

Carmelo Pulvirenti

# INDAGINI STRUTTURALI

## DIAGNOSI STRUTTURALE SU EDIFICI IN CEMENTO ARMATO E MURATURA

TESTO AGGIORNATO A D.M. 14 GENNAIO 2008 (NUOVE NTC 2008)  
E RELATIVA CIRCOLARE ESPLICATIVA N. 617/2009

- PROVE SCLEROMETRICHE ▪ PROVE SONICHE ▪ METODO SONREB ▪ PULL OUT
- CAROTAGGI ▪ MARTINETTI PIATTI ▪ CENNI DI ANALISI



Clicca e richiedi di essere contattato  
per informazioni e promozioni

**SOFTWARE INCLUSO**

MODULI COMPILATIVI PERSONALIZZABILI UTILI ALLE INDAGINI STRUTTURALI



**GRAFILL**

Carmelo Pulvirenti  
**INDAGINI STRUTTURALI**

ISBN 13 978-88-8207-850-8  
EAN 9 788882 078508

Manuali, 194  
Prima edizione, maggio 2016

Pulvirenti, Carmelo <1982->

Indagini strutturali / Carmelo Pulvirenti. – Palermo : Grafill, 2016.

(Manuali ; 194)

ISBN 978-88-8207-850-8

1. Strutture edilizie – Collaudo.

624.171 CDD-22

SBN Pal0288831

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è disponibile anche in eBook (formato \*.pdf) compatibile con PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e PayPal.

Per i pagamenti con carta di credito e PayPal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno Smartphone o un Tablet il Codice QR sottostante.



I lettori di Codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di maggio 2016

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

*Ai miei genitori*



**PRONTO  
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni  
... e per te uno SCONTO SPECIALE**



## SOMMARIO

<b>INTRODUZIONE</b> .....	p.	1
<b>1. INDAGINI E VERIFICHE</b>		
<b>SECONDO NTC2008 E CIRCOLARE N. 617/2009</b> .....	"	3
<b>2. EDIFICI IN CEMENTO ARMATO:</b>		
<b>INDAGINI NON DISTRUTTIVE</b> .....	"	10
2.1. Prove sclerometriche.....	"	10
2.2. Prove pacometriche.....	"	13
2.3. Prove ultrasoniche.....	"	14
2.4. Metodo Sonreb.....	"	17
2.5. Prove di carico .....	"	19
2.6. Termografia infrarossa .....	"	23
2.7. Impact Echo .....	"	24
<b>3. EDIFICI IN CEMENTO ARMATO: INDAGINI SEMI DISTRUTTIVE</b> .....	"	27
3.1. Sonda Windsor .....	"	27
3.2. Prova pull-out .....	"	28
3.3. Prova pull-off.....	"	30
<b>4. EDIFICI IN CEMENTO ARMATO: INDAGINI DISTRUTTIVE</b> .....	"	32
4.1. Carotaggi e prove di compressione.....	"	32
4.1.1. Microcarotaggio .....	"	41
4.1.2. Prova di carbonatazione .....	"	41
4.2. Estrazione barre d'armatura e prove di trazione.....	"	45
<b>5. EDIFICI IN MURATURA: INDAGINI NON DISTRUTTIVE</b> .....	"	50
5.1. Indagini soniche.....	"	50
5.2. Caratterizzazione della malta.....	"	52
5.3. Prove penetrometriche .....	"	54
<b>6. EDIFICI IN MURATURA: INDAGINI DISTRUTTIVE</b> .....	"	56
6.1. Prove con martinetti piatti.....	"	56
6.2. Carotaggi.....	"	62
6.3. Endoscopie.....	"	69

