



Al Comune di Imperia

SETTORE URBANISTICA, UFFICIO CEMENTI ARMATI / RILASCIO AUTORIZZAZIONI SISMICHE

Viale Matteotti, 157

18100 Imperia

OGGETTO: LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO, STATICO E PARZIALE RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'IMMOBILE DENOMINATO "EX CASERMA CRESPI – PALAZZINA COMANDO" SITO AD IMPERIA (IM) IN VIA STRATO CIV. N° 2.

Relazione e Certificato di collaudo statico ai sensi dell'Art. 7 della Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 e dell'Art. 67 del D.P.R. 6 Giugno 2001, n° 380.

Denuncia: Progetto depositato presso il Comune di Imperia, Ufficio Cementi Armati / Rilascio Autorizzazioni Sismiche, in data 16/06/2020 a mezzo p.e.c. all'indirizzo protocollo@pec.comune.imperia.it, Denuncia CA+ZS, Prot. n°28329, identificativo Pratica sismica n°42/2020.

Autorizzazione sismica: n. 133 del 30 giugno 2020.

Codici Procedura: CIG: 8388906839; CUP: G53B19000360001.

Committente: Direttore pro tempore della DIREZIONE REGIONALE LIGURIA – AGENZIA DEL DEMANIO, Via Finocchiaro Aprile civ. n°1, Genova: Dott. Mario PARLAGRECO (PRL MRA 74L30 L219H) sostituito nel corso dei lavori a partire dal 15/09/2021 (Comunicazione Organizzativa n. 20 del 29/07/20) dall' Ing. Giovanni ZITO (ZTI GNN 72B13 H579T), posta elettronica per la carica posta elettronica dre.liguria@agenziedemanio.it; Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Riccardo BLANCO.

Coordinatore tra le varie prestazioni specialistiche, Progettista impianti elettrici e speciali, Progettista edile ed architettonico: Prof. Ing. Gian Michele CALVI, c.f. CLV GMC 57H18 G388T, Via Severino Boezio 10, 27100 Pavia, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia con n° 1070, tel. 0382.538817, p.e.c.: pec@pec.studiocalvi.eu.

Progettista e Direttore dei Lavori delle opere strutturali: Dott. Ing. Matteo Piero Abbondio MORATTI, Studio Calvi S.r.l. Ingegneria e Architettura, c.f. MRT MTP 75T11 G388L, Via Severino Boezio 10, 27100 Pavia, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova con n° 7845A, tel. 0382.538817, p.e.c.: pec@pec.studiocalvi.eu.

Direttore dei Lavori: Dott. Ing. Matteo Piero Abbondio MORATTI.

Impresa appaltatrice: CONSORZIO STABILE DEL MEDITERRANEO SOCIETA' CONSORTILE A RESPONSABILITA' LIMITATA, p. iva: 07445901213, Iscritta alla C.C.I.A.A. di Napoli, con sede in Napoli in via Dei Mille n°40, c.a.p. 80121, num. REA: NA - 884629, legale rappresentante Concetta Immacolata AFIERO, nata a Afragola (NA) il 28/07/1962, c.f. FRACCT62L68A064P, posta elettronica certificata: consorziodelmediterraneo@pec.it.

Impresa costruttrice: R.C.S. S.r.l. RICERCA COSTRUZIONI E SVILUPPO, p. iva: 06651731215, Iscritta alla C.C.I.A.A. di Napoli, con sede in Napoli in via Dei Mille n°40, c.a.p. 80121, num REA: NA-829291, legale rappresentante Concetta Immacolata AFIERO, nata a Afragola (NA) il 28/07/1962, c.f. FRACCT62L68A064P, posta elettronica certificata: rcssrl@pec.sinapsis-srl.net, affiancata a partire dal 23/07/2022 dall'impresa CUBICO S.r.l., con Sede legale a FRATTAMINORE (NA), Via Roma n°228, c.a.p. 80020, Indirizzo PEC cubicosrl@pec.it, Numero REA NA – 1015360, Codice fiscale e iscr. al Registro Imprese n° 09199361214.

