

Tale tavola descrive graficamente il primo piano rappresentando lo stato di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato dei vani 20-21-25.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S06

Tale tavola descrive graficamente il secondo piano rappresentando lo stato di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato dei vani 32-33-34.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S07

Tale tavola descrive graficamente il secondo piano rappresentando lo stato di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del solaio ligneo del vano 35.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S08

Tale tavola descrive graficamente il secondo piano rappresentando lo stato di fatto e quello di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del solaio ligneo del vano 31.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Acciaio da carpenteria tipo S355JR (Fe510B) per prfili HEM180

Tav. S09

Tale tavola descrive graficamente il terzo piano rappresentando lo stato di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato del vano 41 sud.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S10

Tale tavola descrive graficamente il terzo piano rappresentando lo stato di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del sistema voltato del vano 41 sud.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S11

Tale tavola descrive graficamente il terzo piano rappresentando lo stato di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento del solaio ligneo del vano 41 NE.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Acciaio da carpenteria tipo S355JR (Fe510B) per profili HEM180

Tav. S12

Tale tavola descrive graficamente il terzo piano rappresentando lo stato di fatto e di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento delle scale esistenti.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S13

Tale tavola descrive graficamente il terzo piano rappresentando lo stato di fatto e di progetto per l'esecuzione degli interventi di consolidamento ed alleggerimento dei muri del vano scale esistente.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo alleggerito (UNI EN 206-1:2006): C25/28-D1,6 classe di consistenza S5 e di esposizione XC1

Acciaio: B450C

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Acciaio da carpenteria tipo S355JR (Fe510B) per profili HEM180

Tav. S14

Tale tavola descrive graficamente piante e sezioni del terzo piano rappresentando il progetto strutturale per il consolidamento dei pilastri in muratura su cui si attesta la copertura.

I materiali utilizzati sono stati:

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Saldature a cordoni d'angolo, procedimento all'arco elettrico UNI EN ISO 4063 ed UNI EN 1011.

Tav. S15

Tale tavola descrive graficamente il progetto di un soppalco metallico da collocare nel sottotetto per alloggiamento impianti.

I materiali da utilizzare sono stati:

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Saldature a cordoni d'angolo, procedimento all'arco elettrico UNI EN ISO 4063 ed UNI EN 1011.

Saldature a piena penetrazione secondo UNI EN 12345 di prima classe secondo UNI 5132-74.

Tav. S16

Tale tavola descrive lo stato di fatto e di progetto del piano interrato con progettazione strutturale di centrale termica.

I materiali utilizzati sono stati:

Calcestruzzo: C25/30 classe di consistenza S4 e di esposizione XC2

Acciaio per c.a.: B450C

Acciaio per micropali: Tipo S275

Malta premiscelata a ritiro controllato per micropali.

Tav. S17

Tale tavola descrive l'intervento di consolidamento delle finestre del fronte sud.

I materiali utilizzati sono stati:

Acciaio da carpenteria tipo S275JR (Fe430B)

Tav. S18

In tale tavola sono descritti gli schemi dei pavimenti con i sottofondi.

Relazione di calcolo

E' costituita da vari elaborati:

- "Premesse al progetto delle strutture" che descrive in linea generale la filosofia dei vari interventi;
- "Relazione di Calcolo Strutturale. Progetto delle Strutture."

In essa vengono descritte le patologie dell'edificio ed i provvedimenti che si intendono adottare.

Inoltre viene descritta la normativa utilizzata ed i parametri di ingresso per la

modellazione strutturale dell'intero edificio. Si è considerata, secondo le NTC 2008, una classe d'uso III, Categoria del suolo C e categoria Topografica T1.

In base alle indagini in situ effettuate, la Progettista ha ritenuto di spingersi ad ipotizzare un livello di conoscenza LC3 con fattore di confidenza FC=1.

Sono stati considerati come materiale muratura "Muratura in mattoni pieni e malta di calce" e come legname un D24-castagno.

L'analisi condotta è stata del tipo non lineare indagando oltre che gli SLV, gli SLD, SLO.

Per il calcolo del modello nel suo complesso è stato usato il software 3Muri.

Per il calcolo della Berlinese per la realizzazione dell'interrato è stato usato il programma ParatiePlus 2016.

