

Stefano Bufarini

Salvatore Lombardo

Vincenzo D. Venturi

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

GUIDA PRATICA E CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Piano delle indagini • Requisiti dei laboratori • Certificazione del personale tecnico • Esempi di interpretazione dei dati sperimentali • Contratto d'appalto • Capitolato speciale d'appalto per PnD su strutture in calcestruzzo armato - muratura - legno - acciaio

*vai alla
scheda
del libro*

gli autori

 **EPC**
EDITORE

Stefano Bufarini Salvatore Lombardo Vincenzo D. Venturi

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

GUIDA PRATICA E CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Piano delle indagini • Requisiti dei laboratori • Certificazione del personale tecnico • Esempi di interpretazione dei dati sperimentali • Contratto d'appalto • Capitolato speciale d'appalto per PnD su strutture in calcestruzzo armato - muratura - legno - acciaio

INDICE

PRESENTAZIONE	15
----------------------------	-----------

PREMESSA	19
-----------------------	-----------

PARTE 1

LE PROVE NON DISTRUTTIVE: LO STATO DELL'ARTE

CAPITOLO 1

LE INDAGINI SUGLI EDIFICI ESISTENTI	25
1.1 Generalità	25
1.1.1 L'importanza delle indagini in un caso reale	25
1.1.2 La complessità delle competenze	27
1.2 Il piano delle indagini.....	28
1.2.1 L'impossibilità della standardizzazione.....	28
1.2.2 La conoscenza della struttura.....	30
1.3 L'approccio diagnostico alle costruzioni esistenti	30
1.4 L'analisi storico-critica	30
1.4.1 Le finalità	30
1.4.2 La ricerca.....	31

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

1.5	Il rilievo strutturale	32
1.5.1	Le costruzioni in muratura	32
1.5.1.1	Le finalità	32
1.5.1.2	I livelli di indagine	34
1.5.1.3	Gli edifici in aggregato	35
1.5.1.3.1	<i>Le indagini architettonico-strutturali</i>	36
1.5.2	Le costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio	37
1.5.2.1	Le finalità	37
1.5.2.2	Gli elementi con funzione strutturale	37
1.5.2.3	Gli elementi che non hanno funzione strutturale	38
1.5.2.4	I livelli di indagine	39
1.5.2.5	Il rilievo dei dettagli costruttivi.....	40
1.5.3	Le costruzioni di legno	45
1.5.3.1	Generalità.....	45
1.5.3.2	La valutazione delle costruzioni esistenti	45
1.5.3.3	Gli obiettivi	45
1.5.3.4	Il rilievo dei collegamenti	46
1.6	La caratterizzazione fisica, chimica e meccanica dei materiali.....	47
1.6.1	Le indagini sulle fondazioni.....	48
1.6.2	Le costruzioni in muratura	48
1.6.2.1	Le caratteristiche meccaniche	48
1.6.2.2	Il livello di conoscenza e le prove.....	49
1.6.2.2.1	<i>Il grado di rappresentatività</i>	52
1.6.3	Le costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio	52
1.6.3.1	Le caratteristiche meccaniche	52
1.6.3.2	Il livello di conoscenza e le prove.....	53
1.6.3.2.1	<i>Il numero e l'ubicazione delle prove</i>	53
1.6.3.2.2	<i>I dati sperimentali</i>	54
1.6.4	Le costruzioni di legno	55

INDICE

1.6.4.1	Le finalità	55
1.6.4.2	I livelli di prova	56
1.7	Livelli di conoscenza ed i fattori di confidenza	56
1.7.1	Generalità.....	56
1.7.2	Le costruzioni in muratura	58
1.7.3	Le costruzioni di calcestruzzo armato o acciaio	61
1.7.3.1	I fattori di confidenza.....	61
1.7.3.2	I livelli di conoscenza	62
1.7.3.2.1	<i>Le percentuali minime degli elementi strutturali da indagare.....</i>	64
1.7.3.3	L'estensione delle indagini e il numero di elementi strutturali da indagare	66
1.7.3.3.1	<i>Progetto delle indagini su un edificio esistente</i>	67
1.7.3.4	Il vantaggio delle indagini meno invasive	69
1.7.3.4.1	<i>La riduzione dei carotaggi</i>	69
1.7.3.4.2	<i>La specificità del progetto di indagine</i>	69
1.7.3.4.3	<i>Progetto delle indagini su un edificio esistente con riduzione delle prove invasive</i>	69

CAPITOLO 2

LA PROGRAMMAZIONE E L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI.....	71	
2.1	Generalità	71
2.2	Il Progetto delle indagini strutturali	72
2.3	La tipologia di prove e la consistenza delle indagini sulle strutture	73
2.3.1	Generalità.....	73
2.3.2	Le incertezze nei risultati sperimentali.....	75
2.4	Gli interventi di tipo generale.....	75
2.4.1	La preparazione delle aree di prova	75
2.4.2	Il ripristino delle aree di prova	76
2.4.2.1	Il ripristino delle aree soggette a carotaggio.....	77
2.5	Le indagini sulle strutture in c.a.....	79

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

2.5.1	La classificazione dei controlli del calcestruzzo in opera	79
2.5.2	L'individuazione delle aree di calcestruzzo omogenee	82
2.5.3	Caso A – Indagini su edifici esistenti. Ipotesi di indagine elaborata sulla base del progetto originale.....	83
2.5.4	Caso B – Indagini su edifici esistenti. Ipotesi di indagine elaborata in assenza del progetto originario	85
2.5.5	Caso C – Indagini su edifici esistenti. Ipotesi di indagine elaborata nel caso di edificio abusivo	87
2.5.6	L'ubicazione dei prelievi e la scelta degli elementi strutturali	90
2.5.7	La variazione delle proprietà del calcestruzzo in opera.....	92
2.5.8	Le raccomandazioni per l'esecuzione dei prelievi nei pilastri	93
2.5.9	Le raccomandazioni per l'esecuzione dei prelievi nelle travi	94
2.6	La relazione sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.....	95
2.7	La stima della resistenza del calcestruzzo in opera mediante le curve di correlazione	95
2.7.1	Generalità.....	95
2.7.2	I metodi combinati	95
2.7.3	Le curve di correlazione specifiche.....	97
2.7.4	Case history.....	100
2.7.4.1	La finalità dell'indagine	100
2.7.4.2	Il livello di conoscenza da conseguire.....	100
2.7.4.3	Le prove sclerometriche tarate su carote.....	101
2.7.4.4	Le prove di estrazione (pull-out) tarate su carote.....	103
2.7.4.5	Il metodo combinato: prove sclerometriche, ultrasoniche tarate su carote ...	105
2.7.4.6	Il metodo combinato: prove di estrazione (pull-out), ultrasoniche tarate su carote	106
2.7.4.7	Le fasi operative del metodo SonReb. La procedura per la determinazione della curva di correlazione specifica per il sito oggetto di indagine.....	108
2.8	Il piano operativo di sicurezza.....	111
2.8.1	Generalità.....	111

