

REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'
Dipartimento Infrastrutture, mobilità e trasporti Servizio 7 - Politiche urbane e abitative
COMUNE DI BAGHERIA

MANIFESTAZIONE DI INTERESSE PER SELEZIONARE PROPOSTE
FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DI
"INTERVENTI INTEGRATI EDILIZIA RESIDENZIALE SOCIALE"
CUP B51B19001250004 - CIG 9063462D70

1 DOCUMENTAZIONE TECNICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
(art. 23 del D. Lgs 50/2016)

TAVOLA

D

RELAZIONE SULL'ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI

SCALA

IL RUP

Geom. Onofrio Lisozzi

DATA

Settembre 2022



PROPONENTE:

ATI: **EDILPRO (Capogruppo)**
via Rosario Livatino, 13 - cap. 93015, Caltanissetta
P.IVA 01838290854

TRINACRIA DI BELMONTE SOC. COOP.
via R. Morandi, 17 - cap. 90031 Belmonte Mezzagno (PA)
P.IVA 03640040824

IL LEGALE
RAPPRESENTANTE

EDILPRO S.r.l.
GAETANO TRUSCELLI - PROCURATORE
via Rosario Livatino, 13 - cap. 93015, Caltanissetta (CL)
P.IVA: 01838290854

PROGETTISTA:



ENERGROUP
Engineering

Energroup Engineering S.r.l.
Via Baldo degli Ubaldi 43, Roma
P.IVA 16372901005

I CONSULENTI:

LITOS PROGETTI S.R.L.
ARCH. GIUSEPPE MARIA IPPOLITO

ARCH. MARTINA BELMONTE
N. 6254

IL CONSULENTE PER L'HOUSING SOCIALE: **MESH S.R.L.**

MESH S.r.l.
Amministratore

INDICE

1.	<i>MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE STRUTTURALE E GEOGNOSTICA.....</i>	<i>2</i>
2.	<i>APPROCCIO METODOLOGICO ALLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE</i>	<i>3</i>
3.	<i>ANALISI DELLE SOLUZIONI D'INTERVENTO STRUTTURALE.....</i>	<i>6</i>

1. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE STRUTTURALE EGEOGNOSTICA

Per la **caratterizzazione meccanica dei materiali**, al fine di determinare opportunamente numero e localizzazione delle prove, le attività progettuali delle strutture procederanno con una **prima fase d'indagine** attraverso un numero limitato di prove preliminari di tipo non distruttivo su elementi individuati come rappresentativi a seguito dell'analisi storico-critica, della documentazione disponibile e del rilievo geometrico, per definire un **modello preliminare delle strutture**, su cui effettuare le verifiche strutturali preliminari, per un'analisi di sensibilità finalizzata alla conoscenza dei parametri geometrici, meccanici e di vincolo, dai quali dipende maggiormente la risposta statica e sismica.

L'**analisi storico-critica** degli immobili oggetto d'intervento si baserà sulla ricerca e acquisizione degli enti competenti (Comune, Genio Civile, Provv.OO.PP., Prefettura, ecc.). Ove non sia riscontrabile, saranno effettuate ricerche documentali di strutture similari coeve in uso ad altri enti o a soggetti privati, coinvolgendo possibilmente progettisti e imprese intervenuti sull'immobile.