Per la struttura metallica del sottotetto il software PRO_Sap.

Per l'analisi della volta in muratura HIStRA.

Gli interventi realizzati hanno permesso di arrivare ad un livello di adeguamento pari a circa il 60%. Per la struttura nel suo complesso, pari al 100% per cio' che concerne i cinematismi locali.

Esistono poi una serie di allegati:

- Allegato 1 – Analisi di comportamento globale del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli a seguito degli interventi di miglioramento sismico previsti.

Riporta la già descritta analisi non lineare.

- Allegato 2 – Verifica delle incamicature in acciaio dei pilastri del sottotetto del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli
- Allegato 3 – Consolidamento della volta in muratura del secondo

impalcato lato sud del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli.

- Allegato 4 – Consolidamento dei solai lignei al secondo e terzo piano del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli.
- Allegato 5 – Soppalco con struttura di acciaio per l'alloggiamento degli impianti da installare al piano sottotetto del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli.
- Allegato 6 – Opere di sostegno e solaio a soletta in c.a. della nuova centrale termica interrata posta sul lato sud-est del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli.
- Relazione dei materiali

Si riportano a seguire i materiali utilizzati per le varie lavorazioni tratti direttamente dalla relazione sui materiali:

Specifiche di progetto per i laterizi

Sul secondo impalcato (lato nord-solaio 25), per la realizzazione della controvolta in laterizi, si utilizzeranno elementi pieni di dimensioni analoghe agli esistenti. In generale si utilizzeranno i seguenti parametri meccanici:

<p>MATERIALI PER CONSOLIDAMENTO MURATURE CON FUNZIONI PORTANTI O DI CONTROVENTO TUTTI I MATERIALI DEVONO ESSERE CONFORMI AL D.M. 14/01/2008</p> <ul style="list-style-type: none">• Laterizi pieni o semipieni di dimensioni analoghe agli esistenti conformi a UNI EN 771, categoria I Resistenza caratteristica a compressione degli elementi nella direzione dei carichi verticali $f_{bk} > 10 \text{ N/mm}^2$• Malta per murature conforme a UNI EN 998-2 a prestazione garantita classe M5• Connettori in acciaio per c.a. B450C• Resina epossidica bicomponente specifica per murature per l'ancoraggio dei connettori
--

Specifiche di progetto per le malte per muratura

La malta per muratura portante deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2 e recare al Marcatura CE.

Per garantire durabilità è necessario che i componenti della miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose.

La categoria della malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza media a compressione f_m espressa in MPa; le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11:2007.

Specifiche di progetto per gli elementi in c.a.

Per la realizzazione della soletta collaborante dei solai da consolidare si utilizza un calcestruzzo strutturale alleggerito con argilla espansa avente classe di resistenza LC 25/28 e classe di massa volumica D1,6 secondo la UNI EN 206-1:2206, con rete elettrosaldata in acciaio B450.

Per tutte le strutture interne si utilizza una classe di esposizione XC1.

Specifiche di progetto per gli elementi in acciaio

Le “Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008” presuppongono l’impiego di materiali di qualità adeguata messi in opera da personale qualificato ed il progetto della struttura con particolare attenzione alle esigenze della stessa in termini di durabilità.

Oltre alle azioni dirette ed indirette, un’opera è infatti sempre soggetta ad azioni ambientali di tipo chimico/fisico che possono portarla al degrado. Tali azioni dipendono sia dalle caratteristiche dell’ambiente che la circonda che dall’uso a cui l’opera è destinata.

Le classi di esposizione ambientale di progetto sono state concordate con la committenza e con la Direzione Lavori in funzione del tipo di azioni ambientali previste per l’opera.

Si prevede acciaio del tipo S275 per tutte le opere strutturali metalliche quali il cordolo metallico sulle murature perimetrali di copertura, il soppalco a struttura portante in acciaio per l'alloggiamento degli impianti al piano settotetto e le catene metalliche.

Le saldature sono da realizzarsi secondo le prescrizioni fornite nel DM 14/01/2008 e devono essere conformi alla norma UNI 11001.

- Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti strutturali del fabbricato storico denominato Torrione degli Spagnoli.