<b>7. IMPORTANZA DEL LIVELLO DI CONOSCENZA RAGGIUNTO .....</b>	p.	71
<b>8. MODELLO DI CALCOLO E CENNI SULL'ANALISI PUSH-OVER.....</b>	"	83
8.1. Modello di calcolo .....	"	83
8.2. Cenni analisi push-over .....	"	87
8.3. Cenni push-over su edifici in muratura.....	"	98
<b>↘ ALLEGATO 1 CAPITOLO 8 NTC2008: COSTRUZIONI ESISTENTI .....</b>	"	102
<b>↘ ALLEGATO 2 CAPITOLO 8 CIRCOLARE ESPLICATIVA N. 617/2009: COSTRUZIONI ESISTENTI.....</b>	"	110
<b>↘ INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO .....</b>	"	135
– Note sul software incluso .....	"	135
– Requisiti hardware e software .....	"	135
– Download del software e richiesta della password di attivazione .....	"	135
– Installazione ed attivazione del software.....	"	136

## INTRODUZIONE

L'Italia è stato uno dei paesi in cui l'avvento del cemento armato ha maggiormente influenzato il territorio. In passato, e purtroppo ancora oggi, c'è stato un abuso continuo del suolo a fini prettamente speculativi, che ha portato a cementificare ettari ed ettari di terreni. Tutto ciò ha comportato il verificarsi negli anni di numerose catastrofi, dovute alla impermeabilizzazione indotta del suolo e alla sua cattiva gestione, specie dal punto di vista idrogeologico.

Si ritiene quindi indispensabile e fondamentale il ripristino e il riuso degli edifici esistenti, piuttosto che continuare a realizzare nuove costruzioni, sia da un punto di vista storico-critico, sia da un punto di vista numerico, dato dal rapporto abitazioni/abitanti.

Tasto dolente di quest'ultimo aspetto è sicuramente l'adeguamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), suffragato dal fatto che larga parte degli edifici esistenti non rispettano i requisiti richiesti da detta normativa. Affinché ciò avvenga nel modo meno invasivo e meno dispendioso, economicamente parlando (tale da non comportare più vantaggiosa la demolizione e ricostruzione, allorquando sia possibile farlo), è fondamentale avere un quadro completo dell'edificio da trattare, dalla sua evoluzione storica alla sua condizione di "stato di fatto". La struttura va trattata dal progettista alla stregua del rapporto medico-paziente; è necessario quindi che, prima di pensare alla tipologia di intervento da eseguire, l'organismo edilizio venga spulciato sia dal punto di vista visivo (con indagini accurate) che da quello documentale. La documentazione da trattare riguarderà tutto ciò che possa fornire notizie ed indizi sulla natura dell'opera, la sua costruzione, la sua evoluzione nel tempo.

Risulta, quindi, di fondamentale importanza redigere un "piano delle indagini", al fine di avere una chiara caratterizzazione chimica, fisica e meccanica di tutti i materiali presenti nel manufatto. La conoscenza dei metodi più consoni di indagine strumentale e delle tecniche di controllo strutturale fa sì che il progettista abbia una base di dati che risulta basilare per poter redigere e dimensionare correttamente gli interventi da eseguire sul fabbricato, per ottenere quei requisiti di miglioramento o adeguamento sismico richiesti dalle nuove NTC2008.

Il nostro paese ha anche una naturale predisposizione alle problematiche in tema di sicurezza strutturale, sia per la natura stessa del nostro territorio, fortemente influenzato dalla orografia e quindi da possibili azioni sismiche, sia per la sua storia; molti dei nostri aggregati edilizi sono infatti stati costruiti in tempi in cui la problematica sismica non era per nulla sentita e con tecniche edilizie poco consone a sopportare sollecitazioni sismiche.

Il tema della elevata vulnerabilità del nostro territorio va opportunamente tenuto presente, sia su nuove costruzioni sia, in special modo, per intervenire sul patrimonio edilizio esistente che, oltre ad avere un valore artistico-architettonico molto elevato, presenta una varietà di tipologie strutturali e sub-strutturali, spesso di difficile interpretazione.

Per questi motivi risulta molto complesso stabilire i giusti metodi e criteri di verifica (e conseguentemente di intervento) sugli edifici esistenti, vista l'eterogeneità delle strutture portanti,

degli orizzontamenti e delle parti non strutturali. La normativa, sulle costruzioni esistenti, ha predisposto un tipo di approccio prestazionale (piuttosto che il prescrittivo stabilito dalla vecchia norma) lasciando al progettista l'onere di stabilire quale sia il miglior metodo di intervento, fornendo comunque le diverse fasi da seguire, analisi, progettazione ed esecuzione.