In una **seconda fase d'indagine**, in base all'esito dell'analisi preliminare sarà definita in termini di tipologia, numero e localizzazione la campagna di indagini da svolgersi per raggiungere il **livello di conoscenza** richiesto dalla *Stazione Appaltante*, da eseguire in maniera mirata sulle componenti strutturali individuate nella prima fase, in relazione al livello delle relative sollecitazioni, al ruolo svolto nei riguardi della sicurezza della struttura e al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari. Le indagini diagnostiche saranno svolte da Laboratorio autorizzato (art.59 - DPR380/2001) individuato dalla Stazione Appaltante e comprenderanno ad esempio: **indagini visive**: per rilevare geometria, materiale e stratigrafia degli elementi strutturali indagati; **indagini su elementi in c.a.** (elettromagnetiche e rilievo del copriferro con pacometro, resistenza a compressione del c.l.s. e analisi del degrado, carbonatazione, indagini ultrasoniche, sclerometriche, Pull-out, metodologia SonReb, prove a trazione su barre di armatura d'acciaio estratte dalla struttura, indagini magnetometriche, indagini penetrometriche, misura del potenziale di corrosione dei ferri, ecc.); **indagini su murature** (debolmente distruttive quali carotaggi, martinetti piatti semplici e doppi, indagini endoscopiche, sonica, sclerometrica a pendolo e penetrometrica per malte, esame videoscopico, analisi chimica e granulometrica delle malte, etc.); **indagini su elementi lignei** (prove resistografiche, sclerometriche e morfoanatomiche); **indagini su solai** (prove di carico statiche, indagine termografica, magnetometrica, prove di tenuta allo sfondellamento, etc.); **indagini su fondazioni** (analisi condizioni fondazioni e sullo stato di degrado); **indagini geologiche e di caratterizzazione geotecnica e prospezioni sismiche o elettriche (es.**

tomografia 3D) per determinare i parametri caratteristici geotecnici e geofisici del terreno e definire un modello geologico e geotecnico di dettaglio.

Al fine di limitare l'invasività delle indagini, garantendo comunque l'affidabilità con un livello elevato di precisione e di conoscenza nel rispetto delle prescrizioni normative di riferimento di ciascuna tipologia di prova, si adotteranno prevalentemente **metodi di prova di tipo non distruttivo** calibrati su quelli di tipo distruttivo, attraverso i metodi di correlazione fra risultati di prove non distruttive (es. sclerometriche) con quelli di prove distruttive (es. sucrotest) secondo gli approcci metodologici indicati dalle norme (es. *UNI 13791*), consentendo così di ridurre la numerosità delle **prove distruttive**.

Per rilevare lo stato di degrado superficiale e/o strutturale del manufatto sarà prodotto un rilievo grafico e fotografico, insieme a planimetrie riportanti i punti di vista delle foto in conformità alla UNI 9124-2; saranno prodotti gli elaborati grafici, in scala opportuna (*prospetti con visualizzazione delle lesioni, piante con evidenziate le tipologie di lesioni, ecc.*) che rappresenteranno il quadro fessurativo e i dissesti rilevati, con specifica della tipologia e localizzazione delle sole lesioni associate a problemi statici e non dovute a semplici fenomeni di degrado.

La **valutazione della sicurezza sismica** sarà eseguita nel rispetto dei punti 8.7.1 e 8.7.2 delle **NTC2018** e della relativa Circolare, sia mediante analisi dinamica lineare elastica non-lineare, procedendo alla verifica della risposta globale della struttura all'azione sismica e alla verifica dei meccanismi locali.

2. APPROCCIO METODOLOGICO ALLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

La progettazione delle opere strutturali, volta a ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici garantirà la coerenza con gli obiettivi della Stazione Appaltante e il rispetto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 contenute nel D.M. 17 gennaio 2018, degli OPCM in materia, oltre che alle norme UNI di settore e alle linee guida e direttive per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio edilizio esistente, nel rispetto dei requisiti di sicurezza e degli stati limite riferiti alle esigenze di salvaguardia del manufatto, della sua funzionalità e dell'incolumità degli utenti.

La progettazione degli interventi strutturali, a seguito delle risultanze delle indagini e della valutazione della vulnerabilità sismica della struttura, e compatibilmente con le risorse finanziarie disponibili, sarà indirizzata ad elevare il grado di sicurezza strutturale sismica per raggiungere il **livello di adeguamento sismico** di cui al punto 8.4.3 delle Norme NTC2018, con l'obiettivo di ottenere, **un valore minimo del rapporto capacità/domanda superiore ad almeno l'100%**, ossia **un rapporto ≥ 1** , tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe per una nuova costruzione, **maggiore a 1**.

