

INDICE

PARTE PRIMA: Incarico e cronologia delle fasi d'indagine

1.0 – *Incarico*

2.0 – *Cronologia delle fasi di indagini*

PARTE SECONDA: Atti reperiti ed identificazione del fabbricato

• – *Atti reperiti*

2.1 – *Identificazione dell'immobile*

2.2 – *Considerazioni sugli atti tecnici acquisiti*

PARTE TERZA: Descrizione dello stato dei luoghi. Rilievi architettonici e strutturali

• – *Descrizione dello stato dei luoghi*

3.01– *Piano scantinato e lastrico solare: rilievi architettonici e strutturali*

• *rilievi architettonici*

• *rilievi strutturali*

3.1 – *Prime considerazioni sullo stati dei luoghi*

PARTE QUARTA: Indagini conoscitive e campagna sperimentale

4.0 - *Saggi in fondazione ed elevazione*

4.0.1 – *Saggi in fondazione*

4.0.2 – *Saggi sui pilastri*

4.0.3 – *Saggi sul primo orizzontamento (solai e travi portanti)*

4.1 - *Indagini sperimentali sui materiali*

4.1.1 – *Prove sclerometriche*

4.1.2 – *Prove ultrasonore*

4.1.3 – *Carotaggi*

4.1.4 – *Prove ultrasonore su carote*

4.1.5 – *Prove di carbonatazione*

4.2 - *Valutazione dei parametri caratteristici dei calcestruzzi in opera ed analisi del degrado riscontrato*

PARTE QUINTA: Conclusioni e risposta al quesito formulato dal sig. Giudice

RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA D'UFFICIO

III.mo Signor Giudice Dott. Antonio Sammarro – Tribunale Ordinario di Cosenza

OGGETTO: causa civile n°..... vertente tra:
(ricorrente) e (resistente)

PARTE PRIMA

Incarico e cronologia delle fasi di indagini

1.0 - Incarico

Con provvedimento del 5 febbraio 2001 io sottoscritto Ing. Giuseppe Infusini, iscritto all'Albo Professionale degli Ingegneri della provincia di Cosenza al n°890, venivo nominato Consulente Tecnico d'Ufficio nella vertenza in oggetto, invitandomi a comparire in data all'udienza del 06.03.2001 per il conferimento dell'incarico.

Dopo aver prestato giuramento all'udienza del 06.03.2001, la S.V. mi poneva il seguente quesito:

"Accerti il C.T.U., previa analitica descrizione dei luoghi, corredata da adeguata documentazione fotografica e planimetrica, se il solaio del locale del ricorrente è minacciato dal pericolo di aggravamento del danno già prodotto nei termini prospettati, consistente nel rischio di crollo e, in caso affermativo, determini la causa, ed in particolare, qualora sia costituita dallo stato in cui versa il terrazzo condominiale, descriva analiticamente le opere da eseguire per ovviare a tale pericolo, indicando il relativo costo".

Per il deposito per il deposito della relazione peritale, la S.V. concedeva 90 giorni.

Nello stesso giorno fissavo l'inizio delle operazioni peritali per il giorno 14.03.2001 alle ore 15:30.

I verbali delle visite di sopralluogo e delle indagini esperite sono allegati con il n°1.

2.0 - Cronologia delle fasi di indagini.

.....OMISSIS.....

PARTE SECONDA

Atti reperiti ed identificazione dell'immobile

2.0 - Atti reperiti

Il fabbricato di cui fa parte il solaio oggetto di causa è stato realizzato negli anni '70 dai proprietari sigg. e; esso è costituito da n°7 piani fuori terra oltre il piano seminterrato con struttura portante in cemento armato. Il progettista e direttore dei lavori è statoLe ricerche effettuate presso l'Ufficio del Genio Civile di Cosenza e presso la sezione urbanistica dell'Ufficio Tecnico Comunale di Rende, hanno consentito di reperire i principali atti a corredo del fabbricato (atti progettuali, autorizzazioni, ecc..) in parte allegati alla presente relazione. Di seguito si elenca la suddetta documentazione allegati con il n°3 con il titolo "Atti tecnici reperiti"

- a) Relazione tecnica del progetto
- b) Particolare planimetrico
- c) Sezione trasversale dell'edificio
- d) Autorizzazione del Genio Civile n°..... relativa al progetto originario
- e) Atto di sottomissione del 12.04.1972
- f) Licenza di costruzione n°..... relativa al progetto originario rilasciata dal Sindaco del Comune di Rende ai sigg.
- g) Autorizzazione del Genio Civile n°..... relativa al progetto di variante
- h) Nota del Genio Civile n°.....
- i) Certificato di conformità alla Legge sismica del 29.10.1973 rilasciato dal Genio Civile di Cosenza
- l) Decreto Prefettizio del 15.11.1973 relativo alla concessione della licenza d'uso
- m) Dichiarazione di abitabilità del 18.12.1973 rilasciata dal Sindaco del Comune di Rende
- n) Nota n°570/I.P. del 11.10.2000 dell'A.S.L. n°4 ad oggetto "Inconveniente igienico-sanitario"

sanitario”omissis.....