Collaudatore: Dott. Ing. Sandro MONTALDO, c.f. MNT SDR 64D01 D969I, Via Trento 43/4, 16145 Genova, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova con n° 6267A, tel. 010.3106436, p.e.c.: sandro.montaldo@ingpec.eu.

1. RELAZIONE

Il sottoscritto ing. Sandro Montaldo, libero professionista con studio in Genova, Via Trento 43/4, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova dal 17.07.1990 con n° 6267A, a seguito di Trattativa n°1692315 – CIG: 86565971D5 CUP: G53B19000360001 per Affidamento diretto (art. 36, c. 2, lett. A, D.Lgs. 50/2016), tramite il Mercato Elettronico della Pubblica Amministrazione (MEPA), ha ricevuto in data 27.04.2021 con DETERMINA A CONTRARRE E DI AGGIUDICAZIONE (ai sensi dell'art. 32, comma 2 e comma 5, del D. Lgs. n. 50/2016) Prot. n. 2021/ 565 - atti/DRL-UD, e con successivo ATTO DI AFFIDAMENTO Prot. n. 5799 del 12/05/2021 – Rep. 34/2021, l'incarico dal Committente del servizio di Collaudo tecnico amministrativo in corso d'opera, Collaudo statico delle strutture e Collaudo tecnico funzionale degli impianti, relativi ai lavori di miglioramento sismico, adeguamento statico e parziale rifunzionalizzazione dell'immobile denominato "Ex Caserma Crespi – Palazzina Comando" sito ad Imperia (IM) in Via Strato civ. n°2; l'incarico è stato conferito accettando altresì l'avvalimento dichiarato dall'Ing. Sandro Montando in fase di gara, ai sensi dell'art. 89 del D.Lgs 50/2016, dei seguenti soggetti ausiliari: Arch. Giampiero Buffoni per la categoria Edilizia e Ing. Roberto Orvieto per la categoria Impianti.

In ottemperanza al mandato, il sottoscritto ha svolto le operazioni di collaudo statico delle opere strutturali previste nell'ambito dei lavori in oggetto; fornisce nel seguito la descrizione delle opere oggetto del presente collaudo e delle operazioni di collaudo e rilascia, ad opere ultimate, il presente Certificato di Collaudo a norma di legge sulla corretta esecuzione e sicurezza strutturale delle opere costituenti l'intervento in epigrafe.

1.1 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L'edificio oggetto dei Lavori realizzati, costruito tra il 1931 ed il 1934, è denominato "Palazzina Comando" e fa parte del complesso "Ex Caserma Crespi" sito a Imperia (IM), in Via Strato civ. n° 2. Dall'epoca della sua realizzazione non ha subito sostanziali modifiche strutturali fino ai primi Anni Duemila, quando è stato oggetto di una ristrutturazione generale, con rinforzo dei solai del piano primo. La pianta dell'edificio è regolare, ad un asse di simmetria, essendo formata da un rettangolo di lati 73 x 16 m (con il lato maggiore disposto nella direzione Est-Ovest) che presenta un ampio recesso nella porzione centrale del prospetto sud, di 38 m in lunghezza e 6.30 m di arretramento, con portico al piano terra di dimensioni 38 x 4.50 m coperto da una terrazza al piano primo, sorretta da otto pilastri, disposti simmetricamente, ai cui lati si trovano le due testate contenenti i vani scale. L'edificio ha tre piani in elevazione oltre al piano terra, con copertura piana praticabile, a terrazza. Al piano terra la superficie dell'edificio si limita al portico sopra descritto ed a quella delle due testate, ciascuna a pianta rettangolare di lati 17.70 x 9.0 m circa. Le altezze interne sono rispettivamente 5.29 m al piano terra, 3,84 m al primo piano, 3,78 m al piano secondo e 3.81 m al piano terzo. Le strutture verticali dell'edificio sono in muratura portante in elementi di pietra squadrata piuttosto regolari, di buona tessitura, con listature in calcestruzzo ed elementi d'angolo in mattoni pieni in corrispondenza delle aperture sia interne, sia dei prospetti. La regolarità dell'edificio è data anche dai maschi murari che hanno continuità dalle fondazioni alla sommità. Il portico è costituito da pilastri e travi in calcestruzzo armato. I solai sono in latero-cemento (volterrane in laterizio, travetti in c.a. e caldana in calcestruzzo) con spessore variabile da 20 a 25 cm. Le fondazioni sono dirette, di tipo continuo. Era presente, prima dell'esecuzione dei Lavori in epigrafe, un giunto strutturale trasversale tra la testata nord e il corpo centrale.