INDICE

2.8.2	I costi della sicurezza	111
2.8.3	L'accessibilità alle zone e alle aree di prova	112
2.8.4	Esempio di stralcio di POS relativo alle indagini	112

CAPITOLO 3

IL LABORATORIO PROVE	125	
3.1	I laboratori ufficiali..... 125	
3.2	I laboratori autorizzati	125
3.2.1	La prima autorizzazione.....	125
3.2.2	Le prove in situ	135
3.2.3	I criteri per il rilascio dell'autorizzazione	135
3.2.4	I settori di prova e di certificazione	136
3.3	La Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive.....	139
3.3.1	La UNI/PdR 56	139
3.3.2	I livelli di certificazione	140
3.3.3	La validità del certificato.....	141
3.3.4	Gli organismi di certificazione	143
3.3.4.1	Esempio di Certificato di qualificazione per personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile. Livello 3 "Prova ultrasonora"	145
3.3.4.2	Esempio di Certificato di qualificazione per personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile. Livello 3 "Monitoraggio strutturale"	146
3.3.4.3	Esempio di Certificato di qualificazione per personale tecnico addetto alle prove non distruttive e semidistruttive nel campo dell'ingegneria civile. Livello 3 "Prova di estrazione, pull-out e pull-off"	147
3.3.4.4	Esempio di Certificato di qualificazione per personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile. Livello 3 "Esame visivo ed ispezione delle opere civili ed infrastrutture"	148
3.3.5	L'esigenza della diagnostica strutturale prevista dalle Norme tecniche per costruzioni	149

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

3.4	Il certificato di prova e il rapporto di prova.....	149
3.4.1	Generalità.....	149
3.4.2	Il certificato di prova	150
3.4.2.1	I requisiti	150
3.4.2.2	Il contenuto	151
3.4.2.3	Il formato	152
3.4.3	Il rapporto di prova.....	152
3.4.3.1	L'aspetto legale.....	153
3.4.3.2	Le procedure di aggiudicazione	154

PARTE 2

LE PROVE NON DISTRUTTIVE: IL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

CAPITOLO 1

SCHEMA DI CAPITOLATO D'APPALTO	157
Art. 1 – Oggetto del contratto	157
Art. 2 – Importo a base di gara	157
Art. 3 – Corrispettivo dell'appalto	157
Art. 4 – Sorveglianza e monitoraggio del servizio	157
Art. 5 – Durata del servizio e penali.....	158
Art. 6 – Sospensione del servizio	158
Art. 7 – Requisiti del laboratorio	158
Art. 8 – Requisiti del personale	159
Art. 9 – Ubicazione delle zone e delle aree di prova	159
Art. 10 – Obblighi del laboratorio prove incaricato	159
Art. 11 – Documentazione tecnica	160
Art. 12 – Modalità di pagamento, contabilizzazione dei servizi.....	161
Art. 13 – Obblighi dell'appaltatore relativi alla tracciabilità dei flussi finanziari	161

INDICE

Art. 14 – Indicazione delle persone che possono riscuotere	161
Art. 15 – Spese contrattuali e registrazione.....	162
Art. 16 – Pagamento delle maggiori imposte	162
Art. 17 – Cessione del contratto - Subappalto	162
Art. 18 – Subappalto.....	162
Art. 19 – Disposizioni antimafia	163
Art. 20 – Modalità di risoluzione delle controversie	163
Art. 21 – Premesse e graduazione delle fonti per la corretta interpretazione del Contratto	163
Art. 22 – Documenti che fanno parte del contratto	164
Art. 23 – Norme finali	164

CAPITOLO 2

**CAPITOLATO SPECIALE D’APPALTO DEI SERVIZI
DI PROVE NON DISTRUTTIVE 165**

SEZIONE 1: CONDIZIONI ESECUTIVE	165
Art. 1 – Oggetto dell’appalto	165
Art. 2 – Descrizione delle indagini affidate.....	165
Art. 3 – Indagini escluse dall’appalto	165
Art. 4 – Osservanza di leggi e norme tecniche	166
Art. 5 – Personale tecnico addetto alle prove non distruttive	166
SEZIONE 2: INDAGINI DI TIPO GENERALE	167
Art. 1 – Accessibilità ai luoghi e opere provvisionali	167
Art. 2 – Registro giornaliero delle attività	167
Art. 3 – Foglio di rilevamento dati	168
Art. 4 – Certificato di prova.....	168
Art. 5 – Esame visivo	168
Art. 6 – Ispezioni visive con endoscopio	170
Art. 7 – Rilievo geometrico-strutturale	173

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

Art. 8 – Rilievo fotografico della struttura.....	175
Art. 9 – Rilievo strutturale e del quadro fessurativo.....	176
Art. 10 – Rilievo degli elementi non strutturali	179
Art. 11 – Rilievo impiantistico.....	179
SEZIONE 3: INDAGINI SU ELEMENTI STRUTTURALI IN CALCESTRUZZO ARMATO	
Art. 1 – Ricerca della posizione delle barre di armatura con metodo magnetometrico (pacometro)	180
Art. 2 – Il prelievo di campioni di calcestruzzo o di muratura	182
Art. 3 – Prova con ultrasuoni	186
Art. 4 – Prova sclerometrica	190
Art. 5 – Prova di estrazione o pull-out	194
Art. 6 – Prova di strappo o pull-off	199
Art. 7 – Prova di penetrazione (Windsor Equipment Probe)	202
Art. 8 – Valutazione della profondità della carbonatazione con il metodo colorimetrico alla fenolftaleina	207
Art. 9 – Verifica del profilo di penetrazione dello ione-cloruro	210
Art. 10 – Determinazione del contenuto di cloruri con il metodo quantitativo della determinazione del tenore dei cloruri solubili in acido	215
Art. 11 – Tecniche elettrochimiche per la misura della corrosione metallica in situ	218
Art. 12 – Ispezione delle strutture di calcestruzzo armato esposte ad ambienti aggressivi mediante mappatura di potenziale	223
SEZIONE 4: MISURA DELLE DEFORMAZIONI E MONITORAGGIO	
Art. 1 – Misura delle deformazioni per la stima dello stato tensionale nelle strutture in calcestruzzo c.a., c.a.p. ed acciaio	229
Art. 2 – Monitoraggio degli spostamenti e delle rotazioni nelle strutture in muratura, in calcestruzzo, in acciaio	234
SEZIONE 5: ACCIAIO PER C.A.	
Art. 1 – Prelievo in opera di barre di armature	240

