

CONSULENZA TECNICA RELATIVA ALLO STATO DI CONSERVAZIONE E LAVORI DI SOPRAELEVAZIONE DI EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE.



C.T. Geologo Cavaglià Adriana
C.T. Geologo Di Francesco Romolo



1 PREMESSA

La premessa si rende necessaria per introdurre i risultati delle indagini, degli studi e delle analisi di carattere strutturale e geologico-geotecnico eseguiti su un edificio di civile abitazione sito in Giulianova (TE), di proprietà della signora Xxxxxxx Xxxxxx, al fine di offrire un quadro clinico di riferimento propedeutico per i lavori di sopraelevazione dello stesso. Ulteriori e maggiori informazioni possono essere dedotte dalla lettura degli allegati, i quali saranno di seguito citati in relazione alla loro posizione in seno allo svolgimento della consulenza tecnica.

Alla presente perizia tecnica sono allegati i seguenti documenti:

- a) Allegato "1": prove in sito
- b) Allegato "2": individuazione dei settori critici e proposta schematica di intervento

2 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati delle indagini ad ampio spettro di osservazione eseguite presso un edificio residenziale sito nel comune di Giulianova (TE), al fine di fornire risposte in merito alla presenza di un evidente quadro fessurativo nonché indicazioni in relazione al progetto di sopraelevazione in itinere.

L'edificio in questione è costituito da n. 3 livelli fuori terra ed un livello seminterrato, con struttura mista in muratura portante perimetrale, pilastri interni e solai in latero-cemento. Le fondazioni sono del tipo nastriforme, come dettato dalla tipologia costruttiva. Per ulteriori e maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto nonché all'allegato 2.

Da un accurato sopralluogo è emerso che l'edificio presenta un quadro fessurativo poco sviluppato ed apparentemente rispondente ad uno schema ben preciso, nonché potenzialmente evolutivo.

Per lo svolgimento dell'incarico affidato è stato seguito un percorso logico, sviluppato attraverso sopralluoghi con diversi e maggiori livelli di approfondimento i quali saranno nel seguito particolareggiati. Nel dettaglio:

1. è stato eseguito un primo sopralluogo, al fine di prendere conoscenza dello stato dei luoghi;
2. sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;
3. sono stati eseguiti rilievi geometrici e strutturali sull'intero immobile; sono stati rilevati i quadri fessurativi, affinché gli stessi possano essere analizzati ed interpretati, dal momento che la posizione e tipologia delle lesioni sono chiaro indice di una causa ben precisa;
4. sono stati studiati gli elaborati di progetto.

I riferimenti normativi da tenere in considerazione, come meglio appresso specificato, sono:

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

Decreto 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”.

(G.U. 01.06.1988, n° 127 supplemento)

* * * *

3 RILIEVI ED ANALISI DEI QUADRI FESSURATIVI

È stata eseguita una campagna di indagini con l'intento di rilevare gli stati di crisi negli elementi primari costituenti le strutture statiche. Sono stati quindi visionati ed ispezionati gli elementi strutturali dell'intero immobile nonché le opere architettoniche di finitura. La necessità di tale indagine esplorativa deriva soprattutto dalla presenza di diversi quadri fessurativi poco sviluppati che hanno interessato alcuni settori del manufatto e che dipendono da cause ben precise e facilmente relazionabili ai cinematicismi di fessurazione.

La natura delle lesioni (in genere) è principalmente riconducibile al comportamento iperstatico del complesso strutturale che in fase di sollecitazione potrebbe determinare la riduzione della iperstaticità con redistribuzione dei carichi; in tale contesto le fratture rappresentano degli ideali giunti destinati alla funzione. In particolare l'edificio presenta un quadro fessurativo diffuso rispondente a diversi trend ben definiti.



Figura 1. Ossidazione delle staffe di armatura (indicate dalle frecce rosse) su pilastro interno del portico, per insufficienza del copriferro.

Nel dettaglio sono state rilevate problematiche riconducibili a 4 diversi cinematismi.

Il primo cinematismo (figura 2) riguarda esclusivamente il muro in cemento non armato del piano seminterrato lato ovest, interessato da lesioni a direttrice prevalentemente orizzontale e subordinatamente verticale.



Figura 2. Lesioni sul muro in cemento del piano interrato, riconducibile principalmente a mancanza dell'armatura, a riprese di getto mal eseguite ed infine al cedimento fondale del settore a dx della foto.