1.2 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI

Gli interventi strutturali realizzati sono di tre tipi: a) interventi di miglioramento sismico dell'edificio; b) interventi di consolidamento statico dei solai; c) interventi locali di riparazione di travi, pilastri ed alcuni elementi strutturali di dettaglio (cornicioni), e di sostituzione di solai, di luci contenute.

Di conseguenza, i lavori in oggetto nel loro complesso si configurano come “intervento di miglioramento sismico” ai sensi delle Norme tecniche vigenti (cap. 8.4 del D.M. 17/01/2018 <<Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”>>), finalizzato a conseguire un aumento della sicurezza sismica della costruzione e, in quanto tali, hanno comportato la valutazione della sicurezza ed il progetto delle opere estesi all’intera struttura. Secondo le Norme non sono stati raggiunti i livelli di sicurezza previsti per gli edifici di nuova costruzione ($\zeta_E = 1$) ma è stato rispettato, per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E stabilito dalle Norme Tecniche per la classe d’uso dell’edificio e, in particolare, $\zeta_E \geq 0,6$, essendo ζ_E il parametro rappresentativo del livello di miglioramento sismico raggiunto, definito come rapporto tra l’accelerazione di capacità della struttura e l’accelerazione di progetto prevista sul sito per nuove costruzioni, o anche come rapporto tra l’azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l’azione sismica massima che si assumerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento etc.).

1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO DELL’AZIONE SISMICA

L’edificio è considerato una costruzione di Tipo 2 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”, ai sensi del cap. 2.4 del D.M. 17/01/2018, Tab. 2.4.I, alle quali corrisponde una Vita Nominale $V_N \geq 50$ anni.

La Classe d’uso della costruzione è la III, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi”, con conseguente valore del coefficiente d’uso $C_U = 1,5$ (Tab. 2.4.II). Pertanto, ai fini della determinazione dell’azione sismica è stato considerato un periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75$ anni, corrispondente ad un periodo di ritorno pari a $T_R = 712$ anni per lo stato limite ultimo SLV (con probabilità di superamento del 10%).

1.4 MODALITÀ DI CALCOLO

Come prescritto dalle Norme Tecniche vigenti, la valutazione della sicurezza è stata effettuata sia nello stato di fatto, sia nello stato di progetto e, così come il progetto dell’intervento, è stata estesa a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, ossia - nel caso in argomento - alla struttura nel suo insieme. Le indagini effettuate sulle strutture dell’edificio in fase di redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica hanno consentito l’adozione di un fattore di confidenza $FC=1$, corrispondente al livello di conoscenza LC3 (cfr. C8.5.2.1). Inoltre sono stati analizzati possibili meccanismi locali (ribaltamento di pareti) nei confronti dei quali è stata verificata la sicurezza della struttura (allo stato di fatto iniziale non soddisfatta) nella situazione rinforzata dagli interventi di miglioramento sismico in progetto.



Il calcolo è stato effettuato realizzando un modello numerico tridimensionale agli Elementi Finiti specifico per strutture in muratura ed è stata condotta un'analisi dinamica modale con spettro di risposta. La modellazione strutturale ha rispettato, in relazione al livello di conoscenza raggiunto, le condizioni reali in termini di ammassamento delle pareti, distribuzione delle masse e delle rigidezze, secondo il modello scatolare di riferimento e le prescrizioni sull'eccentricità tra il baricentro delle masse ed i centro delle rigidezze per la considerazione degli effetti torsionali. Sono state condotte le analisi strutturali seguenti per la determinazione delle azioni agenti sulle diverse strutture:

- Analisi numerica (SLO, SLV, SLD, SLC) con il software "3Muri" della struttura in muratura, per la valutazione della sicurezza sismica dell'edificio; sono state effettuate 24 analisi statiche non lineari per la determinazione delle curve di capacità (pushover) nelle direzioni principali X e Y.
- Analisi numerica (SLU) con 3Muri della struttura in muratura, per la verifica di resistenza statica degli elementi verticali portanti;
- Analisi numerica non lineare (SLV) con il software "Seismostruct" per determinare la curva di capacità forza- spostamento dei nuovi setti in c.a. post-compressi.
- Analisi cinematica lineare e non lineare per la verifica dei cinatismi locali per l'edificio in muratura;
- Analisi secondo i tradizionali metodi della scienza delle costruzioni a supporto e verifica dei risultati forniti dal modello agli Elementi Finiti.

La valutazione della risposta sismica globale è stata effettuata attraverso una serie di analisi statiche non lineari che hanno portato alla determinazione della curva di capacità della struttura (curva "taglio-spostamento), che è stata confrontata con le sollecitazioni, in termini di forze e di spostamenti, determinate secondo l'azione sismica di progetto (confronto tra "capacità" e "domanda") .

Le verifiche strutturali sono state condotte secondo il metodo semiprobabilistico degli Stati Limite secondo le combinazioni dei carichi statici e sismici previste dalla Normativa vigente (NTC2018 §2.5.3).

I calcoli eseguiti, di particolare complessità, sono stati validati a seguito di controlli e confronti dei risultati con riferimento ad elementi e condizioni di calcolo di più semplice verifica. E' stato verificato che la differenza dei risultati ottenuti con i diversi metodi (analitici e numerici) è contenuta in alcune unità percentuali, il che consente di affermare che la verifica di validazione è soddisfatta.

1.5 ESITI DELLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELL'EDIFICIO ALLO STATO DI FATTO

I risultati delle analisi numeriche condotte nei riguardi dell'edificio allo stato pre-esistente hanno dimostrato che la sicurezza statica e sismica dell'edificio non era garantita, avendo la struttura una resistenza (in termini

di verifiche a pressoflessione nel piano della muratura e a taglio), una capacità di spostamento ed un coefficiente di sicurezza minori del minimo previsto dalla Normativa vigente. La più significativa carenza riscontrata nei riguardi dell'analisi sismica è relativa agli elementi strutturali in direzione trasversale, con valore del coefficiente di sicurezza di 0.337 (-66%).

Il progettista ha quindi individuato le criticità strutturali dell'edificio per la successiva definizione degli interventi di miglioramento sismico. Tali criticità riguardano: le murature verticali, non sufficientemente resistenti e duttili nei confronti delle azioni sismiche in entrambe le direzioni principali; i solai, non idonei sia nei riguardi dei carichi verticali, sia relativamente alla loro rigidità di piano (fondamentale per la funzione di diaframmi orizzontali per il comportamento scatolare di insieme); i collegamenti dei solai alle pareti, per l'insufficiente grado di ammassamento per il funzionamento scatolare; alcuni elementi (travi, pilastri, cornicioni, solette) in stato di degrado.

1.6 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Sulla base delle risultanze delle analisi condotte nei riguardi della struttura esistente, che hanno messo in luce le carenze degli elementi strutturali sopra descritte, sono stati definiti gli interventi descritti nel seguito, progettati e realizzati per conseguire il miglioramento sismico dell'edificio con il raggiungimento di un livello di sicurezza sismica almeno corrispondente al 60% dell'azione sismica di progetto.

