

**RECUPERO SOTTOTETTO
IMMOBILE VIALE ROOSEVELT n. 9/11**

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Il progettista

Dott. Ing. Vetrano Alessandro
Via Caio Plinio Secondo n. 22
22100 – Como (CO)
Ord. Ingg. Provincia di Como n. 2187/ A

1. Criteri di calcolo

Le strutture oggetto della presente relazione sono state progettate e verificate in ottemperanza ed in accordo alla normativa vigente, D.M. 17 gennaio 2018 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Gli interventi sono riferiti a costruzioni di tipo 2 e classe d'uso II ricadenti in Zona 4.

Si adotta il metodo di verifica agli stati limite.

I risultati dei calcoli condotti sono esplicitati nei disegni esecutivi allegati, idonei a definire le opere in elevazione.

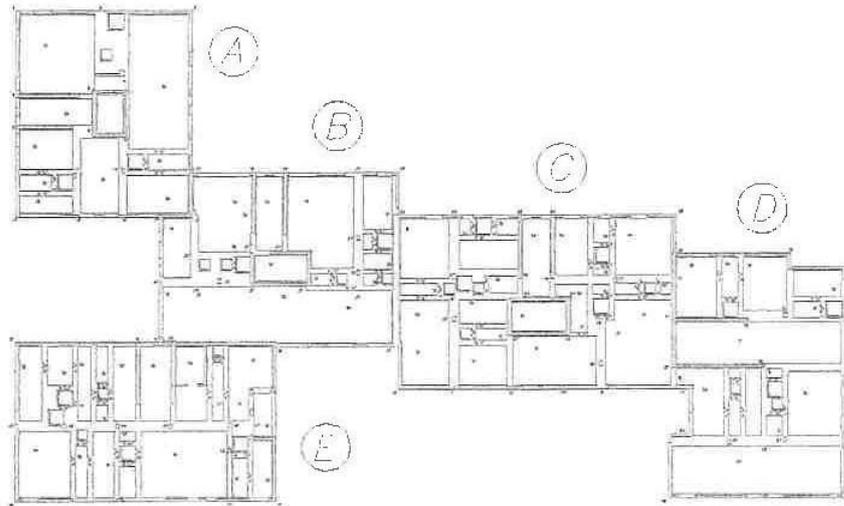
2. Descrizione edificio esistente

Per l'edificio oggetto del presente intervento, sito a Como in via Roosevelt n°11, è stata svolta una preliminare ricerca documentale presso gli uffici del Comune di Como, che ha avuto come riscontro il reperimento di n° 8 tavole architettoniche, sulle quali sono riportate le principali strutture, ed il “Certificato di collaudo delle strutture in c.a. - fabbricato ad uso abitazione (già) di proprietà della s.p.a. Alleanza Assicurazioni” depositato quale allegato al protocollo n. 47817 del 24.10.2005.

L'edificio a pianta poligonale determinato dall'unione di più elementi rettangolari, si eleva per cinque piani fuori terra oltre ad un piano seminterrato a destinazione autorimesse e cantine. La destinazione prevalente dei piani fuori terra è residenziale oltre a spazi a piano terra con destinazione commerciale.

La pianta del complesso nel suo insieme ha forma piuttosto irregolare, ma è possibile inquadrarla in sotto strutture rettangolari di dimensioni variabili e delimitate da giunti strutturali, in particolare sono identificabili n° 3 sotto strutture costituite da:

1. Edificio A
2. Edifici B-E
3. Edifici D-C



Zona A : 13,5m x 16,0m massimi;
Zona B : 18,22m x 13,5m massimi;
Zona C : 21,4m x 13,5m massimi;
Zona D : 13,15m x 19,0m massimi;
Zona E : 20,0m x 12,4m massimi;

Il collaudo, redatto in data 12 luglio 1969 a firma del Dott. Ing. Terragni Carlo, fornisce significative informazioni in merito ai componenti strutturali ed alle rispettive sezioni oltre alla tipologia ed alla qualità dei materia impiegati, in particolare:

- Le fondazioni sono state realizzate con una platea in C.A. da 300 Kg/mc, avente altezza $H= 80$ cm e sottofondo in calcestruzzo da 150 Kg/mc.
- La struttura è identificata da un telaio in c.a. costituita da una maglia di travi e pilastri, in c.a. da 300 Kg/mc di cemento tipo 730 Merone e ferro di armatura del tipo semiduro AQ 50. Le travi perimetrali risultano essere ribassate, mentre le altre in spessore di solaio, e sono state armate d armate con barre di armatura $\varnothing 16$ e $\varnothing 14$ a secondo delle sollecitazioni.
- Le murature portanti della scala e del vano ascensore sono in cemento armato, avente spessore $sp= 20$ cm, così come i gradini che risultano essere armati a sbalzo.
- Il solaio a copertura del piano seminterrato, che risulta essere realizzato per sostenere un sovraccarico di 350 Kg/mq, è del tipo laterocemento con altezza $H= (20+2) = 22$ cm e travetti con passo $i= 40$ cm, armati con $1\varnothing 12$ e $1\varnothing 14$ ogni travetto, mentre in corrispondenza delle autorimesse ed della centrale termica sono state realizzate delle solette in C.A. anche nella faccia inferiore.

- I solai a copertura dei piani fuori terra, che risultano essere realizzati per sostenere un sovraccarico di 250 Kg/mq, sono del tipo laterocemento con altezza $H = (20+2) = 22$ cm e travetti con passo $i = 40$ cm.

- La copertura a falde è stata realizzata con un solaio del tipo laterocemento avente altezza $H = (16+2) = 18$ cm e completata con manto di tegole marsigliesi.

3. Descrizione delle nuove opere

L'intervento in oggetto prevede il recupero del sottotetto dell'edificio sito in viale Roosevelt n°11, previa rimozione della copertura esistente a falde costituita da un solaio in laterocemento, con una nuova copertura piana in acciaio e/o legno, senza che vi sia aumento del numero dei piani esistenti e della quota di colmo, anzi con decremento dei carichi gravitazionali.

Le nuove strutture saranno realizzate con profili metallici secondo il sistema costruttivo "System Structura 255" della società Scaffsystem srl di Ostuni (BR), in particolare la struttura sarà realizzata con colonne portanti in profili scatolari formati a freddo ed in sommità da travi doppie come struttura principale di copertura, mentre l'implacato sarà completato da travi singole e copertura in pannello greco coibentato.

La scelta degli interventi strutturali proposti è stata fatta con lo scopo di evitare incrementi globali dei carichi di fondazione superiori al 10%, anzi l'intervento si propone addirittura di ridurre i carichi gravanti dalle strutture di sottotetto.

4. Caratteristiche del terreno di fondazione

Le caratteristiche meccaniche del sottosuolo dell'area di interesse sono state valutate mediante indagine geologico tecnica ad opera del tecnico professionista dott. geol. Mario Lucini, iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia al n° 518.

Le indagini geognostiche di interesse per le opere in oggetto sono consistite in:

- n.1 indagine sismica passiva HVSR, effettuata anch'essa in vicinanza all'immobile oggetto di intervento, che ha fornito valori del terreno relativi alla vulnerabilità sismica dell'opera, in particolare una velocità di propagazione delle onde di taglio, riscontrata entro i primi 30 m di profondità, pari a $V_{s,eq} = 308$ m/s, inoltre sono stati ricavati i seguenti dati:

Parametri sismici caratteristici del sito		
Zona sismica		4
Tipo di costruzione		2
Classe d'uso		II
Vita nominale		50 anni

Coefficiente Cu		1
Periodo di riferimento		50 anni
SLV		
Probabilità superamento		10%
Tr		475 anni
Ag		0.041 g
Fo		2.640
Tc*		0.281
Ss		1.500
Cc		1.600
St		1.000
Kh		0.012
Kv		0.006
Amax		0.604
Beta		0.200

- n.1 prova penetrometrica tipo DPSH denominata P1, effettuata in passato nei dintorni dell'immobile oggetto di intervento, che evidenziano la presenza di una successione di depositi granulari sciolti di spessore superiore ai 10 metri, ai quali sono mediamente attribuibili i seguenti parametri caratteristici:

Parametri geotecnici caratteristici del sito							
	Np (c/p)	Dr (%)	φ' (°)	γ' (kg/cm ³)	\dot{E}_{25} (kPa)	\dot{E} (kPa)	K_{sv} (kg/cm ³)
Depositi sciolti	5	20	24°	18	4900	9560	0.9

con

Np = resistenza penetrometrica (colpi/piede)

Dr = densità relativa

φ' = angolo d'attrito interno

γ' = peso di volume

\dot{E}_{25} = modulo di elasticità secante

\dot{E} = modulo di elasticità

K_{sv} = coefficiente di sottofondo o di Winkler

Dato che le fondazioni a platea, realizzate nel 1969 e avente spessore sp= 80 cm, sono poggiate alla profondità di circa 2,0 m sotto il piano campagna e che, sulla base dei risultati dei calcoli non si

ravvisano incrementi delle tensioni attualmente agenti, tenuto altresì conto che l'area zona di intervento risulta essere zona ben conosciuta da un punto di vista geotecnico, non sono state ravvisate particolari problematiche in ordine alla realizzazione del progetto.

5. Modellazione delle strutture dell'edificio

Per il calcolo del comportamento dell'intero immobile, ai fini dell'Istanza di certificazione alla sopraelevazione, si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:

Denominazione del software: Sismicad 12.13.

Produttore del software: Concrete srl, con sede a Padova in via della Pieve n°15.

Il programma di calcolo permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezoidali, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

Le travi sono progettate e verificate a flessione retta e taglio; a richiesta è possibile la verifica per le sei componenti della sollecitazione. I pilastri sono verificati per le sei componenti della sollecitazione. Per gli elementi bidimensionali giacenti in un medesimo piano è disponibile la modalità di verifica che consente di analizzare lo stato di verifica nei singoli nodi degli elementi. Nelle verifiche (a presso flessione e punzonamento) è ammessa la introduzione dei momenti di calcolo modificati in base alle direttive dell'EC2, Appendice A.2.8. Le verifiche sono effettuate a partire dalle aree di acciaio equivalenti così calcolate che vengono evidenziate in relazione. A seguito di analisi inelastiche eseguite in accordo a OPCM 3431 o D.M. 14-01-08, al D.M. 17-01-18 vengono condotte verifiche di resistenza per i meccanismi fragili (nodi e taglio) e verifiche di deformabilità per i meccanismi duttili.

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidezza e resistenza trascurabili a fronte dei principali, in particolare sono stati considerati la platea di fondazione, il telaio travi-pilastri e la nuova struttura in carpenteria metallica, da realizzarsi in sostituzione del sottotetto esistente.

La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (travi con eventuali sconnessioni interne), che bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

I gusci della platea di fondazione sono schematizzati come poggianti su vincoli elastici distribuiti.

Date le peculiarità degli elementi previsti dal progetto di Scaffsystem srl, ovvero profili scatolari formati a freddo, si è optato di impiegare dei profilati di ordinaria produzione per la verifica di calcolo delle strutture esistenti, tale scelta è stata condotta al fine di semplificare la modellazione strutturale senza che venisse compromessa la risposta sismica.

Tale affermazione trova fondamento dal fatto che il calcolo sismico si basa su risultati ottenuti attraverso l'applicazione alla struttura di forze orizzontali, ovvero ricavate dal prodotto di accelerazioni (direzioni X,Y) per le masse dei vari piani, pertanto, tenuto conto che i profili metallici impiegati nel modello di calcolo hanno masse superiori rispetto a quelle dei profili proposti da Scaffsystem srl, ne deriva che, ai fini della presente Istanza di certificato alla sopraelevazione, i risultati ottenuti dall'introduzione di tale semplificazione sono a favore di sicurezza.

6. Descrizione analisi di calcolo e risultati

I lavori oggetto del presente intervento si configurano, ai sensi dell'art. 90 del DPR 380/2001 e ss.mm.ii. e della L.R. n.33 del 12/10/2015, come intervento di sopraelevazione, pertanto è stata eseguita la valutazione della sicurezza dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche, attraverso la relazione:

$$\zeta_E = \text{capacità/domanda}$$

che rappresenta il rapporto tra la massima azione sismica sopportabile dalla struttura esistente rispetto alla massima azione sismica da impiegarsi nel progetto di nuova costruzione.