Lo scrivente ha altresì acquisito i risultati sperimentali relativi ad una prova di carico sul solaio oggetto di causa eseguita dal Laboratorio di ricerca e di analisi su materiali da costruzione e strutture GEO.CAL. s.r.l. di Cosenza, commissionata dall'Ing., consulente tecnico del - (parte resistente).

Si precisa che gli atti riguardanti i disegni esecutivi delle armature, le caratteristiche dei materiali usati ed il collaudo statico, sono stati richiesti in data 06.04.2001 all'Ufficio del Genio Civile di Cosenza; purtroppo a causa dei numerosi anni trascorsi e per la mancanza di un efficiente archivio, i suddetti atti non si sono potuti materialmente individuare ed acquisire. Si tratta della seguente documentazione:

- a) Atti progettuali di cui all'art. 4 della L. n°1086/71, depositati come da nota del Genio Civile prot.;
- b) Relazione a struttura ultimata di cui all'art. 6 della L. n°1086/71, depositata come da nota del Genio Civile n°.....
- c) Relazione di collaudo statico, depositata come da nota del Genio Civile n°

2.1 – Identificazione dell'immobile

L'intero piano seminterrato (di seguito chiamato anche piano scantinato) comprendente anche il lastrico solare adibito a parcheggio auto, è stato previsto con destinazione d'uso *deposito* ed è stato acquistato dal Sig.io con atto di compravendita del

2.2 - Considerazioni sugli atti tecnici acquisiti

Dalla visione degli atti e dalla documentazione tecnica acquisita presso il Comune di Rende si è comunque potuto accertare che il solaio interessato (di seguito chiamato anche lastrico solare) è stato destinato, fin dalla sua originaria progettazione, a parcheggio condominiale, per come risulta dal particolare planimetrico a corredo degli atti progettuali. D'altra parte nella relazione tecnica del progetto originario si afferma che i sovraccarichi di calcolo sono di 500 Kg/mq per il primo solaio (relativo al solaio oggetto di causa) e 200 Kg/mq per i piani superiori.

Vi è da rimarcare che il legislatore nel D.M. 3.10.1978 (Prima emanazione dei criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi) fissa il sovraccarico per solai adibiti ad rimesse per autovetture fino a 2,5 t di peso, a 300 Kg/mq che, per come si esprime il decreto, è comprensivo degli effetti dinamici ordinari.

PARTE TERZA

Descrizione dello stato dei luoghi. Rilievi architettonici e strutturali

3.0 - Descrizione dello stato dei luoghi

I magazzini di proprietà del sig., oggetto della presente perizia, sono posti al piano scantinato (n° civ. 75) di un edificio ubicato in via L. Da Vinci,, in adiacenza alla s.s. 19 bis che collega Castiglione Cosentino Scalo a Cosenza città (vedi foto seguente e relativa planimetria d'inquadramento).

VISTA PROSPETTICA DALLA S.S. 19 DEL "PALAZZO -"

L'edificio si compone, oltre che dal piano scantinato destinato a magazzino-deposito e locali impianti tecnici condominiali, anche di sette piani fuori terra, inclusa la mansarda, adibiti a residenze ed attività commerciali. Per come è posto, l'edificio risulta così delimitato (All. 4, R.A.S. – Tav. n°1):

-ad ovest dalla s.s. 19 bis, dalla quale dista circa 10 ml comprendente: l'aiuola di delimitazione stradale, la strada interna di accesso ai passi carrabili dell'edificio in questione ed i marciapiedi ad esso allineati;

-ad est, sul fronte opposto alla s.s 19 bis, con l'area di pertinenza dell'ex Motel Agip;

-a nord ed a sud con le proprietà di pertinenza di altri condominii.

I piani fuori terra dell'edificio, posti in continuità strutturale con il piano scantinato, impegnano solo parzialmente la superficie di sviluppo dello scantinato stesso.

In particolare quest'ultimo, di forma rettangolare, ha dimensioni lorde in pianta, di ml 32,50 sui prospetti frontali (est ed ovest) e ml 21,40 su quelli laterali (nord e sud), al netto dello spazio di isolamento del terreno (intercapedine) che compare sul lato ovest.