INDICE

SEZIONE 6: ACCIAIO DA CARPENTERIA	245
Art. 1 – Prelievo di elementi di acciaio per carpenteria metallica.....	245
Art. 2 – Prova di durezza Leeb su acciaio in barre e su acciaio per carpenteria metallica	248
Art. 3 – Prova di durezza Vickers (metodo UCI) su acciaio in barre e su acciaio per carpenteria metallica	253
Art. 4 – Analisi con spettrometro a emissione atomica per la determinazione della composizione chimica	257
Art. 5 – Controllo delle saldature con metodo visivo (VT).....	260
Art. 6 – Controllo delle saldature con liquidi penetranti (PT)	263
Art. 7 – Controllo delle saldature con particelle magnetiche (MT)	268
Art. 8 – Controllo delle saldature con ultrasuoni (UT)	271
Art. 9 – Controllo coppie di serraggio.....	274
SEZIONE 7: INDAGINI SU MURATURE	280
Art. 1 – Esame visivo	280
Art. 2 – Indagine visiva con endoscopio	280
Art. 3 – Indagini soniche	283
Art. 4 – Prelievo di mattoni, pietre, malte	286
Art. 5 – Determinazione della durezza superficiale dei giunti di malta con sclerometro a pendolo per malte	290
Art. 6 – Prova di pull-out sui giunti malta	294
Art. 7 – Valutazione qualitativa dell’omogeneità e della qualità dei corsi di malta con penetrometro per malte	296
Art. 8 – Misurazione del contenuto di umidità mediante perforazione.....	299
Art. 9 – Prove con martinetto piatto singolo	301
Art. 10 – Prova con martinetto piatto doppio	305
Art. 11 – Prova di carico statica a compressione diagonale	310
Art. 12 – Prova di taglio diretto (Prova Sheppard)	313
Art. 13 – Prova di compressione semplice.....	316
Art. 14 – Prova di scorrimento lungo i giunti di malta	320

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

SEZIONE 8: INDAGINI SU STRUTTURE IN LEGNO	328
Art. 1 – Ispezione in situ	328
Art. 2 – Rilievo geometrico della struttura	332
Art. 3 – Criteri di campionamento.....	334
Art. 4 – Identificazione della specie legnosa	335
Art. 5 – Stima dell’umidità del legno	337
Art. 6 – Valutazione del degrado biologico	342
Art. 7 – Valutazione dell’efficienza dei collegamenti meccanici	344
Art. 8 – Valutazione del degrado meccanico	345
Art. 9 – Misura della resistenza alla penetrazione.....	346
Art. 10 – Indagine resistografica (resistenza alla foratura).....	350
Art. 11 – Indagini ultrasoniche su legno	354
Art. 12 – Indagine endoscopica	357
Art. 13 – Carotaggio	358
Art. 14 – Indagini termografiche	360
SEZIONE 9: RILIEVO DELLO STATO TENSIONALE DELLE CATENE	361
Art. 1 – Rilievo dello stato tensionale delle catene	361
SEZIONE 10: INDAGINI SULLE FONDAZIONI.....	368
Art. 1 – Scavo di indagine.....	368
Art. 2 – Indagine georadar	369
SEZIONE 11: CONTROLLO DELLA QUALITÀ E PROVE DI CARICO SU PALI	372
Art. 1 – Finalità	372
Art. 2 – Indagini su metodo microsismico di trasparenza.....	372
Art. 3 – Carotaggio continuo meccanico.....	374
Art. 4 – Prova ecometrica a riflessione	375
Art. 5 – Prove dinamiche su pali di fondazione – metodo Case.....	379
Art. 6 – Prove vibrazionali su pali di fondazione (ammettenza dinamica).....	383

INDICE

Art. 7 – Prova di carico statica su palo	386
SEZIONE 12 : INDAGINI SUI SOLAI.....	395
Art. 1 – Ispezioni visive sui solai e controsoffitti	395
Art. 2 – Indagini non strutturali sui controsoffitti e sugli elementi ancorati a solai e/o controsoffitti	396
Art. 3 – Indagini strutturali sui solai	398
Art. 4 – Battitura manuale	399
Art. 5 – Indagine acustica (o battitura strumentale)	400
Art. 6 – Indagine con termografia infrarossa attiva	402
Art. 7 – Indagine radar	405
Art. 8 – Microscassi	407
SEZIONE 13: PROVE SU INTONACI E RIVESTIMENTI.....	409
Art. 1 – Misura della forza di adesione del rivestimento (Pull-off)	409
SEZIONE 14: PROVE DI CARICO SU STRUTTURE	413
Art. 1 – Prova di carico statica	413
 APPENDICE	
ESTRATTO DEL PREZZIARIO UNICO PER I LAVORI PUBBLICI	
DELLA REGIONE SICILIANA ANNO 2018.....	

PRESENTAZIONE

Mi occupo, da oltre 50 anni, di prevenzione e diagnostica del degrado del calcestruzzo. Nel corso della mia attività scientifica e professionale mi sono spesso proposto l'obiettivo di accertare le procedure più affidabili per stimare la qualità e le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo insieme a quelle più coerenti per definire l'entità e l'evoluzione del degrado delle strutture.

Ricondurre un risultato sperimentale locale al contesto più generale di una struttura, stimare da un risultato indiretto il valore caratteristico di una grandezza richiede non solo l'esperienza e la competenza specifica nel programmare le indagini ma esige, soprattutto, che i risultati delle prove siano affidabili e riproducibili.

La affidabilità delle prove in genere ma in particolare quella delle prove in situ (PnD) è funzione, sicuramente, della qualità del laboratorio che le esegue ma è la chiarezza delle specifiche operative, a partire dalle relative Norme ed il rigore con cui queste vengono applicate che consente ai risultati sperimentali di essere "riproducibili". Ben venga quindi il nuovo percorso normativo che ha riconosciuto la necessità di prescrivere i requisiti e le competenze del "laboratorio prove in situ" prevedendo di sottoporre, in questa fase, alla norma cogente le attività sperimentali più comunemente impiegate nella diagnostica strutturale. Questo testo si inserisce, con tempestività, in questo ambito proponendo, per la prima volta, la raccolta delle specifiche tecniche relative alla, quasi, generalità delle prove in situ (PnD) applicate alla gran parte dei "prodotti strutturali" (calcestruzzo, acciaio, muratura, legno, ecc.). Questo libro nasce, certamente, dall'esperienza degli Autori maturata nella gestione e nella direzione di un laboratorio di prove, però non si rivolge solo ai "laboratoristi" ma anche ai Progettisti delle indagini, a chi le indagini le deve controllare e giudicare, a chi i risultati li deve implementare in un modello di analisi o di calcolo. Ecco perché ho accolto con piacere l'invito che mi è stato rivolto da uno degli Autori con il quale diversi anni fa abbiamo affrontato, con lo stesso rigore, molti degli argomenti trattati nel testo.