1) La realizzazione di n°8 contrafforti verticali disposti in direzione trasversale lungo il lato Nord, consistenti in setti in calcestruzzo armato post-compressi, posizionati all'esterno dell'edificio in corrispondenza dei muri trasversali e ad essi meccanicamente collegati con barre filettate M24 iniettate, disposte con inclinazione di circa 10° sull'orizzontale, di lunghezza 2,5 m di cui 1,5 m innestati nei pannelli murari trasversali dell'edificio e 1,0 m annegati nel getto dei contrafforti in c.a. (tre ai piani primo e secondo, due al piano terzo). I contrafforti, fondati ciascuno su pulvini in c.a. di dimensioni 270x130 cm, spessore 60 cm a collegamento di otto micropali diam. 200 mm, lunghezza 12 m, armati con tubi in acciaio 139,7x10 mm, ammorsati in roccia, hanno tutte le medesime caratteristiche geometriche e meccaniche: spessore 50 cm, larghezza 250 cm alla base e fino al livello del piano secondo, 200 cm alla sommità, posta al livello del solaio di copertura. La post compressione dei contrafforti è stata conferita da n°3 barre filettate Dywidag $\phi 47$ mm di classe 950/1050, continue dalla base alla sommità, disposte ad asse rettilineo e verticale nel centro del setto, post-tese. Ogni barra è composta da tre tronchi giuntati mediante manicotti omologati. La forza di post tensione è pari a $F=3750$ kN al fine garantire una tensione di compressione verticale alla base σ pari a 30 daN/cm².

Per regolarizzare il comportamento dell'edificio è stata realizzata la cucitura del giunto strutturale trasversale del fabbricato con barre in acciaio e iniezioni di malta.

2) Il consolidamento delle murature del piano primo mediante la realizzazione di intonaco strutturale armato con rete e connettori trasversali in fibra di vetro GFRP. E' stato adottato il sistema certificato "FIBREBUILD FRCM" Fiber Reinforced Cementitious Matrix della Fibre Net S.r.l. di Pavia di Udine (UD).

3) La realizzazione, all'intradosso dei solai, di diaframmi orizzontali mediante la posa in opera di un sistema di travi e controventi in acciaio, per apportare le rigidità di piano necessarie al funzionamento scatolare del sistema strutturale. I profilati perimetrali sono L100x200x8, ancorati alla muratura con ancoraggi chimici di barre filettate cl. 8.8 e/o iniezioni di malta ad alta resistenza; le travi primarie sono UPN 220, accoppiate a "doppia C" con piastre in acciaio; le travi secondarie sono IPE 180; le crociere di controvento orizzontali sono formate da tiranti Ø18 mm. E' stato realizzato anche il rinforzo esterno del cordolo di piano ai piani 2° e 3° con una fascia in tessuto di fibra di carbonio di altezza 1 m posato al di sotto dell'intonaco e ancorato al supporto con malta di collegamento e fiocchi in fibra di vetro. Tale sistema, oltre al consolidamento nel piano orizzontale ed al conferimento della funzione scatolare, ha anche la funzione di vincolare i muri perimetrali, impedendone il ribaltamento fuori piano. Inoltre costituisce al contempo l'opera di consolidamento dei solai, per aumentarne la capacità portante nei riguardi dei sovraccarichi.

4) Il rinforzo dei parapetti in muratura della terrazza al piano primo e della copertura, internamente con barre verticali post-tese tipo Dywidag M18 di classe 950/1050, inserite in carotaggi diam. 50 mm, ed esternamente con intonaco armato con il già citato sistema Fibre Net.

1.7 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STATICO

Oltre al consolidamento dei solai nei riguardi dei sovraccarichi descritto al punto 3) del paragrafo precedente, sono stati realizzati i seguenti interventi di adeguamento statico e di riparazione o sostituzione locale:

5) Il rinforzo strutturale di dieci travi della terrazza al piano primo, mediante l'applicazione all'intradosso delle stesse di lamine di carbonio, e degli otto pilastri del portico, con rete bidirezionale in fibra di carbonio ad elevata resistenza e resine epossidiche di impregnazione ed incollaggio.

6) al piano terra (lato est) sono stati demoliti quattro campi di solaio esistenti, ricostruiti con solette piene in calcestruzzo armato gettato in opera di spessore 24 cm. I quattro campi di solaio hanno le seguenti dimensioni in pianta: campo 1: 18,19 x 1,77 m (corridoio); campo 2: 3,35x5,43 m; campo 3: 2,90x5,43 m; campo 4: 3,72x5,43 m.

7) alcuni interventi di riparazione locale di risarcitura e ripristino della continuità delle murature del piano primo.