## CAPITOLO 1

**INDAGINI E VERIFICHE  
SECONDO NTC2008 E CIRCOLARE N. 617/2009**

L'importanza che le nuove NTC2008 e la relativa Circolare esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009 danno alle indagini conoscitive, fa capire quanto ci si siano spinti oltre, rispetto al passato, per la corretta analisi delle costruzioni esistenti, siano esse in cemento armato, acciaio o muratura. Difatti, basta un veloce confronto con la vecchia Ordinanza n. 3274 del 2003 ed il D.M. 2005, per accorgersi in che termini si sia scesi nel dettaglio in merito alla caratterizzazione dei materiali esistenti ed alla tipologia di indagini necessarie ad ottenere dei valori numerici che rappresentino correttamente il materiale all'interno di un modello di calcolo strutturale.

Il rischio principale che la nuova norma identifica, suffragata dalle precedenti due normative sismiche, è il parametro della **vulnerabilità sismica** degli edifici. Con questo concetto si tiene conto di quanto un edificio esistente, sia esso in cemento armato, acciaio o muratura, sia vulnerabile nei confronti dell'azione sismica richiesta.

La problematica sulla sicurezza sismica degli edifici esistenti, come purtroppo molto spesso avviene in Italia, è stata messa in evidenza dopo il tragico episodio della morte degli alunni della scuola di San Giuliano di Puglia nel 2002. Qualche anno prima, a seguito dei numerosi crolli di edifici esistenti nel comune di Roma, si obbligarono i proprietari di edifici a redigere il "fascicolo del fabbricato". Questo documento dovrebbe avere al suo interno le caratteristiche strutturali del fabbricato, in termini di requisiti statico-funzionali, che sono alla base della sicurezza di un immobile. Dovrebbe costituire una sorta di redazione di indagine conoscitiva primordiale su un fabbricato esistente. La prima fase è quella di presa visione da parte del tecnico incaricato della situazione di "stato di fatto". Attraverso questo passaggio è possibile identificare, in linea di massima, le principali problematiche del manufatto, al fine di ridurre il rischio sismico a cui è soggetto l'edificio. Il tecnico dovrà quindi prestare particolare attenzione a fenomeni locali o globali che possano inficiare la staticità dell'edificio.

Per edifici in c.a. si potrebbe avere:

- pilastri o travi con ferri scoperti o inflessi;
- distacchi di copriferro con esposizione delle armature;
- fessurazioni nel calcestruzzo;
- degrado e disgregazione del calcestruzzo;
- problemi agli elementi strutturali per la cattiva progettazione;
- riduzione della sezione resistente degli elementi;
- presenza di ruggine nei frontalini e negli sbalzi.

Per le strutture in muratura:

- difetti nelle ammorsature tra maschi murari;
- distacchi di porzioni di murature;
- lesioni sulle murature portanti;
- assestamenti degli archi e volte presenti;

- lesioni su architravi;
- rigonfiamenti dei paramenti murari;
- sconnessioni delle murature con gli orizzontamenti;
- fuori piombo dei muri;
- eccessiva inflessione degli elementi verticali.

Le problematiche riscontrate in una prima fase di lettura, possono essere completate da ulteriori indagini più approfondite, che devono essere tarate caso per caso, in funzione del tipo di struttura che si ha davanti, dalla sua età, dagli assestamenti e dagli interventi che ha subito nel tempo. Un piano di indagini strutturali, pensato opportunamente per la struttura da analizzare, risulta condizione necessaria per ottenere tutti quegli elementi caratteristici che permetteranno di intervenire con opportune opere strutturali per diminuire quanto più possibile la mancanza dell'edificio in termini di risposta sismica. Infatti, anche se il fabbricato è stato realizzato rispettando le normative vigenti dell'epoca, risulterà comunque in difetto rispetto alle nuove NTC2008, sia perché nel tempo il degrado del materiale porterà inevitabilmente ad un decadimento della struttura, sia per la restrizione che i nuovi parametri sismici hanno rispetto al passato.