Il problema riscontrato è facilmente riconducibile alla mancanza dei ferri di armatura nel muro stesso, che, unitamente ad una ripresa di getto mal eseguita, ha comportato lo sviluppo di una lesione sub-orizzontale dovuta agli **sforzi tangenziali sviluppati in fase di presa ed indurimento**. Ad essa sono inoltre associate due lesioni sub-verticali, delle quale quella prossima all'ingresso del locale (garage) dimostra di essere stata riutilizzata da un fenomeno connesso ad un cedimento fondale localizzato. Le altre problematiche riscontrate nel piano seminterrato interessano i setti interni non portanti e sono legate esclusivamente a inflessioni della pavimentazione in cls eseguita direttamente sul terreno.

Il fenomeno descritto richiede un'attenta valutazione prima di procedere all'esecuzione della sopraelevazione.

Il secondo cinematismo interessa invece i pilastri del portico e sostanzialmente non risultano essere degni di nota, richiedendo però nel contempo un'attenta osservazione nel tempo. Esso è legato a due problemi di tipo diverso ma che potrebbero interagire:

1) la presenza di un copriferro insufficiente, che ha consentito l'ingresso nella pasta di cemento di aria ed acqua, determinando lo sviluppo di una reazione di ossidazione dei ferri delle staffe, la quale è tipicamente espansiva (figura 1);

2) lo sviluppo di reazioni alcali-aggregati evidenziata dall'andamento tipicamente reticolare delle lesioni, al momento capillari (figura 3), ma che rappresentano nel tempo un aspetto delicato nella stabilità fisico-chimica dei leganti idraulici basati sulla tecnologia del cemento dal momento che ad esse si accompagna una sorprendente quantità di lavoro meccanico.

Come già descritto tali problematiche sono allo stato embrionale, ma potrebbero evolvere nel tempo.



Figura 3. Lesioni reticolari su alcuni pilastri del portico, dovute allo sviluppo di reazioni alcali-aggregati per interazione tra il cls e l'ambiente.

Il terzo cinematismo è quello che richiede maggiore attenzione, con particolare riferimento al progetto di sopraelevazione. In particolare l'edificio risulta essere stato costruito con muri portanti perimetrali e due pilastri interni in cemento armato fondati su plinti tozzi.

La connessione tra tali elementi strutturali si presuppone sia garantita da travi a spessore dal momento che non è stata rilevata la presenza di travi fonde. È anche possibile che tale connessione sia unidirezionale, diminuendo la rigidezza sul piano dell'intera struttura. La presenza di lesioni dovuta all'azione combinata di flessione+taglio (figura 4) indica chiaramente come **la soluzione strutturale adottata risulti insufficiente**, in quanto tali lesioni sono chiaramente legate ad una inflessione delle travi del primo impalcato e di conseguenza dei solai.



Figura 4. Lesioni per azione combinata di flessione+taglio, interessanti la tramezzatura del piano terra e dovuta a insufficienze strutturali.

Il quarto cinematico è stato rilevato presso lo spigolo sud-est dell'edificio, avendo interessato i muri perimetrali portanti ad esso connessi. Tali lesioni sono chiaramente dovute ad un cedimento fondale dell'angolo il quale, nel moto di faticenza, dimostra di aver trascinato i due muri con un'azione di traslazione prevalentemente verticale accompagnata da rotazione secondaria. La direzione del vettore spostamento risultante è secondo la diagonale.

In tale settore, inoltre, risultano presenti anche due pilastri del portico che mostrano di avere subito cedimenti fondali per probabile azione di riflesso. Nel dettaglio il pilastro più prossimo all'edificio (figura 5 in alto) potrebbe essere strutturalmente connesso al

manufatto tramite i nodi strutturali a livello di impalcato e/o fondazione. Oppure è anche probabile che, in mancanza di una connessione diretta, l'eccessiva vicinanza tra le strutture e la mancanza di un giunto tecnico possa aver influito sulla stabilità del pilastro.



Figura 5. Lesioni sui muri perimetrali portanti convergenti verso lo spigolo di sud-est e legate ad un tipico cedimento fondale d'angolata.

* * * * *

4 INDAGINI SUI TERRENI

L'espletamento della Consulenza Tecnica ha richiesto anche una completa caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, sia per poter verificare la congruenza della capacità portante dell'insieme terreni – fondazione esistente con i nuovi carichi e sia per fornire indicazioni utili per il risanamento dei cinematismi interessanti alcuni settori fondali.