La parte in elevazione, anch'essa di forma rettangolare, è posta a filo con lo scantinato sul prospetto ovest, pressoché centrata e presenta dimensioni di ml 25,50 sui prospetti frontali e di ml 12,30 su quelli laterali, oltre ad un corpo avanzato di ml 4,60 x ml 2,30, centrato sul prospetto est che costituisce l'ingresso alle residenze. In tal modo al piano terra (coincidente con il piano strada) il solaio di copertura dei magazzini, realizza un lastrico solare contornante per tre lati i piani fuori terra, con due accessi laterali di cui quello a sud è del tipo carrabile e quello a nord solo pedonale.

Detti accessi sfociano in una corte larga ml 10,35 e lunga ml 32,80 parte della quale è utilizzata a parcheggio condominiale.

La sistemazione delle restanti aree di pertinenza dell'edificio comprende altresì, un giardinetto posto sul lato sud ed una rampa carrabile sul lato nord, d'accesso agli scantinati, che copre il dislivello tra questi ed il piano strada.

L'intera area al piano terra è delimitata da una recinzione bassa in ferro che contorna la corte, il giardinetto e la rampa carrabile, con cancelletti apribili sugli accessi.

Vi è da rilevare che in occasione di tutte le visite di sopralluogo, è stata rilevata la presenza di automobili parcheggiate sul solaio oggetto di causa.

Per la rappresentazione tecnico - fotografica di quanto descritto si rimanda agli elaborati costituenti l'allegato n°4.

3.0.1 - Piano scantinato e lastrico solare: rilievi architettonici e strutturali

(All. 4, R.A.S. - Tav. n°1)

a) Rilievi architettonici

Il piano scantinato, come già detto, di forma rettangolare, con dimensioni in pianta di ml 32,50x ml 21,40, ha un'altezza netta di ml 3,40. Esso è delimitato a nord dalla rampa carrabile, a sud dal terrapieno del giardinetto condominiale, ad ovest dall'intercapedine a fronte strada ed ad est da altro terrapieno.

Detto scantinato, ad ovest è completamente distanziato dal terreno in virtù dell'intercapedine di isolamento formata da un muro di sostegno a tutt'altezza e dal marciapiedi dotato di prese luce in vetro-cemento.

A sud il terreno è direttamente addossato alla parete perimetrale, fatto salve le aperture di aerazione, del tipo a bocca di lupo.

A nord la rampa carrabile è staccata dalla parete perimetrale, pertanto lo scantinato è isolato dal terreno, mentre ad est il terreno vi è direttamente addossato per un'altezza di ml 1,60 circa e totalmente lungo il lato sud.

Gli accessi esterni, tutti posti sul lato sud, sono costituiti da due porte a saracinesca del tipo carrabile. Inoltre, sullo stesso lato, sono ubicati due porte in ferro che danno ai vani tecnici condominiali (centrale termica ed autoclave).

La tamponatura perimetrale esterna, distinta per ogni lato, è la seguente:
-in corrispondenza dei lati est e sud fino alla linea corrispondente all'altezza del terreno addossato, è costituita da un doppia parete, quella esterna in calcestruzzo cementizio

armato e quella interna in mattoni forati per uno spessore complessivo di cm 40; oltre tale linea essa è costituita da mattoni forati di spessore cm 20 (intonaco compreso);

-in corrispondenza del lato ovest è costituita da un tramezzo sottile in laterizi da cm 12, alto ml 2, distanziato dal muro di sostegno posto a protezione del terrapieno stradale;

-in corrispondenza del lato nord, come già precisato, la tamponatura è isolata dal terreno per la presenza della rampa di accesso.

Oltre agli accessi, le luci esterne comprendono n°5 finestroni sul lato est, posti nella parte alta della parete (dimensioni cm 200x100); sul lato sud esistono quattro piccole aperture poste al di sotto del terrapieno, in grado di apportare luce ed aerazione grazie alla presenza delle così dette "bocche di lupo".

L'apporto di luce allo scantinato avviene anche per la presenza di zone costituite da vetro-mattoni posizionate al posto delle pignatte del solaio e disposte lungo il perimetro della parte in elevazione dell'edificio. Il solaio di copertura dei magazzini, oggetto di causa, è dotato, sul fronte est, di una pensilina in c.a. continua, larga ml 1,10 e su quello nord di un aggetto largo circa cm 30 ai margini dei quali è posta l'inferriata di delimitazione.

All'interno lo scantinato realizza, per la maggior parte della sua superficie, un unico spazio libero ove si escluda:

- il vano tecnico condominiale addossato su parte del lato nord ed accessibile solo dall'esterno;

- il vano di extra corsa dell'ascensore;

- un vano chiuso addossato su parte del lato ovest, con solaio autonomo alto circa ml 2,50.

La pavimentazione del lastrico solare è costituita da mattonelle in granigliato di cemento ed, in parte, da mattonelle di solo cemento, del tipo quadrettato; quella dello scantinato è costituita da mattonelle in granigliato di cemento posate su letto di malta.