Ove risulti non percorribile un intervento di **adeguamento sismico**, sarà proposta una strategia di interventi finalizzata al **miglioramento sismico** e/o **riparazione/rafforzamento locale**.

A seguito del conseguimento di una adeguata conoscenza delle strutture attuali, la valutazione della sicurezza sismica ed il progetto degli interventi strutturali dell'immobile seguiranno il seguente approccio metodologico:

Livelli di conoscenza e fattori di confidenza. Identificata la costruzione, in relazione all'approfondimento del rilievo geometrico e delle indagini materico-costruttiva, meccanica esul terreno e le fondazioni, sulla base degli studi effettuati, saranno confermati o ridefiniti i **livelli di conoscenza** dei diversi parametri coinvolti nel modello e così come i correlati **fattori di confidenza**, da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza e che consentono di graduare l'attendibilità del modello di analisi strutturale e tenerne conto nella valutazione dell'indice di sicurezza sismica (o della vita nominale).

Adozione di uno o più modelli meccanici della struttura o delle sue parti in grado di descriverne la risposta sotto azione dinamica, e coerentemente scelta di uno o più metodi di analisi strutturale, in modo tale da poter eseguire valutazioni con un livello di accuratezza adeguato alle finalità dello studio, in modo da tradurre in termini meccanici e quantitativi il comportamento accertato nella costruzione. Per eseguire tale analisi, si definiranno diversi modelli interpretativi di diverso grado di accuratezza, che possono interessare l'intera costruzione o sue singole parti. Definiti i modelli strutturali **Ante-Operam** degli edifici, sarà possibile individuarne le caratteristiche resistenti ad un sisma di progetto a valore crescente, consentendo di ricercare tutti i punti di debolezza del sistema strutturale, sui quali concentrare prioritariamente l'attenzione nella progettazione degli interventi strutturali da inserire nel modello **Post-Operam**.

Le modellazioni con le quali saranno studiate le strutture degli immobili saranno preferibilmente di tipo modale per gli edifici in calcestruzzo armato e potranno essere approfondite con analisi di tipo **Pushover**, con utilizzo di softwares dedicati (**SISMICAD** e **CDS della S.T.S.**), che consentono di studiare il comportamento "globale" della struttura, mediante l'analisi non lineare ed il controllo degli spostamenti, superando la verifica puntuale e indagando a fondo il comportamento strutturale e individuando gli aspetti più critici.

Definizione del livello di sicurezza sismica di riferimento sulla base della classe d'uso degli immobili. Il livello di sicurezza sismica di riferimento che il concorrente si prefiggerà di raggiungere nella progettazione degli interventi, **sarà quello di rispettare i requisiti e i livelli di sicurezza corrispondenti all'adeguamento sismico**, ai sensi del punto 8.4.3 delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2018), con l'obiettivo di ottenere **un valore minimo del rapporto capacità/domanda superiore ad almeno l'100%**.

Valutazione dei livelli di sicurezza e della vita nominale nello stato di fatto, considerando l'azione sismica per il sito sulla base delle conoscenze sulla pericolosità sismica; nella definizione di tale azione, si terrà anche conto di eventuali studi disponibili di microzonazione sismica; saranno considerati i possibili effetti di risposta sismica locale, da valutare con le indagini e con i criteri indicati dalle NTC2018.

Metodi di Analisi sismica. I metodi di analisi sismica che saranno applicati saranno quelli previsti dalle NTC2018 per l'analisi dei meccanismi sia locali che globali, ovvero, in funzione del modello con il quale vengono descritte la struttura ed il suo comportamento sismico. In particolare sarà possibile fare riferimento ai seguenti: analisi statica lineare; analisi dinamica modale; analisi statica non lineare; analisi dinamica non lineare. I valori delle azioni agenti sulle strutture e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, saranno quelli definiti dalla normativa vigente per le nuove costruzioni (NTC2018).