Vito Alunno Rossetti

Professore i.q.

di Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata

presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma "La Sapienza"

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

È noto che da sempre il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici dedica la massima attenzione alla sicurezza delle costruzioni ed in particolare ai controlli sui materiali, in termini di efficienza del laboratorio e di preparazione del personale.

È vero che molte di queste prove, quali ad esempio le prove di rottura sui cubi di calcestruzzo piuttosto che le prove di trazione sulle barre d'acciaio, pur rivestendo la loro indiscutibile importanza, si potrebbero comunque definire "abbastanza semplici". Negli anni 80, per eseguire le prove sul calcestruzzo di una grande opera, fu messa a punto una macchina che, in modo automatico, afferrava il cubo da un nastro trasportatore, ne misurava le dimensioni, ne verificava la regolarità geometrica, effettuava lo schiacciamento e registrava il risultato. Si può discutere molto sull'efficacia di un tale sistema, ma in fondo, con la presenza di uno sperimentatore che controlla il processo, può anche funzionare.

Nel settore dei Controlli non distruttivi, invece, non è così. La conoscenza delle varie tipologie di strutture e dei materiali che le compongono, la conoscenza delle procedure e della strumentazione da utilizzare, rendono lo stesso tipo di prova ogni volta diversa, ovvero, per meglio dire, lo stesso tipo di prova richiede ogni volta una specifica attenzione. È vero che la campagna di prove viene stabilita dal progettista, che deve cogliere ogni aspetto particolare della strutture e delle sue eventuali criticità, ai fini di una corretta diagnosi, ma l'esecutore delle prove riveste sempre una straordinaria importanza. Potremmo qui abbandonarci a facili ironie, al racconto di aneddoti curiosi e a tratti divertenti – come quello che voleva fare la prova con i martinetti piatti sotto una finestra – ma che purtroppo segnalano profonde criticità del settore. Per questo motivo, a mio avviso, l'approccio alle strutture esistenti, in termini di controlli, diagnosi e interventi, dovrebbe essere riservato agli esperti, o quanto meno a tecnici formati allo scopo.

In un terreno così delicato, le competenze e la professionalità degli autori, fanno di questo libro una vera e propria guida nel settore della conduzione dei controlli non distruttivi.

Ad essi rivolgo quindi un particolare ringraziamento ed i complimenti per il lavoro svolto.

Antonio Lucchese
*Ingegnere Dirigente
presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici – Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili*

CAP. 1 – PRESENTAZIONE

Il volume rappresenta un'assoluta novità editoriale, in quanto descrive lo stato dell'arte delle prove non distruttive nel settore dell'ingegneria civile, applicate per la determinazione delle caratteristiche meccaniche e l'analisi defectologica dei materiali da costruzione posti nelle strutture e costruzioni nuove ed esistenti, ed in conseguenza costituisce anche un ottimo ed efficiente supporto tecnico-legale per quanti operano nella filiera del mondo delle costruzioni.

Il taglio dell'opera, difatti, consente di ritenere la stessa particolarmente utile, e – diremo di più – “preziosa”, sia per i tecnici dei “nuovi” laboratori, responsabili della corretta esecuzione delle prove, sia per i professionisti addetti alla progettazione del piano delle indagini ed interpretazione dei dati sperimentali, ma anche per i Direttori dei lavori e per i Collaudatori statici che intervengono, ciascuno con la propria competenza, nelle diverse fasi con l'obiettivo di dover prevedere, controllare, valutare la qualità e la corretta esecuzione delle indagini diagnostiche.

Ma, ancora, e ciò vale soprattutto per la “Parte 2”, in cui si propone – per la prima volta – un vero e proprio Capitolato Speciale d'Appalto, il volume costituisce un utilissimo “faro” anche per le stazioni appaltanti, nonché per la committenza privata, procedendo non solo a dettagliare analiticamente ogni singola metodologia di prova, ma anche ad offrire per ciascuna di essa i riferimenti alla normativa tecnica ed alle procedure operative da seguire per la corretta esecuzione.

Tale documento, perfettamente in linea con le prescrizioni dettate dalla Circolare n. 633/STC del 03/12/2019, potrebbe consentire, una volta recepito, ad esempio, nei Bandi e/o nei Disciplinari delle procedure di affidamento dei servizi, di determinarne con precisazione l'oggetto, ma anche di fissare, in via preventiva ed “oggettiva” i requisiti dei partecipanti (in armonia con le autorizzazioni in corso di rilascio ai “nuovi” laboratori, e quindi con le disposizioni della stessa Circolare). In tal modo, si avrebbe l'indubbio vantaggio di eliminare – o quanto meno di ridurre – le incertezze che, come è immaginabile, potrebbero presentarsi in sede di prima operatività dei suddetti “soggetti gestori”, contribuendo notevolmente a ridurre le contestazioni ed il contenzioso, che indubbiamente rallentano il complessivo procedimento di selezione e quello successivo di esecuzione.

Riteniamo, quindi, che si tratti di un notevole contributo al “giovane” – disciplinarmente parlando – settore delle c.d. PnD, che tanta attenzione ha ricevuto del Legislatore negli ultimi anni, e che di recente, proprio con la riforma dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con la successiva attuazione a mezzo della Circolare n. 633/2019/STC, ha finalmente visto riconosciuta quella “dignità” e quell'autonomia che tanto venivano invocate dai tecnici e dai professionisti certificati, che da anni operano nel settore, pur tra mille difficoltà ed incertezze, date proprio dall'assenza di una vera e propria disciplina cogente, ma sempre con notevole competenza ed esperienza, oltre che con importante

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

“impegno”, anche economico, in termini formativi e di aggiornamento.

Auspichiamo, quindi, che l’opera possa trovare una quanto mai ampia diffusione tra gli operatori del settore, pubblici e privati, così che la stessa possa contribuire alla piena realizzazione del fondamentale sistema delineato per l’effettuazione delle prove possa, nel rispetto dei principi – che costituiscono anche obiettivi da raggiungere – dell’indipendenza, dell’imparzialità, dell’integrità, della qualità, della certificazione e dell’affidabilità. Principi che tanto cari sono stati in sede di redazione della Circolare, al Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Prof. Ing. Donato Carlea, a tutto il valente staff del Servizio Tecnico Centrale, ed anche agli stessi operatori del settore che hanno avuto l’opportunità ed il privilegio di partecipare fattivamente alle audizioni disposte, e che, non a caso, si trovano sanciti ed espressi, a chiare lettere, nel testo della stessa.