Gli intonaci interni (pareti e soffitti) sono costituiti da un semplice rinzaffo di malta cementizia, in parte tinteggiata con vernice colorata.

In corrispondenza della parete ovest dello scantinato, alla quota dell'intradosso del solaio, sono posizionate le tubazioni in p.v.c. relative agli scarichi fognari condominiali, che si estendono oltre il paramento del muro di sostegno al fine di potersi collegare al collettore comunale.

b) Rilievi strutturali

Nello scantinato si riscontrano pilastri con sezione variabile da cm 40x40 a cm 40x60, disposti su 5 pilastrate longitudinali ed otto pilastrate trasversali. Solo le pilastrate longitudinali presentano i pilastri in allineamento, mentre di quelle trasversali solo le due più prossime al lato nord e sud hanno i pilastri allineati; le restanti quattro pilastrate presentano pilastri non allineati.

Oltre a tali pilastri, sono presenti altri 6 pilastri di sezione cm 30x30 in semplice

aderenza ad altrettanti pilastri per come rappresentato nell'apposita planimetria ove è rappresentato quanto descritto.

Si è accertato che le travature di connessione al livello di solaio dei pilastri soggiacenti la struttura in elevazione e quelli del lastrico solare non sono continui. Infatti in corrispondenza della seconda campata a partire dal lato est, mancano le travi di collegamento lungo la direzione trasversale; l'unica connessione strutturale tra i pilastri è quella costituita dalla lastra di solaio.

Detto solaio, formante il lastrico solare è del tipo latero cementizio, costituito da pignatte di altezza cm 20, da travetti in c.a gettati in opera e solettina collaborante, per uno spessore, al netto della pavimentazione, di cm 25.

Per come appare, il solaio è costituito da una lastra unica e non presenta segni di interruzione a denotare giunti tecnici, nemmeno ove vi sono pilastri affiancati.

3.1 - Alcune considerazioni sullo stato dei luoghi

- Si precisa che l'assenza del collegamento trasversale sopra richiamato, che appare in contrasto con la vigente normativa antisismica, si spiega con la constatazione che all'epoca della costruzione dell'edificio (anno 1972) anteriore alla Legge sismica n°64/1974, le norme permettevano il collegamento in una sola direzione.

-L'analisi condotta dal sottoscritto C.T.U. ha evidenziato un diffuso stato di degrado sia nella struttura portante in elevazione (travi e pilastri) che negli orizzontamenti. In più parti è stato rilevato il distacco delle parti in calcestruzzo che costituiscono il copriferro; inoltre la presenza di ampie zone con muffe ed evidenti stati di ossidazione delle barre di acciaio, sia sui pilastri che sui solai, mostrano una riduzione delle sezioni resistenti ed un evidente degrado dei materiali.

Altri segni riconducibili allo stato di degrado sono i seguenti:

- la pavimentazione del lastrico solare presenta sconnessioni localizzate in più punti della sua estensione;
- degrado del calcestruzzo costituente gli aggetti (cornicione lato nord e pensilina lato est);
- scarsa efficienza del sistema di raccolta e drenaggio delle acque piovane relative al lastrico solare, constatazione confermata dall'ispezione condotta sulle "bocche di lupo" (v. Verb. N°12);
- infiltrazione generalizzata di acqua nello scantinato, in particolar modo quella proveniente dal lastrico solare constatata dal sottoscritto in occasione del sopralluogo del 30.03.2001 nel corso di una giornata piovosa e confermata per la diffusa efflorescenza salina sulla pavimentazione e sulle parti basse delle pareti;
- zone con rottura ed espulsione dello strato inferiore del laterizio costituente le pignatte del solaio e messa a nudo delle armature dei travetti; tale degrado è particolarmente evidente in più campi di solaio (All. 4, R.A.S. –Tav. n°1; elaborato documentazione fotografica All. 4 – Tav. n°1: foto n°5);

- distacco del debole strato di rinzafo in alcune parti basse delle pareti perimetrali.
- Lo stato di degrado sopra descritto è stato riscontrato prevalentemente nella zona dello scantinato sottostante il lastrico solare e non in quella sottostante l'edificio condominiale.
- La mancanza di dati oggettivi sulle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, in modo particolare per i calcestruzzi, la presenza di evidenti riduzioni delle sezioni resistenti e l'impossibilità di disporre delle geometrie delle sezioni resistenti in c.a., di fatto non hanno consentito allo scrivente di poter formulare, in base a dati certi, alcun giudizio sullo stato di consistenza del solaio e quindi dell'intero complesso strutturale (fondazioni, pilastri, travi, solaio).

Al fine di poter giungere ad una valutazione oggettiva del livello di sicurezza del solaio, è stato quindi necessario avviare un'analisi conoscitiva delle geometrie delle sezioni resistenti e sulle caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi in opera.