Progettazione degli interventi di miglioramento/adeguamento sismico, tenendo presente dell'indice di vulnerabilità sismica nello stato di fatto, che emergerà dalla conoscenza diretta delle costruzioni (meccanismi di danno potenziali o già manifesti) e dall'analisi strutturale sismica, e le tecniche di consolidamento dei manufatti con interventi compatibili con le stesse costruzioni.

L'intervento sarà realizzato solo dopo aver accertato i benefici che possono conseguirsi e l'impatto sulle costruzioni esistenti. In particolare saranno, in via generale, evitate tutte le opere di demolizione-sostituzione e di demolizione-ricostruzione delle strutture portanti, operando con **interventi che si integrino con le strutture esistenti senza trasformarle radicalmente**. In particolare, gli interventi saranno proporzionati agli obiettivi di sicurezza e durabilità, contenendo gli stessi in modo tale da produrre il minimo impatto sulle strutture delle costruzioni.

Particolare attenzione sarà posta per assicurare la reale efficacia degli interventi strutturali ed evitare dissesti che comportino il peggioramento delle caratteristiche delle strutture o del funzionamento degli elementi costruttivi.

Per quanto possibile, sarà valutata l'opportunità che gli interventi proposti siano controllabili in corso d'opera. Il progetto di ogni intervento comprenderà un'accurata descrizione delle fasi esecutive e sarà prescritto che nel corso dei lavori sarà prodotta una documentazione delle opere effettivamente eseguite, che diventerà parte integrante della relazione finale. Tutte le attività di controllo e monitoraggio saranno documentate e conservate come parte della storia della costruzione.

Valutazione dei livelli di sicurezza e la vita nominale nello stato di progetto
attraverso un modello opportunamente modificato rispetto a quello usato per la verifica nello

stato di fatto, eventualmente calibrato attraverso valutazioni qualitative. Nel caso in cui l'intervento modifichi sostanzialmente il comportamento originario, è ancor più necessario disporre di un modello meccanico attendibile, capace di rappresentare il comportamento del nuovo organismo strutturale, in quanto non è più possibile fare affidamento su quanto accertato attraverso la conoscenza sul manufatto.

Adozione di opportune regole di dettaglio nella realizzazione degli interventi volte ad assicurare la compatibilità dei nuovi elementi con quelli originari, la durabilità dei materiali, la massima duttilità agli elementi strutturali ed alla costruzione nel suo insieme.

3. ANALISI DELLE SOLUZIONI D'INTERVENTO STRUTTURALE

La conoscenza acquisita dall'analisi dello stato dei luoghi, delle strutture e della documentazione messa a disposizione dalla Stazione Appaltante, permetteranno di individuare delle soluzioni tecniche d'intervento che, dopo gli opportuni approfondimenti e verifiche e dopo il confronto e la conseguente accettazione da parte della Stazione Appaltante, consentiranno di adottare un efficace insieme di soluzioni tecniche di ***adeguamento/miglioramento sismico e rafforzamento/riparazione strutturale***, nel rispetto delle NTC 2018.

Al fine di garantire ***un incremento dei livelli di sicurezza sismica delle strutture, oltre che della durabilità delle strutture ed ecocompatibilità dei materiali*** da mettere in opera, si affronterà lo studio dei seguenti possibili ***interventi strutturali***, da non considerarsi esaustivo.

Interventi in fondazione. In generale, sarà possibile omettere gli interventi sulle strutture di fondazione, qualora si riscontrino le seguenti condizioni: non siano presenti significativi dissesti attribuibili a cedimenti in fondazione e sia stato accertato che dissesti di questa natura non si siano verificati neppure in passato; siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche. Ove gli interventi progettati sulla struttura in elevazione comportino sostanziali alterazioni dello schema statico del fabbricato (introduzione di nuove pareti portanti) e, quindi, gli stessi interventi comportino sostanziali modifiche delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni, si provvederà al progetto di nuove fondazioni.