1.8 ESITI DELLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELL'EDIFICIO ALLO STATO DI PROGETTO

Per la valutazione della sicurezza sismica dell'edificio allo stato di progetto sono state condotte le verifiche statiche e sismiche della struttura consolidata e rinforzata con gli interventi sopra elencati. Le verifiche di resistenza (RES) allo SLV e SLD risultano soddisfatte: il coefficiente ζ_E è superiore a 0,6, il parametro $q^* < 4$ e la capacità in spostamento è risultata superiore alla domanda. Il caso peggiore nella direzione X ha portato ad un valore di ζ_E pari a 0,947 mentre nella direzione Y ad un valore di ζ_E pari a 0,71 (SLV) e quindi superiori al limite normativo di 0,6.

1.9 OPERE OGGETTO DEL COLLAUDO

Il presente Collaudo riguarda le opere di strutturali realizzate nell'edificio esistente descritto al paragrafo 1.1 con la finalità di conseguire un miglioramento sismico tale da ottenere un livello di sicurezza pari o superiore al 60% di quello previsto per il progetto di un edificio di nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche. Tali opere sono consistite negli interventi di miglioramento sismico elencati nei precedenti paragrafi 1.6 e 1.7 e costituiscono tutte oggetto del presente collaudo. Si tratta di opere estese alle strutture portanti dell'edificio nel suo insieme e riguardanti l'intera costruzione, finalizzate ad aumentare la sicurezza strutturale dell'edificio, segnatamente nei riguardi delle azioni sismiche.

1.10 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE

Al sottoscritto collaudatore sono stati forniti gli Elaborati grafici esecutivi, la Relazione geologica, le Relazioni geotecnica, illustrativa, sismica, sulle strutture esistenti, sulle indagini conoscitive e sui materiali strutturali, la Relazione di calcolo ed il Capitolato prestazionale a firma del Progettista delle strutture e la documentazione della Denuncia Integrata depositata presso l'Ufficio Cemento Armato - Antisismica della Provincia di Imperia. In ottemperanza al mandato, lo scrivente ha provveduto all'esame della suddetta documentazione costituente il Progetto delle strutture. Dall'esame della documentazione si evince che, come previsto dall' Art. 4 della *Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"*, e dagli Artt. 65 e 93 del *D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"* le opere sono state depositate in data 16/06/2020, Prot. n°28329, identificativo Pratica sismica n.42/2020, a mezzo p.e.c. all'indirizzo protocollo@pec.comune.imperia.it. Il deposito includeva la richiesta



di autorizzazione sismica preventiva. Il progetto è stato autorizzato, a seguito di Istruttoria, con Autorizzazione n°133 del 30 giugno 2020.

La Relazione a Strutture Ultimate a firma del Direttore dei Lavori, a norma dell'Art. 6 della Legge 1086/1971 e dell'Art. 65 del D.P.R. 380/2001, è stata depositata a mezzo p.e.c. all'indirizzo protocollo@pec.comune.imperia.it in data 13.01.2023, Prot. n°3139.

Il sottoscritto, esaminata tutta la documentazione sopra descritta, ha potuto accertare la rispondenza del progetto ai dettami della normativa vigente. In particolare, la progettazione delle strutture è stata eseguita in conformità ai disposti della Legge n° 1086 del 5.11.1971, del D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e della relativa Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 Gennaio 2019, n.7 recante Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. La progettazione antisismica è stata condotta conformemente alle Norme sopra citate, secondo quanto esposto ai precedenti paragrafi 1.2, 1.3 e 1.4,.

Le caratteristiche di sollecitazione sono state calcolate con l'ausilio di programmi di calcolo di comprovata affidabilità, secondo il Metodo degli Elementi Finiti e con gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni. Le verifiche di resistenza a pressoflessione e a taglio dei pannelli murari sono state condotte secondo le leggi di rottura fornite dalle Norme vigenti considerando un comportamento bi-lineare elastico perfettamente plastico ed assumendo il limite di resistenza equivalente al limite elastico. Le verifiche sono state condotte sia per lo stato di fatto, sia per lo stato di progetto (rinforzato), con il metodo semiprobabilistico degli Stati Limite.