In dettaglio le operazioni effettuate sono le seguenti (riferimento verbali dal n°6 al n°12).

PARTE QUARTA

Indagini conoscitive e campagna sperimentale

4.0 - Saggi in fondazione ed elevazione (All. 5, S.F.E. – Tav. °1 e n°2)

Le caratteristiche geometriche delle armature dei pilastri e delle travi in elevazione, nonché le dimensioni e lo stato di consistenza delle travi in fondazione, sono state rilevate eseguendo dei saggi esplorativi nelle posizioni indicate nelle tavole S.F.E. n°1 ed S.F.E. n°2 (All. n°5), di dimensioni adeguate, e riportati nell'allegata documentazione fotografica.

Le indagini sono state condotte principalmente nelle zone dove è stato riscontrati il massimo stato di degrado; inoltre, per come richiesto dal tecnico della parte ricorrente Ing. E. Barbarossa (come si evince dal verbale n°5) sono stati ulteriormente aggiunti saggi esplorativi nella parte relativa al solaio soprastante al passo carrabile del solaio oggetto di causa. L'armatura, per tutte le membrature, è del tipo ad aderenza migliorata.

4.0.1 - Saggi in fondazione

Sono stati condotti scavi localizzati sul piano fondale relativamente ai punti F1, F2, F3 per come indicati nella tavola S.F.E. n°1. Tali saggi sono consistiti nell'esecuzione di uno scavo (eseguito a mano) che ha messo a nudo la trave di fondazione. I risultati conseguiti sono i seguenti:

Saggio F1 (trave 7-17): la trave risulta del tipo a T rovescio poggiata su magrone di calcestruzzo, di altezza totale cm 100 e larghezza anima cm 50; l'armatura riscontrata nel bordo superiore è di 7 Φ 18, confinati con doppia staffa Φ 8. Il materiale di riempimento sottostante il massetto è costituito da pietrame arido (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.1).

Saggio F2: non è stata riscontrata nessuna trave di fondazione. E' stata comunque rilevata una platea di calcestruzzo magro spessa cm 20 (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.3).

Saggio F3 (trave 11-12): la trave risulta del tipo rettangolare di sezione cm 40x90 poggiante su magrone di calcestruzzo; l'armatura riscontrata è di 2 Φ 16 tutti disposti nel

bordo superiore, staffati con staffa Φ 8. In questo saggio, a circa cm 110 dal piano di calpestio è stata riscontrata presenza di acqua. Il materiale di riempimento sottostante il massetto è costituito da pietrame (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.2).

4.0.2 - Saggi sui pilastri (elevazione)

Sono stati condotti saggi sui pilastri n°30-21-12-10-31-38-40 per come indicati nella tavole S.F.E. n°1 (All. 5). Tali saggi sono consistiti nel mettere a nudo (tramite scarpellatura a mano del calcestruzzo) l'armatura dei pilastri.

Pilastro n°30: dimensioni cm 40x40; armatura riscontrata su due lati contigui, 3+3 Φ 16, staffati con 1 Φ 8/20 cm (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 4)

Pilastro n°21: dimensioni cm 30x30; armatura riscontrata su due lati contigui, 3 Φ 18 ai vertici + 2 Φ 12 centrali, staffati con 1 Φ 8/20 cm (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 5)

Pilastro n°12: dimensioni cm 30x30; stessa armatura del pilastro n°21 (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 6)

Pilastro n°10: dimensioni cm 40x50; armatura totale riscontrata, 4 Φ 20 disposti ai vertici, staffati con 1 Φ 8/20 cm (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 7).

Pilastro n°31: dimensioni cm 40x40; stessa armatura del pilastro n°30 (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 8)

Pilastro n°38: dimensioni cm 40x40; armatura totale riscontrata, 4 Φ 14 disposti ai vertici, staffati con 1 Φ 6/20 cm (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 10)

Pilastro n°40: dimensioni cm 40x40; stessa armatura del pilastro n°38 (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v. 9)

4.0.3 – Saggi sul primo orizzontamento (solai e travi portanti)

Sono stati condotti saggi sulle membrature portanti dei solai (travi e travetti di solai) nei punti indicati nella tavola All. 5, S.F.E. - Tav. n°2, allo scopo di mettere a nudo l'armatura determinandone la quantità e stato di conservazione. In particolare sono stati indagati 9 campi di solaio e n°3 travi.

a) SOLAI

Traccia S1: armatura riscontrata 2 Φ 16 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.1)

Traccia S2: “ “ 1 Φ 10 + 1 Φ 14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.2)

Traccia S3: “ “ 1 Φ 10 + 1 Φ 14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.3)

(l'armatura presenta una sezione fortemente ridotta dall'ossidazione)