Nei casi in cui le indagini e le analisi mettano in evidenza la necessità di un intervento di consolidamento in fondazione, sarà preliminarmente ricercata la causa geotecnica del dissesto. La scelta degli interventi in fondazione sarà motivata e compiutamente illustrata. Gli interventi dovranno tendere prioritariamente al mantenimento della preesistente distribuzione delle pressioni di contatto. Essi saranno in ogni caso tali da garantire valori il più possibile

ridotti dei cedimenti assoluti e differenziali attesi, che devono comunque risultare compatibili con le caratteristiche della costruzione.

Se necessario s'interrverrà con l'allargamento delle fondazioni mediante cordoli o plateaarmata, con l'effetto benefico di realizzare un efficace collegamento orizzontale fra le murature a livello di fondazione. Qualora risultasse necessario l'impiego di fondazioni profonde (pali e/o micropali), l'intervento dovrà essere in generale esteso all'intero edificio, valutando il comportamento d'insieme del sistema di fondazione e verificando le condizioni indicate dalle NTC per le verifiche sismiche dell'interazione cinematica palo-terreno.

Interventi sulle strutture in cemento armato. Si esamineranno opportuni interventi per sopperire alla carenza di resistenza dei pilastri, attraverso la realizzazione di **nuovi setti in cemento armato**, in grado di assorbire azioni orizzontali e **l'aumento della resistenza dei pilastri più deboli**, mediante la maggiorazione della loro sezione a tutte le elevazioni.

Al fine di migliorare il comportamento strutturale a taglio e flessione delle travi in elevazione, che dalle analisi strutturali risultino suscettibili di crisi per flessione fragile, un possibile intervento che si valuterà è un **rinforzo delle stesse travi mediante placcaggio di fogli di fibre di carbonio** unidirezionale. In particolare, si provvederà al:

- **rinforzo a taglio delle travi** esistenti suddette mediante staffatura trasversale con sagoma a "U", eseguita per rinforzare la zona dove lo sforzo di taglio è massimo;
- **rinforzo a flessione delle travi** esistenti suddette mediante applicazione longitudinale, lungo l'asse della trave di doppia fascia (da 20 cm), in due strati, in fibra di carbonio all'intradosso delle stesse, in corrispondenza della parte centrale (zona inflessa).

Tutti gli interventi di risanamento e di ripristino del copriferro delle strutture in c.a. verranno effettuati mediante l'impiego di **MALTE CERTIFICATE R4** (malta con alte prestazioni meccaniche) attraverso le seguenti fasi di lavoro: **preparazione dei supporti**, inserimento di **armatura integrativa**, **ricostruzione volumetrica** e **protezione delle barre di armatura**, **protezione e decorazione** delle superfici per garantire una elevata curabilità.

Un altro tema da non trascurare è la necessità di dover intervenire su eventuali **giunti strutturali** delle unità strutturali, ove le indagini eseguite rilevino che le dimensioni dei giunti strutturali non siano conformi alle prescrizioni normative, risultando pertanto elevato il **rischio del fenomeno del martellamento**. Non escludendo, ove fattibile, il loro adeguamento tramite allargamenti, si esaminerà la possibilità di applicazione di **una soluzione progettuale che preveda la saldatura dei corpi tramite dissipatori posti nel giunto stesso**. L'intervento è di facile realizzazione e comporta una significativa riduzione delle interferenze con le attività interne, **essendo un intervento puntuale e non continuo per tutto il giunto**.

Sistema antiribaltamento per pareti non strutturali quali tramezzi, tamponature, partizioni

Per garantire pienamente i livelli di sicurezza sismica degli immobili, compatibilmente con le risorse a disposizione, l'attività di progettazione sarà attentamente rivolta anche alla valutazione della sicurezza di **parti non strutturali** dell'edificio, in accordo alle **NTC2018**.