1.11 OPERAZIONI DI COLLAUDO

Il sottoscritto, esaminata tutta la documentazione relativa al progetto ed alla realizzazione delle opere, ha provveduto all'esecuzione delle seguenti operazioni di collaudo:

- esame degli Elaborati grafici esecutivi e delle Relazioni del progetto strutturale, con particolare riguardo al controllo dei parametri assunti alla base dei calcoli, della correttezza della schematizzazione strutturale e della congruenza dei risultati;
- verifiche analitiche delle sollecitazioni e delle caratteristiche di resistenza dei principali elementi strutturali;
- esame della documentazione sui materiali impiegati e sulle prove sperimentali;
- visite del cantiere in corso d'opera, finalizzate al controllo del rispetto, in cantiere, dei contenuti degli elaborati grafici esecutivi e delle buone regole dell'arte;
- visita finale del cantiere, per la verifica della completa esecuzione delle opere.

1.11.1 ESAME DEGLI ELABORATI PROGETTUALI

L'esame degli elaborati tecnici descritti ha mostrato: la correttezza del valore dei carichi e dei sovraccarichi adottati, nonché delle caratteristiche meccaniche e di durabilità dei materiali; l'adeguatezza dell'approccio progettuale; la fondatezza delle ipotesi di calcolo adottate e la corretta applicazione dei metodi seguiti per l'esecuzione delle analisi strutturali e delle verifiche di sicurezza. Dalla documentazione di progetto risulta che sono state eseguite sull'edificio indagini strutturali sia geometriche che di caratterizzazione meccanica delle strutture portanti verticali (tramite martinetti doppi), che hanno permesso di raggiungere un livello di conoscenza LC3 (§C8.5.2.1), corrispondente a un fattore di confidenza FC pari a 1. L'insieme delle opere realizzate interessa le strutture dell'edificio nel loro insieme e consiste in un intervento di miglioramento sismico ai sensi delle NTC2018, paragrafo 8.4.2.

1.11.2 VERIFICHE ANALITICHE

L'esito favorevole delle verifiche di sicurezza condotte per la struttura allo stato di progetto dimostra che l'insieme delle opere realizzate consiste effettivamente in un intervento di miglioramento sismico con un livello di sicurezza raggiunto conforme a quanto prescritto dalle Norme vigenti, essendo il parametro ζ_E rappresentativo del livello di miglioramento sismico raggiunto, maggiore di 0,6. Le sollecitazioni massime di pressoflessione e taglio sugli elementi strutturali rinforzati risultano inferiori alle rispettive caratteristiche resistenti, secondo i previsti coefficienti di sicurezza.

Dal confronto degli esiti delle verifiche di sicurezza dell'edificio nello stato di fatto e nello stato consolidato riportate nella Relazione di calcolo si evince l'adeguatezza strutturale degli interventi realizzati, descritti in precedenza, ed emerge che gli interventi strutturali realizzati costituiscono a tutti gli effetti gli elementi di miglioramento del comportamento globale dell'edificio nei confronti dell'azione sismica, con la regolarizzazione del comportamento e della risposta dinamica in entrambe le direzioni, riscontrata anche nei modi propri di vibrare e nella distribuzione della massa modale partecipante, e con un consistente aumento della resistenza e della duttilità complessiva della costruzione.

1.11.3 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI

Il sottoscritto ha esaminato tutta la documentazione tecnica prodotta dall'Impresa in corso d'opera ed approvata dal Direttore dei Lavori, allegata alla Relazione a Strutture Ultimate, con particolare riguardo alle schede tecniche applicative dei materiali impiegati, alle Schede di accettazione dei materiali, ai certificati ed agli esiti sui controlli effettuati nei riguardi di: calcestruzzo, miscela cementizia per il getto dei micropali, acciaio in barre per c.a. dei diversi diametri utilizzati, acciaio per carpenterie metalliche e in tubi per