Con l'introduzione delle nuove norme tecniche, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone a rischio sismico decrescente, con un'accelerazione al suolo relativa ad ogni zona sismica (zona 1, 2, 3, 4). Oltre la zonizzazione sismica, il territorio è stato suddiviso con un reticolo quadrato di lato 10 km, con al vertice un valore di accelerazione sismica, determinato da studi su tutto il territorio da parte dell'INGV. Per queste ragioni la stragrande maggioranza del patrimonio edilizio esistente non è adeguato alle nuove normative vigenti ed a meno di interventi, risulterà vulnerabile all'azione sismica prevista da progetto.

Come detto, occorre innanzitutto fare un quadro generale dell'opera, per avere sottomano tutte le caratteristiche tipologiche e strutturali dell'edificio. Per far ciò, oltre alla presa visione per mezzo di indagini visive precedentemente descritte, occorre:

- entrare in possesso di tutta la documentazione esistente, dal progetto architettonico a quello strutturale, quando questa sia disponibile (difficilmente se ne avrà traccia per edifici antecedenti il 1971);
- effettuare un'analisi storico-critica del manufatto, come previsto dal par. 8.5.1 delle NTC2008, che evidenzia come sia necessario per individuare il sistema strutturale esistente ed il suo grado di sollecitazione, ricostruire il processo di realizzazione e le successive modifiche ed interventi subite nel tempo dall'edificio, nonché gli eventi che lo hanno interessato;
- redigere un rilievo geometrico strutturale, come previsto dal paragrafo 8.5.2, che dovrà contenere la geometria complessiva dell'organismo edilizio e quella degli elementi costruttivi, comprendendo anche le strutture in aderenza e la loro interazione, le modificazioni avvenute nel tempo, la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi, i dissesti ed i quadri fessurativi avvenuti nel corso del tempo;
- porre particolare cura ai dettagli costruttivi, siano essi in cemento armato o muratura, dettagliando i nodi, gli ammorsamenti, specie delle zone critiche;
- caratterizzare dal punto di vista meccanico i materiali (8.5.3), basandosi sulla documentazione già disponibile, su verifiche in situ ed indagini sperimentali. I valori delle resistenze meccaniche si valutano dalle prove effettuate sulla struttura e non sono per nulla influenzate dalle classi discretizzate previste dalle NTC2008. Le indagini andranno motivate per

tipologia e quantità, consci del fatto che il territorio italiano è ricco di beni con un valore storico-artistico-architettonico molto elevato;

- caratterizzare il suolo, attraverso delle indagini esaustive, ponendo come requisiti fondamentali alcuni parametri che la norma impone, come la categoria al suolo, la coesione, ecc..

Ottenute tutte queste informazioni necessarie per avere un quadro completo dell'edificio, il passo successivo è quello di predisporre un accurato modello tridimensionale della struttura, che sia quanto più fedele possibile alla situazione reale, non eccedendo nella minuziosità di tale strumento, che risulta spesso deleteria. Definito il modello, lo step conclusivo è quello di calcolare l'indice di rischio sismico, che nella nuova normativa varia da 0 ad 1; l'unità rappresenta l'adeguamento sismico della struttura, ovvero la domanda sismica richiesta viene compensata in toto dalla risposta sismica data dalla struttura. In caso contrario, il rapporto capacità/domanda darà un valore inferiore all'unità, che rappresenta l'indice di rischio dell'edificio.

Le NTC2008 e la relativa circolare esplicativa pongono il problema della sicurezza degli edifici come prioritario del territorio italiano, riconoscendo l'elevata vulnerabilità alle azioni sismiche del patrimonio edilizio e monumentale esistente. Il capitolo 8 di tale norma è integralmente dedicato alle costruzioni esistenti in Italia e definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e la relativa progettazione, esecuzione e collaudo degli interventi sugli edifici esistenti. Definisce inoltre come struttura esistente qualsiasi manufatto con qualunque tipologia costruttiva che abbia la struttura completamente realizzata alla data di redazione della vulnerabilità sismica o del progetto di intervento.