Sarà svolta una verifica della sicurezza di tali elementi nei confronti dell'azione sismica, da eseguirsi mediante opportune analisi che, seppur semplificate, consentiranno di ottenere dei coefficienti di sicurezza per le singole condizioni di progetto.

Un aspetto spesso di solito trascurato, infatti, nella progettazione di edifici è quello relativo agli elementi cosiddetti "non strutturali", ovvero elementi senza una funzione strutturale principale, ma in grado comunque di provocare danni a cose e a persone durante l'azione sismica, se trascurati nella progettazione. Un tipico esempio di elementi non strutturali sono le **tamponature esterne** degli edifici in c.a., le quali presentano spesso masse e rigidità tali da modificare significativamente il comportamento e la risposta della struttura durante l'azione sismica. Tali elementi, se non progettati correttamente, possono portare a collassi fragili e prematuri, con la possibile espulsione fuori dal piano degli stessi.

Al fine di garantire la realizzazione di un intervento che offra un adeguato grado di sicurezza e sia in grado di evitare collassi fragili e prematuri delle tamponature esterne e la possibile espulsione di elementi di muratura in direzione perpendicolare al piano del pannello, si prevederà ad esempio la realizzazione di un collegamento di quest'ultimi alle travi ed ai pilastri in C.A. con **intonaco strutturale** a base di geomalta, rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox e barre elicoidali in acciaio Inox, sia nel caso delle tamponature esistenti che di quelle di nuova realizzazione.

Sistema anti-sfondellamento solai in laterocemento

I solai in latero-cemento, costituiti da pignatte e travetti in calcestruzzo, sono caratterizzati da una certa rischiosità poiché, come accaduto in alcuni edifici, può manifestarsi il **distacco del fondo delle pignatte e dell'intonaco**, con un potenziale rischio per le persone presenti all'interno dei locali.

Al fine di evitare il suddetto problema, che in caso di un evento sismico si paleserebbe con estrema probabilità, si provvederà alla realizzazione di un sistema di protezione per i solai con un alto coefficiente di sicurezza, utilizzati e collaudati da anni, costituito da controsoffitti in aderenza realizzati con lastre in gesso rivestito con un nucleo ad elevatissima resistenza meccanica.

Verifiche della sicurezza sismica degli impianti

Per garantire pienamente i livelli di sicurezza sismica dell'immobile, l'attività di progettazione sarà attentamente rivolta anche alla valutazione della sicurezza degli **impianti** nelle condizioni sismiche. Per gli impianti sarà verificato che:

gli eventuali componenti fragili degli impianti abbiano resistenza allo snervamento doppia rispetto a quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui e non superiore a quella risultante da un'analisi eseguita con un coefficiente di struttura pari ad 1;

gli impianti non siano vincolati all'edificio contando sul solo effetto dell'attrito;

- i dispositivi di vincolo e gli elementi strutturali o non strutturali cui gli impianti sono fissati;
- gli impianti siano collegati all'edificio con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili;
- gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili siano quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0,1$ s;
- se sono presenti o si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto dovranno essere flessibili e non dovranno far parte del meccanismo di vincolo;
- ove l'impianto a gas sia dimensionato per un consumo superiore ai 50 mc/h, esso venga dotato di valvole per l'interruzione automatica della distribuzione in caso di terremoto;
- i tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno all'edificio, siano progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi edificio/terreno dovuti all'azione sismica di progetto;
- i corpi illuminanti siano dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, dovranno essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali o trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

A seguito delle verifiche sopra descritte si valuterà la necessità di impiegare opportuni accorgimenti, rinforzi e o sistemi di smorzamento finalizzati ad evitare che il danneggiamento di tali elementi possa comportare danni alle persone, nel rispetto delle prescrizioni normative.