Poiché il progetto prevede la sopraelevazione dell'intero immobile, in ottemperanza al punto 8.4 delle NTC 2018, si è provveduto a verificare l'adeguamento sismico dell'edificio esistente, ovvero a valutare la necessità o meno di interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente.

La verifica di adeguamento sismico è stata riferita all'intera struttura post-intervento ed ha soddisfatto i livelli di sicurezza fissati al punto 8.4.3 delle NTC 2018, in particolare:

$$\zeta_E = \text{capacità/domanda} \geq 1$$

Per quanto al dimensionamento delle nuove strutture sarà condotta un'analisi di calcolo e verifica con il metodo agli stati limite, come da DM 17.01.2018, con carichi sismici applicati. A completamento del progetto si procederà, come disposto dall'art. 65 del DPR 380/2001, con separato deposito della pratica di denuncia delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.

I risultati della verifica preliminare per adeguamento sismico dell'immobile sito a Como in viale Roosevelt n°11, in relazione all'intervento di recupero del sottotetto, hanno fornito dei valori di

indicatori sismici superiori all'unità, come da allegati, che permettono la realizzazione le opere senza intervenire sulle strutture esistenti. Si precisa che la stessa verifica sarà oggetto di revisione in base alla soluzione architettonica definitiva che si intenderà proporre e si procederà con l'integrazione relativa alla caratterizzazione dei materiali (effettuata da ditta certificata), atta a validare i dati attualmente inseriti.

Per ultimo si sottolinea che i risultati della verifica eseguita per la presente comunicazione hanno riguardato il comportamento della struttura esclusivamente nei confronti delle azioni sismiche, in quanto l'edificio è già in possesso di un certificato di collaudo statico. Tuttavia, in ordine ai lavori che saranno da realizzarsi, potrebbero essere effettuati interventi di consolidamento statico locale per alcuni degli elementi strutturali esistenti, quali solai, travi, pilastri , ecc.

7. Carichi e sovraccarichi di progetto

In accordo con le NTC2018, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- G ₁ : Peso proprio strutturale (solai di piano)	269 daN/mq
- G ₁ : Peso proprio strutturale (soffitto di copertura)	50 daN/mq
- G ₂ : Carichi permanente portati	100 daN/mq
- Q ₁ : Carichi variabili (Categoria A - Residenziale)	200 daN/mq
- Q ₂ : Carichi variabili da neve (Quota < 1000 m. s.l.m.)	121 daN/mq
- Q ₃ : Carichi variabili da vento	69 daN/mq
- forze simulanti il sisma.	

8. Sollecitazione sismica

Il D.M. 17 gennaio 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Si considera la struttura con comportamento strutturale misto equivalente a telai e si adotta un fattore di comportamento $q = 2,25$.

Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 17 gennaio 2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui

sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T^*c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i quattro punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati.

Il sito su cui ricade l'immobile oggetto di verifica è all'interno della zona sismica 4.

Metodo di analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito con analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Come descritto nel D.M. 17 gennaio 2018 par. 7.3.3.1, l'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una Combinazione Quadratica Completa (CQC).

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Il numero di modi di vibrazione considerato ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare percentuali delle masse della struttura non inferiori all'85% della massa totale.

8. Verifica delle strutture

Si attesta che le strutture sono state calcolate nel rispetto delle norme tecniche vigenti, e che gli elaborati depositati sono completi e sufficienti a individuare e definire con esattezza le opere da eseguire e che i materiali di cui si prevede l'impiego sono idonei in relazione alle sollecitazioni assunte a base dei calcoli.

Ai fini della presente verifica di sicurezza sono stati considerati soltanto i risultati riferibili alle combinazioni per azioni sismiche, ovvero si è valutata la sola capacità di resistere a forze sismiche da parte dell'immobile nella configurazione post-intervento. I risultati ottenuti hanno fornito valori

degli indicatori sismici superiori all'unità, soddisfacendo di fatto la relazione di verifica, e permettendo di realizzare l'intervento di recupero del sottotetto senza dovere intervenire sulle strutture esistenti.

Como, 13/01/2021

Il progettista