Si è fatto riferimento alla seguente normativa:

D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.

Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme

tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.

D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".

D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".

UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.

UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.

UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -

Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.

UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -

Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.

UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -

Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.

UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture -

Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.

UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.

UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.

UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.

UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.

UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.

UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.

UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.

UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

Controversie.

Non sono state segnalate al sottoscritto Collaudatore controversie.

Prove di carico.

In data 04/05/2022 sono state eseguite dalla Ditta Veneta Engineering di Verona tre prova di carico su:

- rampa e pianerottolo del vano scale dopo il consolidamento.

Il carico di 400 kg/mq è stato portato tramite sacchi di cemento uniformemente distribuiti. La freccia massima riscontrata da sensori è stata ad un'ora dal carico massimo pari a 0,63 mm. Una volta scaricata la volta è rimasto un abbassamento residuo pari a 0,14 mm.

- Solaio ligneo e rinforzato da poutrelles al piano secondo.

Il carico di 430 kg/mq è stato portato tramite materasso riempito di acqua uniformemente distribuito. La freccia massima riscontrata da sensori è stata ad un'ora dal carico massimo pari a 7,36 mm. Una volta scaricata la volta è rimasto un abbassamento residuo pari a 0,93 mm.

- Volta consolidata al piano primo

Il carico di 440 kg/mq è stato portato tramite materasso riempito di acqua uniformemente distribuito. La freccia massima riscontrata da sensori è stata ad un'ora dal carico massimo pari a 0,23 mm. Una volta scaricata la volta è rimasto un abbassamento residuo pari a 0,05 mm.

Tali risultati sono da considerarsi buoni e le deformazioni inferiori a quelle teoriche.

Altra documentazione allegata.

In data 09/06/2022 è pervenuta tramite email al sottoscritto collaudatore la seguente documentazione:

- Documenti di trasporto di acciaio per carpenterie metalliche, per c.a., per calcestruzzo e per micropali metallici.
- Certificati di qualità dei materiali, in particolare di quelli metallici.
- Prove di carico già citate in presenza.
- Prove Pull Out fibra di carbonio.
- Certificati prove sui calcestruzzi.

- Richieste prove sui calcestruzzi
- Verbali di prelievo dei calcestruzzi
- Schede tecniche dei materiali impiegati con particolare riferimento a Barre Dywidag, Cemento pozzolanico, Malte, Resina Epossidica, Rete in fibra di vetro per rinforzo voltine scale, Tessuto in fibra di carbonio.
- Relazione a struttura ultimata del Direttore Delle Opere Strutturali.

Dall'esame di tale documentazione si evince che i materiali utilizzati sono conformi a quanto previsto dal progettista.

Visita di collaudo.

Il giorno 04.05.2022 accompagnato dal Direttore dei Lavori Dott. Ing. Paola Rossi, il sottoscritto Collaudatore ha eseguito un sopralluogo per visionare le strutture da collaudare complete in ogni loro parte. Nel corso del sopralluogo, oltre a presenziare alle prova di carico, con la scorta della documentazione tecnica fornita è stata eseguita una accurata ispezione delle opere strutturali ancora visibili che al momento non hanno presentato segni premonitori o sintomatici di deformazioni avvenute od in atto, come pure non sono state riscontrate lesioni strutturali potenzialmente imputabili a cedimenti delle fondazioni, ad errato dimensionamento delle strutture od a cattiva esecuzione. Quindi considerato anche lo stato dei lavori il sottoscritto Collaudatore non ha ritenuto di procedere con ulteriori indagini o prove di carico sulle strutture realizzate o consolidate dall'Impresa nel cantiere in oggetto.

Certificato di collaudo statico.

Visto l'esito favorevole dell'esame degli elaborati di progetto, disegni

**SPAGNOLI DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL
MAGGIO 2012 sito a Carpi** sono collaudabili come in effetti



◆◆ C O L L A U D A ◆◆



con il presente atto con riferimento alla Normativa vigente ed alla documentazione tecnica di progetto precedentemente elencata che è stata attentamente esaminata per lo svolgimento delle operazioni di collaudo delle strutture in oggetto.

Bologna, lì 10 Giugno 2022.

IL COLLAUDATORE DELLE STRUTTURE.