Per la valutazione globale di sicurezza e la progettazione degli interventi atti a migliorare o adeguare sismicamente il fabbricato bisogna inoltre tener conto di:

- la tipologia strutturale e le conoscenze all'epoca di realizzazione;
- eventuali problemi o difetti di impostazione o realizzazione;
- azioni, carichi o sollecitazioni che non sono visibili nell'immediato;
- degrado o modifiche significative rispetto alla situazione originaria;
- la conoscenza, per quanto accurata, dei dettagli costruttivi e della geometria, dipendono esclusivamente dalla documentazione ritrovata e dalle indagini conoscitive effettuate;
- l'approfondimento delle indagini conoscitive è l'unico strumento che può definire valori come quello dei carichi permanenti e della conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali.

Interventi di tipo non strutturale, vengono spesso sottovalutati in sede di verifica degli edifici esistenti, non tenendo conto del fatto che l'aggregato edilizio può risentire parecchio anche di questa tipologia di modifiche. L'interazione tra la parte strutturale e non strutturale può, se concepita in maniera poco studiata e non collaborante, causare notevoli danni alla struttura portante. Classici esempi sono la creazione o variazione di impianti per mezzo di condutture in breccia nelle pareti portanti o la realizzazione di nicchie nei maschi murari, che indeboliscono la sezione resistente, oppure lo spostamento o demolizione di tramezzi che abbiano una determinata rigidità collaborante.

Al paragrafo 8.3, la norma specifica come la valutazione di sicurezza per gli edifici esistenti e la relativa progettazione degli interventi sia da riferire al solo stato limite ultimo (SLU). La verifica agli stati limite di esercizio (SLE) è esclusivamente un livello di prestazione che possono, se vogliono, stabilire committente e progettista. La valutazione della sicurezza strutturale è un procedimento quantitativo che tende a verificare se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto, oppure per determinare le massime azioni

sostenibili con i margini di sicurezza imposti dai coefficienti dei materiali e le relative riduzioni in termini di conoscenza.

La valutazione della sicurezza strutturale deve essere messa in atto quando si verificano situazioni poco consone alla corretta longevità di una struttura, come:

- perdita di parte della capacità resistente e deformativa degli elementi strutturali per cause ambientali oppure per decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, per azioni eccezionali (incendi, esplosioni, urti) o per cedimenti in fondazione;
- gravi errori di progetto o di realizzazione;
- cambio di destinazione d'uso con seguente aggravio dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non strutturali che alterano il comportamento e riducono notevolmente la resistenza di quelli strutturali;
- variazioni improvvise o lente, indipendenti dalla volontà dell'uomo, come i terremoti, carichi eccessivi, ecc..

Una volta stabilito il parametro di sicurezza strutturale che rispecchia verosimilmente quel manufatto edilizio, il progettista è tenuto a dichiarare se la costruzione può continuare senza alcun intervento, oppure se ne debba modificare l'uso, oppure sia necessario intervenire con delle opere strutturali che dovranno aumentare o ripristinare la capacità portante originaria.

I requisiti di sicurezza cui fare riferimento sono relativi allo stato di danneggiamento della struttura, attraverso gli stati limite definiti al par. 2.2 per situazioni non sismiche, ed al par. 3.2.1 in presenza di sisma. I parametri da tenere in forte considerazione sono quelli evidenziati al par. 2.4 delle NTC2008, ovvero:

- vita nominale dell'opera ( $V_N$ ), che è intesa come il numero di anni in cui la struttura potrà essere usata senza interventi di natura straordinaria;
- classi d'uso, classificate in I, II, III, IV, rispettivamente edifici con scarso affollamento, costruzioni con normali affollamenti, costruzioni con affollamento significativo e costruzioni strategiche importanti;
- periodo di riferimento dell'azione sismica ( $V_R$ ), che è quel parametro che permette di ricavarle le azioni sismiche per ciascuna tipologia di costruzione, moltiplicando la vita nominale per un coefficiente  $C_U$ , funzione della classe d'uso.