Giovanni Menditto

*Professore Ordinario i.q.
di Scienza e Tecnica delle Costruzioni
presso l’Università Politecnica della Marche*

Salvatore Menditto

*Professore a.c.
di Legislazione delle Opere Pubbliche e Diritto Amministrativo
presso l’Università Politecnica delle Marche,
libero professionista*

PREMESSA

Gli ultimi dieci anni sono stati caratterizzati da una serie di eventi calamitosi, crolli, terremoti, alluvioni, di grande evidenza mediatica che hanno richiamato l'attenzione sulla manutenzione periodica e sicurezza in esercizio delle strutture, non solo dell'opinione pubblica ma anche del mondo accademico e delle professioni. Proprio per questo sia le Linee guida che la normativa tecnica hanno recepito l'urgenza di un approccio chiaro ed univoco nella determinazione delle caratteristiche di prestazione residua di un'opera, finalizzato alla verifica statica, periodica, in esercizio piuttosto che alla verifica di vulnerabilità sismica. L'indirizzo è stato quello di non limitare più la "conoscenza" dei materiali, e delle relative caratteristiche meccaniche in situ, ad un'assunzione qualitativa di parametri di progetto ma di richiedere che questa derivasse da dati oggettivi e sperimentali. La Legge 14 giugno 2019, n. 55, di Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 18 aprile 2019, n. 32, recante «Disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l'accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici», ha modificato l'art. 59, comma 2, lettera *c-bis*), del D.P.R. n. 380/2001, Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, introducendo la possibilità, da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), di autorizzare, con proprio decreto, un nuovo soggetto: il Laboratorio per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti.

I criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui all'art. 59, comma 2, del D.P.R. n. 380/2001 è disciplinato dalla Circolare C.S.LL.PP. n. 633/STC del 3 dicembre 2019.

La riproducibilità e la ripetibilità dei risultati sperimentali è garantita dal Laboratori di prova e l'autorizzazione rilasciata dal MIT risponde alla necessità di assicurare, al Professionista che opera nel settore della Diagnostica sulle costruzioni esistenti, che il Laboratorio, che esegue le Prove non Distruttive (PnD), possieda specifici requisiti minimi, come: indipendenza, tracciabilità dei risultati, formazione e certificazione del personale, qualità ed efficienza delle attrezzature. In tal modo, definendo i requisiti minimi di accesso, il MIT a garanzia della pubblica incolumità ha prescritto le procedure di gestione delle attività sperimentali e di certificazione delle prove, migliorando l'applicazione delle norme tecniche nel settore dei lavori e delle opere di ingegneria civile che riguardano il patrimonio edilizio esistente. Infatti il quadro normativo, introdotto

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018, della relativa Circolare C.S.LL.PP del 21 gennaio 2019 n. 7, ed ai diversi provvedimenti attuativi predisposti dal Consiglio Superiore dei LL.PP. (quali Linee Guida ed Istruzioni), ha dato grande rilevanza alle attività sperimentali in situ che devono essere espletate durante l'esercizio: le ispezioni e l'esame visivo, e le PnD, sempre prima di un intervento di consolidamento, miglioramento, adeguamento.

Il testo è articolato nelle seguenti parti:

a) Parte 1

- Cap. 1 - La progettazione delle indagini sugli edifici esistenti.
- Cap. 2 - La programmazione e l'esecuzione delle indagini.
- Cap. 3 - Il laboratorio prove.

b) Parte 2

- Cap. 1 - Lo schema di contratto d'appalto.
- Cap. 2 - Il capitolato speciale d'appalto.

La parte 1, affronta le tematiche specifiche della progettazione, programmazione ed esecuzione delle indagini, finalizzate alla determinazione della capacità di prestazione di nuove strutture e costruzioni esistenti ed i requisiti del laboratorio di prove PnD. Nello specifico l'aspetto più innovativo della Circolare C.S.LL.PP. n. 633/STC/2019, come condizione necessaria per i Laboratori ufficiali ed autorizzati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, all'esecuzione ed alla certificazione delle prove nei vari ambiti e settori, è rappresentato dal requisito che garantisce la formazione e la capacità tecnica del personale che esegue le prove; requisito che si concretizza nella certificazione del personale tecnico addetto alle Prove non Distruttive (PnD) nel settore dell'ingegneria civile secondo la UNI/PdR 56:2019.

La parte 2 è la vera novità editoriale e contiene quella che è, per gli addetti ai lavori, lo strumento operativo. Consta di due capitoli, nel primo viene proposta la parte contrattuale, con la quale si disciplinano le modalità di affidamento ai Laboratori delle indagini diagnostiche, nel secondo il Capitolato speciale d'appalto, il cuore e la peculiarità del volume, che è stato diviso in sezioni ciascuna delle quali è riconducibile ad uno specifico prodotto strutturale (calcestruzzo, acciaio, muratura, legno) o ad un preciso elemento strutturale (soffitto, palo, ecc.), contenente gli specifici articoli delle tecniche applicabili.

Per ogni articolo, o metodologia di prova non distruttiva, applicata alle strutture in calcestruzzo armato, in muratura, in legno, in acciaio, sono state sinteticamente descritte le finalità ed i limiti della prova, l'attrezzatura necessaria per eseguirla, la procedura operativa dalla preparazione dell'area al ripristino strutturale, quando necessario, i

PREMESSA

contenuti minimi del Foglio Rilevamento Dati (FRD) o del Verbale di prova (VP) e, secondo la normativa vigente, del Certificato o del Rapporto di prova.

Il volume nasce da un'idea originale dell'Ing. V.D. Venturi.

L'Ing. V.D. Venturi ed il Dr. S. Bufarini hanno contribuito con l'esperienza professionale e scientifica all'elaborazione del testo.

L'Arch. S. Lombardo, con la pluriennale competenza editoriale e professionale, ha inoltre curato e coordinato i contributi di tutti gli autori, elaborando disegni e l'organizzazione del testo.

PARTE 1

LE PROVE NON DISTRUTTIVE: LO STATO DELL'ARTE

CAPITOLO 1

LE INDAGINI SUGLI EDIFICI ESISTENTI

1.1 Generalità

La comunità scientifica ed il mondo delle professioni sono unanimi nel ritenere che la progettazione strutturale degli interventi di riparazione, miglioramento e di adeguamento sismico delle costruzioni esistenti, richiede specifiche e qualificate competenze, che non possono essere limitate a quelle che sono genericamente riconducibili alla formazione classica dell'ingegneria civile. Tali competenze possono essere acquisite esclusivamente con percorsi formativi ben definiti e dedicati.