Traccia S4: armatura riscontrata 1 Φ 10 + 1 Φ 14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.4)

Traccia S5: “ “ 1 Φ 10 + 1 Φ 14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.5)

Traccia S6: “ “ 1 Φ 10 + 1 Φ 14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.6)

Traccia S7:	“	“	1Φ10 + 1Φ14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.7)
Traccia S8:	“	“	1Φ10 + 1Φ14 inferiori (All. 5, S.F.E. – Tav. n°1: p.v.8)
Traccia S9:	“	“	1Φ10 + 1Φ14 inferiori

b) TRAVI

Saggio T1 – trave 20-21, dimensioni cm 30x60; armatura riscontrata 5Φ16 inferiori; staffe Φ8/25

Saggio T2 – trave 29-30, dimensioni cm 30x60; armatura riscontrata 2Φ16 inferiori; staffe Φ8/25

Saggio T3 – trave 30-31, dimensioni cm 40x75; armatura riscontrata 7Φ18 inferiori; staffe Φ8/20

Al termine delle operazioni conoscitive è stato possibile effettuare alcune considerazioni sullo stato di conservazione e dei materiali sui luoghi.

Per quanto attiene ai materiali, le superfici dei calcestruzzi in opera maggiormente danneggiate, dal tempo e dall'ambiente circostante, sono quelle relative ai solai dove evidenti ed ampi distacchi dei copriferri e diffusi quadri fessurativi capillari, indicano un livello di degrado elevato in stato di crescita.

Per quanto attiene invece alle travi ed ai pilastri, quest'ultimi mostrano segni di degrado legati all'umidità rilevata sul piano di calpestio, mentre visivamente mostrano una consistenza decisamente migliore rispetto ai solai.

Ad esclusione dei solai, lo stato di ossidazione rilevato sulle barre d'armatura dei pilastri e delle travi, risulta contenuto, anzi in più punti gli acciai sono completamente integri.

Per i solai, invece, lo stato di consistenza è carente. Infatti in alcuni punti le armature originarie mostrano, per effetto del processo di corrosione, una riduzione delle sezioni resistenti di circa il 30%.

4.1 - Indagini sperimentali sui materiali (All. n°6, I.S. - Tav. n°1-2-3)

Al fine di poter giungere ad una valutazione oggettiva dello stato di degrado del calcestruzzo in opera e di stabilire un valore della resistenza caratteristica, è stata avviata una campagna di indagini sperimentali con metodi non invasivi utilizzando tecniche sclerometriche ed ultrasuono.

Le indagini sono state commissionate dallo scrivente all'ingegnere Carmine Vizza che, avvalendosi di proprie attrezzature di indagini, ha effettuato nei punti indicati dallo scrivente e secondo le modalità di esecuzione nel rispetto delle normative di riferimento, prove sclerometriche ed ultrasuono.

I risultati sperimentali conseguiti e riportati nell'allegato certificato redatto dal citato ing. Carmine Vizza, vengono appresso illustrati valutando lo stato di conservazione e di resistenza delle membrature indagate (All. 7 – Risultati indagini sperimentali in situ).

4.1.1 - Prove sclerometriche (All. 6, I.S. - Tav. n°2)

Sulle superfici delle travi e dei pilastri, opportunamente preparate, sono state condotte indagini sclerometriche per la valutazione degli indici di rimbalzo. Le battute sono state effettuate a distanza opportuna dai bordi ed in zone prive di nidi di ghiaia e di armatura sottostante; l'assenza di quest'ultima è stata accertata con l'ausilio di un pacometro.

Le indagini hanno interessato due facce parallele per i pilastri n° 10 – 12 – 21 – 30 – 31 e sono state condotte su una sola faccia per i pilastri 38 e 40. Per quanto attiene alle travi del primo impalcato, utilizzando gli stessi accorgimenti prima descritti, sono stati valutati gli indici di rimbalzo sempre sui due facce parallele, relativamente alle travi di campata 20-22; 29-30; 36-37; 30-31.

4.1.2 - Prove ultrasonore (All. 6, I.S. - Tav. n°2)

Negli stessi punti delle membrature portanti saggiate con lo sclerometro, ad eccezione dei pilastri 38 e 40, sono state effettuate delle prove ultrasonore. La prova è stata condotta utilizzando il metodo di trasmissione diretta, con l'ausilio di una sonda ricevente e di una emettitrice, previa taratura dell'apparecchiatura. Nelle zone di contatto tra le sonde ed il calcestruzzo, è stato interposto del materiale inerte nei riguardi della valutazione delle velocità per consentire una migliore trasmissione dell'impulso. Durante l'esecuzione delle prove è stata più volte effettuata l'operazione di taratura utilizzando un cilindro di materiale e dimensioni note.