A tal proposito sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche, denominata P1, P2, P4, P5 ed ubicate come segue (allegato 1):

1. prova penetrometrica 1, ubicata presso lo spigolo nord-ovest, ovvero in corrispondenza del primo cinematismo;
2. prova penetrometrica 2, ubicata presso lo spigolo sud-ovest;
3. prova penetrometrica 4, ubicata presso lo spigolo sud-est del portico in prossimità del cinematismo quattro;
4. prova penetrometrica 5, ubicata a metà del prospetto nord, in prossimità dell'ingresso al garage.

Tutte le prove hanno evidenziato la presenza di terreni fini a comportamento coesivo ed una lieve eterogeneità delle caratteristiche meccaniche della porzione superficiale. Con l'aumento della profondità si osserva un quasi costante aumento della resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u), la quale passa da un valore minimo di 44 kPa ad un valore massimo di 112 kPa.

I parametri geotecnici così determinati sono stati utilizzati al fine di valutare le pressioni limite ed ammissibili dei terreni di fondazione, in condizioni non drenate. Il calcolo si fonda sull'assunzione della resistenza al taglio in condizioni non drenate ed in termini di tensioni totali, come dettato dallo studio degli *stress-path*. La formula adottata è la seguente:

$$Q_{lim} = s_u \times N_c + q \times N_q \quad [1]$$

s_u = resistenza al taglio « non drenata »

N_c = 5,14

q = sovraccarico ($\gamma \times z$)

N_q = 1

I valori dedotti dalle prove in sito sono stati quindi introdotti in un modello automatico di calcolo, dove è stato ricostruito un profilo geotecnico medio del sottosuolo tenuto conto delle seppur minime variazioni riscontrate. In tal modo è stato possibile eseguire un'analisi geotecnica relativa alla capacità portante dei terreni di fondazione in forma parametrica, in funzione della larghezza B della fondazione e della profondità Z di ammorsamento, presentata in forma matriciale (allegato 1).

Stante i disegni originari dell'edificio, le fondazioni rispondono a 3 diverse tipologie e combinazioni larghezza/profondità: a) B/Z = 0.60/0.70; b) B/Z =

0.60/1.40; c) B/Z = 0.75/1.40. di conseguenza dalla consultazione della tabella di cui all'allegato 1 si ottiene, per le tre diverse combinazioni, un valore del **carico ammissibile** rispettivamente pari a **108 kPa, 183 kPa, 183 kPa** (circa 1.08 e 1.83 kg/cm²). La constatazione dei valori identici per le combinazioni "b" e "c" deriva dal fatto che **la resistenza al taglio in condizioni non drenate non dipende dalla larghezza della fondazione**, bensì solo dalla profondità allorquando, come nel nostro caso, si assiste ad una variazione in aumento (quasi)costante con l'aumentare di Z. Occorre inoltre anche precisare che i valori dei carichi ammissibili proposti sono stati ottenuti adottando un coefficiente di sicurezza $F_s = 3$ (DM 11.03.1988), applicato alla prima parte del secondo termine dell'equazione.

I valori presentati nel presente paragrafo e meglio rappresentati nella tabella di cui all'allegato 1, devono essere intesi come valori di riferimento da utilizzare in sede di dimensionamento strutturale dell'intervento di sopraelevazione, ovvero da confrontare con le tensioni all'interfaccia terreno-fondazione in condizioni post-intervento.

Occorre infine anche evidenziare come l'analisi del comportamento delle fondazioni in funzione dei nuovi e maggiori carichi in termini di tensioni sui terreni, rappresenta condizione necessaria ma non sufficiente, dal momento che risulta altresì importante determinare lo sviluppo dei cedimenti assoluti e differenziali nello spazio e nel tempo, che potrebbero influenzare l'integrità statica dell'edificio.

5 SOLUZIONE DI INTERVENTO PROPOSTA

Alla luce dei risultati delle indagini sulle strutture e sui terreni e considerato il progetto di sopraelevazione in itinere, viene fornita una proposta di intervento che tenga conto dei dissesti in atto e/o potenziali, al fine di garantire una stabilità futura dell'edificio in termini di resistenza delle strutture e durabilità dei materiali. Occorre pertanto relazionare tale proposta alle diverse problematiche riscontrate e quindi ai diversi cinematismi riscontrati. Per maggiori informazioni si rimanda all'allegato 2.

Spigolo nord-ovest (ingresso garage).

Considerato che la problematica rilevata è relativa ad un cedimento fondale, viene proposta l'esecuzione di micropali di sottofondazione, con lo scopo di trasferire i carichi in profondità.