La diagnostica strutturale richiede un approccio interdisciplinare e specialistico che non deve limitarsi al solo ambito formativo tradizionale dell'*ingegnere strutturista*, a quel contesto di argomenti di cui la scienza, la tecnica e la dinamica delle costruzioni sono la base, ma deve prevedere anche tutte quelle conoscenze di tipo, si potrebbe dire, più *umanistico* che possono permettere di leggere la vita e l'esercizio della struttura.

In sintesi, conoscere le tecniche costruttive (*storia dell'architettura*) di un particolare momento storico e correlarle con le informazioni dedotte dalla lettura, per esempio, del libro mastro di un convento (*filologia*), riferirle agli eventi storici coevi della costruzione (*storia*), consente di indirizzare correttamente le indagini e di ottimizzare al meglio le risorse disponibili. Qui di seguito è richiamato un esempio che permette un riscontro immediato della correttezza dell'approccio che si intende proporre.

1.1.1 L'importanza delle indagini in un caso reale

L'evento che costituisce lo spunto per le considerazioni che seguono prende origine dalla comparsa di lesioni verticali sui pilastri in muratura, di grande dimensione, di una chiesa cui era annesso un convento. La tessitura e le caratteristiche della muratura non erano visibili per la presenza dell'intonaco e di grosse lastre di marmo commemorative.

Nel corso del sopralluogo preliminare l'esame visivo ha consentito il rilievo di lesioni verticali, ricondotte, in prima istanza, al probabile schiacciamento della sezione del pilastro; per tale ragione a tutela della pubblica incolumità immediatamente dopo l'ispezione è stata richiesta l'evacuazione del sito e la tempestiva messa in sicurezza dei pilastri lesionati.

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

Progettare le indagini ha dovuto rispondere a due esigenze:

- la prima, di ridurre al minimo l’invasività delle attività sperimentali;
- la seconda, di ottenere informazioni utili per comprendere le cause che avevano provocato il dissesto.

In realtà l’indagine, per le rilevanti caratteristiche storiche del manufatto, ha risposto a esigenze più articolate ed è stata più complessa e diversificata, nelle tecniche, della sintesi che si propone. Nel seguito si considererà solo la parte utile a dimostrare, semplificando, come sia necessario che il progettista degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, possieda una formazione interdisciplinare, specifica nel campo di applicazione della diagnostica strutturale.

Grazie al fatto che la chiesa in oggetto rientra fra i beni monumentali di pregio della città è stato possibile rintracciare i libri mastri presso l’archivio storico di Stato. Come è noto il costume dei monasteri prevedeva una figura di grande rilevanza, il “monaco cellerario”, responsabile della contabilità e dell’amministrazione del patrimonio del monastero che, in epoca medievale, veniva tenuta in maniera molto rigorosa. Il cellerario era anche responsabile della manutenzione e dell’esecuzione di nuovi lavori. La contabilità dei lavori, in termini di maestranze e di forniture, veniva riportata appunto nei libri mastri.

Dalla lettura di questi documenti (*filologia*) è emerso che, in coincidenza con una famosa e devastante eruzione/terremoto (*storia*), vi era stata una sospensione nell’esecuzione dei lavori di costruzione della chiesa; all’eruzione/terremoto, per ovvie ragioni, era seguita una cospicua riduzione delle entrate del convento ed alla ripresa dei lavori, qualche tempo dopo, si è potuto rilevare che mancava (*filologia*) il pagamento delle maestranze più qualificate, ovvero quella degli scalpellini o tagliapietre, addetti alla selezione ed alla squadratura delle pietre.

Da qui si è dedotto che la ricostruzione aveva comportato l’impiego di maestranze meno qualificate ed il ricorso, laddove possibile, all’utilizzo delle macerie provenienti dal crollo, anche di fabbricati meno pregiati; tutto ciò aveva causato che, nella costruzione dei nuovi paramenti e soprattutto dei nuovi pilastri, non erano stati impiegati blocchi di muratura, selezionati e squadrati, atti a confinare correttamente la parte interna della muratura, il sacco, ma erano stati utilizzati blocchi lapidei informi e disposti, presumibilmente, in maniera più o meno disordinata e caotica (*storia dell’architettura*).

Tenuto conto di queste informazioni il piano delle indagini è stato progettato con l’obiettivo, fra l’altro, di individuare e caratterizzare le diverse tipologie di paramenti murari e dei pilastri. Nello specifico sono stati determinati lo stato tensionale d’esercizio con la tecnica del martinetto piatto singolo e le caratteristiche di deformabilità con la tecnica dei martinetti piatti doppi (*diagnostica strutturale*), la stratigrafia, mediante carotaggio ed indagini georadar e tomografia sonica.

Le risultanze ottenute, che paiono dirimenti a chi scrive, hanno restituito valori dello stato tensionale d'esercizio decisamente maggiori nei pilastri realizzati con i blocchi lapidei squadrati, allettati su corsi di malta regolari, con i cantonali ben apparecchiati ed ammorsati rispetto ai pilastri nei quali la muratura era costituita da blocchi irregolari, con spessori di malta variabile, rinzaffati da laterizi, con cantonali di dimensione variabile.

La misura dello stato tensionale agente doveva consentire la validazione del modello di calcolo, derivante dalla discretizzazione (FEM) del sistema e dalla corretta analisi dei carichi (*ingegnere strutturista*). La lettura superficiale dei risultati avrebbe indotto a pensare che il carico sui pilastri più scadenti aveva un valore inferiore, a favore di sicurezza quindi, a quello ottenuto dal modello FEM.

Una conoscenza più approfondita ed una lettura più attenta, come in realtà è stato, ha invece correlato le due differenti modalità costruttive e quindi il maggiore carico sopportato dal paramento del pilastro, confinante correttamente il nucleo centrale, rispetto al pilastro in cui le modalità costruttive, peggiore fattura e più scadente qualità dei materiali, ridistribuiscono il carico sull'intera sezione riducendo il carico unitario ma perdendo completamente l'effetto di confinamento e probabile causa delle lesioni e del possibile spanciamento del pilastro.

1.1.2 La complessità delle competenze

L'esempio ha voluto evidenziare la complessità delle competenze che comporta il corretto approccio alla diagnostica strutturale ed al progetto delle indagini.

Prendere atto dello stato di fatto della costruzione esistente, che consiste nel cercare di definire la lunghezza del periodo di esercizio, la qualità dei materiali, la storia tensionale scaturita dalle trasformazioni che l'organismo ha subito nel corso della sua esistenza fino alla compatibilità di queste condizioni con la sicurezza d'uso e la pubblica incolumità, non sempre, può essere codificato in maniera convenzionale e soprattutto negli edifici storici e di pregio deve essere calibrato ad hoc.