4.1.3 – Carotaggi (All. 6, I.S. - Tav. n°3)

Nei punti indicati dallo scrivente sono state estratte n°4 carote di calcestruzzo con l'ausilio di attrezzatura a rotazione.

Le carote, nel rispetto della normativa vigente, presentano il rapporto altezza-diametro pari a circa 2 (All. 6. I.S. – Tav. n°1: documentazione fotografica).

Le carote, opportunamente rettificate, sono state successivamente sottoposte a prove di compressione presso il Laboratorio Materiali e Strutture dell'Università della Calabria i cui risultati sono riportati nel certificato allegato alla presente relazione.

4.1.4 - Prove ultrasonore su carote

La valutazione della resistenza a rottura del calcestruzzo è stata altresì effettuata sui campioni rappresentativi ottenuti con il carotaggio. La verifica sullo stato di consistenza delle carote, cioè la possibilità che esse potessero essere danneggiate dalle operazioni di carotaggio, è stata effettuata sottoponendo i provini estratti ad ulteriori prove ultrasonore

La finalità della prova è quella di accertare velocità di trasmissione comparabili tra il calcestruzzo in opera e quello estratto. Infatti il riscontro di velocità paragonabili, attesta l'assenza di fratture sulle carote e, quindi, una buona rappresentatività del calcestruzzo in opera.

Dopo aver accertato l'integrità dei campioni estratti, gli stessi sono stati consegnati dallo scrivente al Laboratorio Materiali e Strutture dell'Università della Calabria, per effettuare le prove a compressione.

4.1.5 - Prove di carbonatazione (All. 6, I.S. - Tav. n°1)

L'evidente stato di degrado riscontrato sui calcestruzzi e sull'acciaio ha indotto lo scrivente ad effettuare prove di carbonatazione allo scopo di verificare il livello di protezione sviluppato dal calcestruzzo sulle barre d'acciaio in esso contenute. La prova definisce, infatti, il livello di pH presente allo stato attuale nel materiale in opera evidenziando quindi, lo spessore di calcestruzzo degradato che non sviluppa un'adeguata protezione alle barre d'acciaio e che non blocca il fenomeno dell'ossidazione. Le prove hanno interessato diversi pilastri ed una trave che risultava maggiormente esposta. In particolare sono stati saggiati i pilastri n°10 – 12 – 21 – 30 – 31 – 38 – 41 e la trave relativa alla campata 29 -30.

Lo stato di carbonatazione riscontrato è riportato nella documentazione fotografica posta a corredo dell'allegato n°6.

4.2 - Valutazione dei parametri caratteristici dei calcestruzzi in opera ed analisi del degrado riscontrato.

I risultati sperimentali ottenuti in termini di indice di rimbalzo e velocità ultrasonore, contenute nel certificato di indagini condotte, unitamente ai valori di rottura riscontrati sulle carote dal Laboratorio Ufficiale prove materiali dell' Università degli Studi della Calabria consentono allo scrivente di effettuare una stima sufficientemente rappresentativa delle resistenze caratteristiche dei calcestruzzi in opera. Tale valutazione può essere condotta utilizzando il metodo combinato (SONREB) il quale attraverso valori di taratura ottenuti dalle resistenze a rottura delle carote "combina" i valori di rimbalzo e di velocità per giungere ad un valore caratteristico medio ma sufficientemente affidabile per fornire un giudizio sulla consistenza dei calcestruzzi in opera.

Una prima espressione delle resistenza cubica a compressione molto diffusa nella letteratura specialistica è la seguente:

$$R_s = 1.2 * 10^{-9} * I_r^{1.058} * V_p^{2.446} \quad (1)$$

dove :

Rs = Resistenza cubica a compressione non calibrata

Ir = Indice di rimbalzo

Vp = Velocità di trasmissione dell'impulso

Il valore di Rs deve essere calibrato o tarato per raffronto con i risultati delle resistenze a compressione fornite dalle carote prelevate in alcune delle posizioni già saggiate per via non distruttiva.

La resistenza cubica a compressione delle carote potrà essere valutata trasformando la resistenza cilindrica fornita dal laboratorio fcc mediante la seguente espressione:

$$R_{cc} = \frac{2.5}{1.5 + \frac{d}{h}} * f_{cc} \quad (2)$$

Dove:

d = diametro della carota

h = altezza della carota

fcc = Resistenza cilindrica a rottura riscontrata in laboratorio

Il valore del coefficiente correttivo sarà poi rappresentato dalla media di tutti i rapporti Rcc/Rs ricavati per ogni singola carota.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori geometrici e di resistenza per ogni carota estratta:

Carota	H cm	D cm	m Kg/mc	Vc m/s	lc	fcc Kg/cmq	Rcc Kg/cmq	Rs Kg/cmq	Rcc/Rs Kg/cmq
C1	19	9.4	2341	4348	49.5	367	459	590	0.777
C2	19	9.4	2275	3823	43.8	219	274	378	0.72
C3	19	9.4	2275	3571	44.05	232	290	322	0.90
C4	19	9.4	2124	2956	27.45	101	126	123	1.02

m=peso specifico del calcestruzzo

Il coefficiente correttivo espresso come media dei valori riportati nell'ultima colonna risulta:

$$Cc=0.85$$

Con l'ausilio del coefficiente correttivo e tramite i valori di rimbalzo e di velocità riscontrati negli altri punti di misura, è possibile ottenere delle resistenze caratteristiche sulle altre membrature testate, suddividendole in classi omogenee cioè travi e pilastri e ricavando delle resistenze caratteristiche medie rappresentative dei getti effettuati.

<i>Pilastri</i>	$\bar{R}_{cm}^p = 154.55$	$\frac{Kg}{cm^2}$
<i>Travi</i>	$\bar{R}_{cm}^t = 225.40$	$\frac{Kg}{cm^2}$

Per quanto attiene alla stato di degrado le prove di carbonatazione hanno evidenziato una incipiente azione riduttiva della protezione delle armature presenti nei getti.

Sui solai invece lo stato di ossidazione delle barre ha prodotto e produrrà ulteriori distacchi dei copriferri e di parte di laterizi nel sottostante piano scantinato.

PARTE QUINTA

Conclusioni e risposta a quesito formulato dal sig. Giudice

I materiali saggiati, costituenti il solaio oggetto di causa, hanno evidenziato uno stato di consistenza non pienamente soddisfacente; infatti è stata notata una estrema eterogeneità nei valori di resistenza sia sui pilastri che sulle travi. Ciò nonostante i valori caratteristici medi valutati con formulazioni sperimentali reperite in letteratura, mostrano ancora dei margini rispetto ai valori di rottura, relativamente ai soli carichi verticali (carichi dovuti ad autovetture non eccedenti i 250 Kg/m² – D.M. 16.01.1996).

Tuttavia la presenza di un marcato stato di degrado sui materiali, accertato visivamente ed attraverso le prove di carbonatazione, *non consente di poter formulare un giudizio sullo stato di consistenza sul lungo periodo, sia per quanto attiene ai carichi verticali che ai carichi sismici.*

In particolare si può affermare quanto segue:

- **lo stato di dissesto riscontrato e lo stato di consistenza dei materiali non evidenziano, allo stato attuale (breve periodo), condizioni di crollo improvviso dei solai oggetto di indagine** (solai impegnati con carichi dovuti alle sole autovetture); sono invece possibili distacchi di copriferri o di porzioni di intonaci sugli intradossi degli stessi impalcati, anche in conseguenza del progredire del fenomeno di degrado in atto;
- **le membrature portanti ed i solai del piano seminterrato necessitano di urgenti ed indifferibili lavori di consolidamento** che dovranno ripristinare la possibilità di fruire degli spazi in piena sicurezza, nel breve e lungo periodo, nonchè nel rispetto della normativa vigente.

Avendo espletato l'incarico conferitogli, il sottoscritto C.T.U. rassegna la presente relazione e rimane a disposizione del sig. Giudice per qualsiasi ulteriore chiarimento.

Si allegano:

Allegato 1: Verbali

Allegato 2: Comunicazione parte ricorrente

Allegato 3: Atti tecnici reperiti

Allegato 4: Rilievo architettonico e strutturale (R.A.S. Tavola n°1): Piante – Sezione -
Carpenteria

" Rilievo architettonico e strutturale (R.A.S. Tavola n°1) : Documentazione
fotografica

Allegato 5: Saggi in fondazione ed elevazione (S.F.E. Tavola n°1): Saggi in fondazione e
sui pilastri

Allegato 5: Saggi in fondazione ed elevazione (S.F.E. Tavola n°2): Saggi sulle travi e sui solai

" Saggi in fondazione ed elevazione (S.F.E. Tavola n°1): Documentazione fotografica

Allegato 6: Indagini sperimentali (I.S. Tavola n°1): Prove di carbonatazione

Allegato 6: Indagini sperimentali (I.S. Tavola n°2): Prove sclerometriche ed ultrasuono

Allegato 6: Indagini sperimentali (I.S. Tavola n°3): Carotaggi

" " (I.S. Tavola n°1): Documentazione fotografica

Allegato 7: Certificato indagini in situ

Certificato n° 2001/68/1 di prove di compressione su carote di calcestruzzo rilasciato dal
Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture del Dipartimento di Strutture
dell'Università della Calabria.

Rende, li 09.11.2001

Il Consulente Tecnico d'Ufficio
(Ing. Giuseppe Infusini)