Questi parametri sono indicati nella tabella C8.1.

**Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R = V_N C_U$  (anni)**

	Classe d'uso →				
	I	II	III	IV	
	Coeff. $C_U$ →				
	0,70	1,00	1,50	2,00	
TIPI DI COSTRUZIONE	$V_N$	$V_R$			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200



**PRONTO  
GRAFILL**



**CLICCA per maggiori informazioni  
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

Nella tabella C8.2, di seguito riportata, sono invece presenti i periodi di ritorno dell'azione sismica ( $T_R$ ) per i diversi stati limite, Stato limite di operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e Stato limite di collasso (SLC) e sono anche riportate le probabilità di superamento dell'azione sismica per un periodo di riferimento fisso di 50 anni.

**Tabella C8.2** Periodo di ritorno dell'azione sismica ( $T_R$ ) per i diversi stati limite e probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) e probabilità di superamento dell'azione sismica ( $P_{T=50}$ ) riferito ad un periodo di riferimento fisso di  $V_R = 50$  anni

<b>OPERE con <math>V_N=10</math></b>									
CLASSE USO →		I	II	III	IV	I	II	III	IV
	$P_{VR} \downarrow$	$T_R$				$P_{T=50}$			
SLO	0,81	21	21	21	21	91%	91%	91%	91%
SLD	0,63	35	35	35	35	76%	76%	76%	76%
SLV	0,1	332	332	332	332	14%	14%	14%	14%
SLC	0,05	682	682	682	682	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%
<b>OPERE con <math>V_N=50</math></b>									
CLASSE USO →		I	II	III	IV	I	II	III	IV
	$P_{VR} \downarrow$	$T_R$				$P_{T=50}$			
SLO	0,81	21	30	45	60	91%	81%	67%	56%
SLD	0,63	35	50	75	100	76%	63%	48%	39%
SLV	0,1	332	475	712	949	14%	10%	7%	5%
SLC	0,05	682	975	1462	1950	7,1%	5,0%	3,4%	2,5%
<b>OPERE con <math>V_N=100</math></b>									
CLASSE USO →		I	II	III	IV	I	II	III	IV
	$P_{VR} \downarrow$	$T_R$				$P_{T=50}$			
SLO	0,81	42	60	90	120	69%	56%	43%	34%
SLD	0,63	70	100	150	200	51%	39%	28%	22%
SLV	0,1	664	949	1424	1898	7,3%	5,1%	3,5%	2,6%
SLC	0,05	1365	1950	2475	2475	3,6%	2,5%	1,7%	1,3%

Bisognerà anche scindere le verifiche di sicurezza locali da quelli globali. Difatti queste influiscono in maniera diversa sulla struttura, a seconda che la variazione riguardi una porzione limitata o implica una sostanziale diversità di comportamento globale della struttura. Ciò com-

porterà una tipologia di intervento locale, intesa come una sostituzione o singola riparazione di un elemento isolato, o di miglioramento sismico, come aumento della sicurezza strutturale esistente senza raggiungimento dei livelli prescritti dalla norma, o di adeguamento sismico, atto a conseguire il livello di sicurezza imposto dalla norma.

In definitiva, per poter avere una corretta, e soprattutto veritiera, valutazione di sicurezza strutturale, bisogna attivare un processo di diagnosi abbastanza corposo, che comprende:

- un modello strutturale teorico di tipo parametrico, che simuli il comportamento strutturale reale del manufatto edilizio;
- un piano di indagini diagnostiche mirato all’ottenimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, la relativa esecuzione delle prove scelte (distruttive e non distruttive) e l’elaborazione dei dati;
- l’implementazione, all’interno del modello, delle caratteristiche meccaniche avute dai risultati di laboratorio, per una più veritiera risposta della struttura in esame;
- la valutazione della risposta strutturale dell’edificio oggetto di analisi e la calibrazione degli eventuali interventi necessari per raggiungere il livello di sicurezza ricercato in sede progettuale.