La geometria proposta prevede una lunghezza e un diametro nominale di perforazione rispettivamente di 6 metri e 0.15 metri da armare con un tubo di diametro e sezione opportuna in relazione ai carichi di progetto ed alle tensioni ammissibili dell'acciaio. Occorre anche considerare che in via del tutto cautelativa, l'intervento è

stato esteso all'intero muro in cemento non armato perimetrale, in considerazione dello sviluppo di lesioni orizzontali, come meglio descritto nel cinematismo "1" del paragrafo "3".

Spigolo sud-est (lato portico).

Il cinematismo riscontrato, descritto al punto 4 del paragrafo 3, prevede anche in tal caso lo sviluppo di cedimenti fondali che hanno interessato l'angolata ed i muri ad essa connessi, oltre a due pilastri del portico.

Anche in tale caso è stata prevista una sottofondazione con micropali, della medesima geometria descritta per il garage.

Muro in cemento non armato del piano seminterrato.

Il problema è incentrato proprio nell'assenza dell'armatura nonché nel comportamento meccanico del calcestruzzo, dell'acciaio e della sezione composta calcestruzzo-ferro. In effetti da un punto di vista progettuale, il calcestruzzo e l'acciaio si differenziano per il comportamento fragile del primo e duttile o plastico del secondo. Ciò comporta che materiali come l'acciaio sono desiderabili, poiché la regione a comportamento plastico, con la sua capacità di sopportare piccoli incrementi di carico oltre il punto di snervamento, costituisce una riserva di resistenza. Inoltre le inflessioni che ne derivano sono facilmente percepibili e servono da allarme visivo che denuncia un imminente collasso.

Viceversa i materiali fragili come il calcestruzzo non mostrano un comportamento plastico, per cui non evidenziano alcuna percepibile inflessione prima del collasso e non sono di conseguenza in grado di segnalare preventivamente una prossima rottura. Solo la sezione composta, ovvero calcestruzzo armato, può essere in grado di offrire il giusto grado di sicurezza ed essere di conseguenza progettato in modo da possedere una certa duttilità.

A tal proposito occorre quindi rilevare come il muro del piano seminterrato risulti non armato e che nel contempo lo stesso presenta un già evidente quadro fessurativo il quale, come già descritto nel punto 1 del paragrafo 3, deriva anche da difetti esecutivi. Si consiglia pertanto di valutare attentamente il comportamento di tali muri in relazione all'intervento di sopraelevazione.

Pilastri del portico.

Gli stessi denotano un fenomeno di interazione ambientale del calcestruzzo armato con il quale sono stati realizzati e che comunque al momento non destano alcuna preoccupazione. È comunque vero che l'evoluzione del fenomeno potrebbe negli anni compromettere l'integrità statica dei pilastri.

Si consiglia pertanto di adottare opportuni accorgimenti atti a prevenire tale possibile evoluzione (es. protezione superficiale con prodotti

impermeabilizzanti e/o rivestimento con mattoncini a faccia vista o altro).

6 CONCLUSIONI

L'espletamento della Consulenza Tecnica in merito ai lavori di sopraelevazione di un edificio residenziale ha consentito di ricostruire un *quadro clinico* capace di fornire indicazioni utili in sede di progettazione strutturale dell'intervento.

Di fatti sono stati individuati diversi fenomeni di dissesto riconducibili a varie cause, quali cedimenti fondali localizzati, mancanza di armatura nel muro in calcestruzzo del piano scantinato, interazione del cls dei pilastri del portico con l'umidità ambientale e insufficienze strutturali relativamente alle strutture in cemento armato interne.

Sono state pertanto fornite utili indicazioni in merito a tali problematiche e si ritiene indispensabile che le stesse siano esplorate da tecnici esperti in strutture al fine di valutare correttamente quanto evidenziato in merito ai dissesti e loro probabile soluzione.

Nel contempo sono state eseguite accurate indagini in sito al fine di ricostruire il profilo stratigrafico e geotecnico dei terreni di fondazione. In tal modo è stato anche possibile valutare i valori dei carichi ammissibili delle fondazioni esistenti che dovranno essere comparati, in fase di dimensionamento strutturale dell'intervento, con la somma carichi attuali + nuovi carichi derivanti dalla nuova configurazione dell'edificio.

Occorre nel contempo evidenziare come l'esecuzione di un **consolidamento localizzato delle strutture di fondazione potrebbe dare luogo ad un riequilibrio della struttura in funzione dei vincoli imposti e che potrebbe comportare anche la comparsa di nuove lesioni in settori non interessati dall'intervento**. Si consiglia pertanto di valutare attentamente gli interventi di consolidamento fondale in relazione al progetto di sopraelevazione.

Giulianova, maggio 2006

Geologo Adriana Cavaglia

... ..

Geologo Romolo Di Francesco

... ..