Tale approccio richiede che il progettista delle indagini possieda non solo la conoscenza teorico-pratica delle tecniche di indagine ma anche delle potenzialità e dei limiti interpretativi di ciascun metodo di prova. Solo così l'esito di una campagna di indagini sperimentali può perfezionarsi correttamente nel modello di verifica strutturale e nell'elaborazione della coerente ipotesi di intervento.

Tutto ciò si può sintetizzare nel concetto: *Conoscere per progettare, sperimentare per conoscere.*

1.2 Il piano delle indagini

Il progetto del piano delle indagini sperimentali applicato a strutture e costruzioni esistenti deve prima di ogni cosa rispondere ad una specifica esigenza:

- verifica di vulnerabilità statica e dinamica;
- stima del danneggiamento, derivante da cause antropiche e/o da eventi naturali;
- consistenza e cause del degrado;
- consistenza e cause del dissesto e del quadro fessurativo;
- ecc.

Individuare l'obiettivo delle indagini deve essere chiaro fin da subito mentre la scelta delle specifiche tecniche e la numerosità delle prove deve scaturire dall'esito dell'analisi storico-documentale e dall'esame visivo; il passo successivo è la definizione del modello di calcolo sul quale implementare i risultati sperimentali per estrapolare la risposta strutturale del manufatto e prevedere l'eventuale monitoraggio prima dell'intervento e durante l'esercizio.

Le indagini strutturali sono richieste e vengono eseguite, prevalentemente, in coincidenza di:

- riparazioni o interventi locali;
- interventi di miglioramento sismico;
- interventi di adeguamento sismico.

La ricerca e l'identificazione di un modello di calcolo che meglio possa descrivere il comportamento di un manufatto costituisce una delle fasi più complesse dell'intera procedura di verifica strutturale. Infatti, se si considera l'enorme varietà di costruzioni esistenti, ciascuna caratterizzata da condizioni di esecuzione e di esercizio diverse, si può affermare che ogni verifica di vulnerabilità statica e sismica ed ogni progetto di diagnosi strutturale deve essere affrontato come un prototipo, riconducibile ad uno specifico caso di studio e, per questa ragione, non è possibile indicare procedure di modellazione o tecniche di standardizzazione delle indagini diagnostiche che possono essere generate automaticamente.

Il progetto del piano delle indagini deve dichiarare il proprio obiettivo sperimentale ed in funzione di questo deve essere operata la calibrazione dell'indagine e la scelta delle tecniche sperimentali più coerenti con l'obiettivo previsto. Tutte le scelte devono essere adeguatamente motivate.

1.2.1 L'impossibilità della standardizzazione

Il progetto delle indagini non è standardizzabile e costituisce sempre la sintesi di più esigenze, si può ritenere, a ragione, che ogni volta rappresenti un prototipo:

- a) il progetto delle indagini applicato ad una struttura in carpenteria metallica è assimilabile un approccio standardizzabile (Figura 1.1), per:
- la semplicità di lettura del modello strutturale;
 - l’omogeneità dei materiali;
 - il più affidabile approccio dei controlli in situ.
- b) il progetto delle indagini applicato ad una costruzione in muratura può ritenersi al limite opposto e proprio per:
- la maggiore difficoltà di riconoscere gli eventuali interventi di trasformazione, riparazione o consolidamento realizzati nel corso dell’esercizio dell’opera, e quindi per la conseguente difficoltà di leggere la struttura;
 - le numerose incertezze che derivano in merito agli effettivi stati tensionali agenti;
 - la difficoltà di associare le caratteristiche meccaniche dei materiali base ai singoli elementi strutturali (volte, archi, pilastri, paramenti, ecc.) richiede un approccio mirato e specifico per ciascun manufatto.

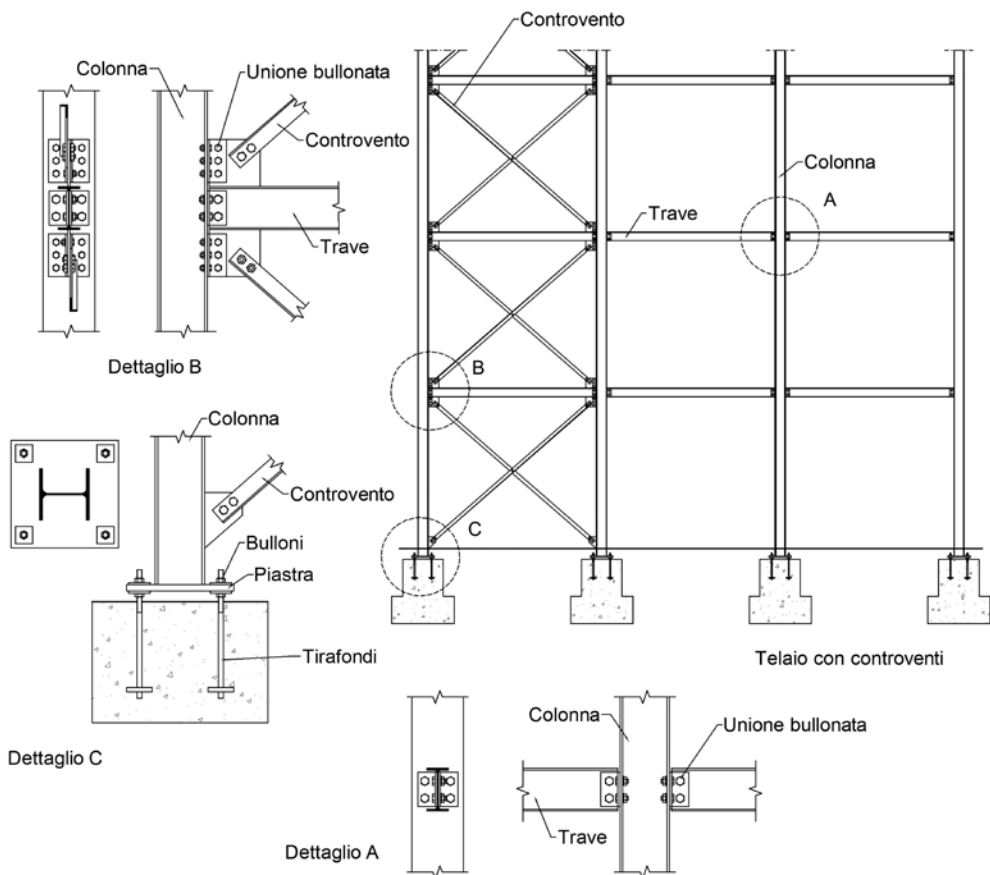


Figura 1.1 – Edificio con struttura in acciaio

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

1.2.2 La conoscenza della struttura

La conoscenza adeguata di una struttura non è sempre conseguibile senza avere previsto preliminarmente la ricerca storica, la ricostruzione della tracciabilità della vita di esercizio, la trasformazione, la riparazione o il consolidamento, del manufatto.