Da questa elencazione è evidente come i parametri numerici relativi alle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti il manufatto edilizio siano di fondamentale importanza per stimare la resistenza della struttura e per progettare idonei interventi migliorativi.

Come già evidenziato, dopo un’attenta analisi preliminare in cui occorre analizzare la struttura con “occhio tecnico”, al fine di scovare deficienze statiche della struttura o problemi che possano generarne in futuro, è fondamentale avere a supporto una storia dell’edificio, dalla sua costruzione ad oggi, accompagnata da elaborati grafici, esecutivi strutturali, aggiunte di porzioni nel tempo e quant’altro possa aver modificato l’organismo edilizio dal punto di vista strutturale nel corso della sua “vita”.

Ottenuti questi dati, si potrà stabilire il “come” ed il “dove” per l’effettuazione del piano di indagini, sia in funzione del numero di indagini imposte da normativa in base al tipo di materiale e del livello di conoscenza che si vuole raggiungere, sia relativo al tipo di prove con cui indagare (distruttive o non distruttive). In merito al numero, come la stessa normativa prescrive, è possibile ridurre le indagini distruttive, fino al 50%, purché vengano opportunamente sostituite da prove non distruttive pari ad almeno il triplo e tarate su quelle distruttive realizzate.

La scelta delle zone da indagare è il punto cruciale di tutto il piano di indagini. Infatti il campione da prelevare va scelto in quelle zone rappresentative delle caratteristiche meccaniche del materiale, affinché quella parte strutturale sia opportunamente validata da dati numerici all’interno del modello di calcolo, senza falsare il risultato finale.

Nelle zone in cui il materiale si presenta molto eterogeneo sarebbe opportuno eseguire quante più prove possibili, per poter ottenere, da una media ponderata di valori, dei dati attendibili in merito alla rappresentazione dei parametri meccanici. È chiaro che più elevato è il numero di prove, maggiore sarà la probabilità che i dati siano il più possibile vicini alla realtà; di contro, il numero delle prove è direttamente proporzionale alle spese per nulla indifferenti, considerando il costo dell’esecuzione della prova, le spese di laboratorio, i costi di ripristino degli elementi strutturali danneggiati da prove distruttive.

La necessaria esecuzione di tali prove, oltre che per l’imposizione da normativa, è necessaria per un buon progettista, al fine di conoscere le caratteristiche intrinseche dei materiali da costru-

zione usati, e quindi, poter progettare degli opportuni interventi strutturali. Molto spesso questo tema non è particolarmente caro ai committenti, che non comprendono molto l'importanza di tale operazione. La buona prassi è quella di trovare un giusto equilibrio tra il numero di prove da effettuare e l'esborso economico a cui deve sottoporsi il committente; infatti, spingersi troppo con il numero di prove da effettuare, oltre che dal punto di vista economico, potrebbe essere deleterio anche per la struttura, qualora le prove, come da piano di indagine precedentemente stabilito, siano di tipo distruttivo; effettuare poche prove, invece, potrebbe essere poco rappresentativo dello stato effettivo dell'opera in esame, anche se conveniente dal punto di vista economico.

Il problema del livello di conoscenza raggiunto, con la relativa spesa avuta per l'esecuzione delle prove, si ripercuoterà indirettamente sui costi necessari per eseguire gli interventi previsti per una maggiore sicurezza strutturale; la poca conoscenza delle caratteristiche dei materiali porterà il progettista a sovradimensionare gli interventi da eseguire sulla struttura per raggiungere il parametro di sicurezza stabilito, ed è evidente che la spesa necessaria per l'esecuzione di tali opere sarà di gran lunga superiore a quella delle prove stesse. Si avrà in questo modo una molteplicità del danno, sia dal punto di vista economico che da quello progettuale.

**PRONTO  
GRAFILL****CLICCA per maggiori informazioni  
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