armatura dei micropali, barre Dywidag, reti e connettori in FRP, fibre, lamine e tessuto di carbonio, prova di carico dei micropali, controlli e prove di estrazione dei connettori e verbali di tesatura delle barre Dywidag; inoltre, alle attestazioni di Denuncia dell'Attività dei Centri di Trasformazione e sulla tracciabilità dei profilati in acciaio. Ha esaminato, altresì, i Certificati di conformità del controllo della produzione in fabbrica, delle procedure di saldatura e del sistema di gestione della Qualità relativi alle strutture in acciaio. La qualità dei materiali impiegati è conforme alle specifiche di progetto e l'esito di tutte le prove effettuate è favorevole; il che conferma l'adeguatezza dei materiali e delle opere realizzate e la conformità delle procedure adottate. Il sottoscritto collaudatore ha esaminato, infine, la documentazione tecnica relativa al sistema certificato FibreNet di consolidamento strutturale delle murature FRCM adottato, constatandone la conformità alle finalità dell'intervento, alle specifiche di progetto ed alle "Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" del Ministero delle Infrastrutture del 29.05.2019.

1.11.4 VISITE DI COLLAUDO IN CORSO D'OPERA

Il sottoscritto ha effettuato sopralluoghi periodici in cantiere, specialmente in concomitanza delle lavorazioni più importanti, per l'ispezione ed il controllo della corretta e conforme esecuzione a regola d'arte delle opere in progetto. Le visite di collaudo sono state effettuate in data 29.04.2021, 08.06.2021, 10.09.2021, 30.03.2022, 26.04.2022, 19.07.2022. Nel corso delle visite è stata posta particolare attenzione nell'ispezione delle opere, delle quali sono state constatate l'integrità, l'assenza di carenze o difetti di esecuzione, la conformità al progetto e la realizzazione a regola d'arte.

1.11.5 VISITA DI COLLAUDO FINALE

La visita finale di Collaudo, effettuata in data 29.09.2022, è consistita nella ricognizione finale delle opere realizzate e nella verifica della loro completezza. Al momento della visita le opere oggetto del presente collaudo risultavano ultimate.

2. CERTIFICATO DI COLLAUDO

Verificato che:

- il progetto delle opere strutturali è stato regolarmente depositato presso l'Ufficio Cementi Armati del Comune di Imperia, secondo quanto prescritto dalla Legge 1086 del 5.11.1971 e dal D.P.R. 380/2001;
- il progetto è stato elaborato conformemente a quanto prescritto dalla Normativa tecnica vigente;

- i calcoli strutturali sono stati eseguiti secondo la corretta applicazione dei metodi previsti dalla Normativa vigente e dalla Scienza delle Costruzioni;
- le sollecitazioni previste nei vari elementi strutturali sono compatibili con le rispettive risorse resistenti;
- le verifiche di sicurezza dimostrano l'adeguatezza delle opere strutturali realizzate, oggetto del presente collaudo, alla finalità del miglioramento sismico dell'edificio;
- la documentazione relativa ai materiali impiegati dimostra il rispetto delle caratteristiche e delle specifiche del progetto;
- l'esito delle prove sui materiali è stato positivo;
- l'esito delle prove di collaudo è stato favorevole;
- l'ispezione delle opere realizzate ha fornito conferme sulla buona qualità di esecuzione e sull'osservanza delle regole dell'arte;

preso atto delle dichiarazioni del Direttore dei Lavori contenute nella Relazione a Strutture Ultimate, il sottoscritto ing. Sandro Montaldo, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova dal 17.07.1990, nella sua qualità di collaudatore incaricato dal Committente, esprime parere favorevole sulla sicurezza e la conformità delle opere strutturali realizzate, oggetto del presente collaudo; dichiara che dette strutture sono collaudabili e con il presente atto effettivamente le

COLLAUDA

a norma della Legge n° 1086 del 5.11.1971 e ss. mm. e ii. e rilascia il presente certificato per gli usi consentiti dalla Legge. Lo scrivente collaudatore dichiara che le opere oggetto del presente collaudo sono rispondenti alla vigente normativa antisismica. Lo scrivente collaudatore dichiara, inoltre, di essere iscritto all'Albo e all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova da oltre dieci anni e di essere estraneo alla progettazione e alla Direzione dei Lavori delle opere collaudate.

Genova, 9 Marzo 2023

L'ingegnere Collaudatore,



(dott. ing. Sandro Montaldo)