Il livello di conoscenza rappresenta il presupposto fondamentale dal quale devono emergere tutti gli elementi utili per la comprensione sia delle singole e specifiche criticità sia dell'intero comportamento strutturale.

L'affidabilità delle indagini sperimentali, nel caratterizzare la qualità dei materiali, nello stimare la consistenza del degrado, nel validare il modello teorico di calcolo, è strettamente connesso alla buona conoscenza storica del manufatto oggetto delle indagini e della verifica.

È appena il caso di ribadire come il livello di conoscenza e l'analisi storica non sono indipendenti ma complementari fra loro e che proprio da questi, in una sorta di circuito virtuoso, si deve perfezionare il piano delle indagini.

1.3 L'approccio diagnostico alle costruzioni esistenti

L'approccio diagnostico, del quale nel seguito sono richiamate le peculiarità, può essere schematizzato a patto che venga definito preliminarmente il livello di conoscenza che nel merito di una costruzione esistente, oggetto del capitolo 8 delle Norme tecniche per le costruzioni e della relativa Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, prevede le seguenti fasi:

- a) l'analisi storico-critica;
- b) il rilievo strutturale;
- c) la caratterizzazione fisica, chimica e meccanica dei materiali.

I diversi momenti dell'attività diagnostica che sono stati richiamati vengono analizzati criticamente, nel seguito, sia perché fondamentali per le finalità del testo ma soprattutto in quanto indispensabili per la pianificazione e l'organizzazione delle indagini.

1.4 L'analisi storico-critica

1.4.1 Le finalità

L'analisi storica e quindi la conoscenza della storia e dell'esercizio di una costruzione esistente è un'attività che non può essere elusa e che è indispensabile non solo per la stima della valutazione della vulnerabilità e della sicurezza attuale, ma anche per la scelta e per la progettazione degli interventi di ristrutturazione e di consolidamento.

L'analisi storica si propone di comprendere le tecniche costruttive, di quantificare i dissesti e la consistenza del quadro fessurativo e di ricostruirne la genesi, di datare l'insorgere dei fenomeni di degrado, di individuare e storicizzare gli interventi e le manipolazioni antropiche che possono aver variato l'assetto statico originario. Con questo approccio l'indagine storica diventa indagine critica e si propone come riferimento concreto di conoscenza per l'interpretazione del comportamento strutturale.

La conoscenza della storia di un fabbricato è un elemento indispensabile, sia per la valutazione della sicurezza attuale che per la definizione degli interventi e la previsione della loro efficacia.

1.4.2 La ricerca

L'analisi storico-critica inizia con la ricerca e la raccolta di tutti i documenti disponibili in merito all'edificazione del manufatto, quali: elaborati e relazioni progettuali della prima costruzione e degli eventuali successivi interventi; le eventuali relazioni a strutture ultimate o di collaudo. Essa può fornire le informazioni relative a:

- l'epoca di costruzione;
- le tecniche, le regole costruttive e, se esistenti, le norme tecniche dell'epoca di costruzione;
- la forma originaria e le successive modifiche;
- i dissesti subiti ed il degrado materico e delle condizioni al contorno;
- le deformazioni ed il quadro fessurativo, con indicazione, ove possibile, della loro evoluzione nel tempo;
- gli interventi di consolidamento pregressi;
- gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio o il manufatto è parte.

Risulta, in generale, utile anche la conoscenza delle patologie o delle criticità costruttive evidenziate da edifici simili per tipologia ed epoca di costruzione.

In definitiva, questa fase deve permettere di interpretare la condizione attuale dell'edificio come risultato di una serie di vicende statiche e di trasformazioni che si sono sovrapposte nel tempo.

L'analisi storica in estrema sintesi può consistere nel caso più semplice, nella ricerca della documentazione tecnica:

- progetto;
- relazione a strutture ultimate;
- certificato di collaudo,

presso gli uffici che operano il deposito e la custodia (Genio Civile, Uffici tecnici co-

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

munali o delle PP.AA.) piuttosto che, nel caso di costruzioni private, presso gli stessi proprietari. Questa attività diviene più complessa per manufatti antecedenti al 1971 e si evolve in ricerca, strutturata, presso gli archivi storici nel caso di edifici storici e monumentali.

Pagine omesse dall'anteprima del volume

CAPITOLO 2

LA PROGRAMMAZIONE E L'ESECUZIONE DELLE INDAGINI

2.1 Generalità

Nella programmazione delle indagini *in situ* che consente di ottimizzare tempi e risorse, è opportuno che preliminarmente all'avvio di una campagna sperimentale siano correttamente definiti⁽¹⁾:

- lo scopo delle indagini;
- le metodologie di prova;
- le condizioni al contorno e i limiti strumentali, operativi e logistici.

Definire lo scopo della campagna sperimentale è prioritario per la corretta pianificazione delle tecniche d'indagine la cui scelta, ed ubicazione, deve essere subordinata alla loro disponibilità sul territorio oltre che alla compatibilità dei limiti, strumentali e di accettazione dei risultati, con gli obiettivi dell'indagine.

Ad esempio, vi sono metodiche molto semplici, economiche e non invasive, che sono però condizionate da diversi fattori e che solo in alcuni casi specifici sono coerenti con gli obiettivi dell'indagine; per tutti la determinazione dell'indice sclerometrico o della velocità di propagazione di onde ultrasoniche. Di converso approcci più sofisticati, come per l'esempio l'analisi dinamica, perdono di significato se non vengono adeguatamente supportati da modelli interpretativi altrettanto raffinati. Per questa ragione il progetto di un'indagine, che deve essere una prerogativa assoluta del professionista incaricato delle verifiche, può privilegiare un campione statisticamente ridotto (per esempio di carotaggi) invece della proliferazione di risultati, solo numericamente congrui e rappresentativi, ma che sono sperimentalmente dispersi o non significativi.

Un altro aspetto al quale non si attribuisce grande importanza è la possibilità che le attività sperimentali possano, ed in alcuni casi debbano, essere rimodulate in funzione

1. Bungey J.H. e Millard S.G., *Testing of Concrete in Structures*, Blackie Academic & Professional, Cambridge 1996.

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

dei risultati via via acquisiti; in questo caso si deve operare la valutazione contestuale in corso d'opera. Questo approccio richiede di realizzare la migliore sinergia ed il migliore coordinamento fra il laboratorio, ufficiale o autorizzato, che esegue le prove e il professionista incaricato delle verifiche.

2.2 Il Progetto delle indagini strutturali

Il progetto delle indagini strutturali, redatto a cura del tecnico incaricato dal committente, deve contenere i seguenti elementi minimi:

- a) relazione tecnica generale con descrizione delle diverse tecniche previste, delle finalità e dei limiti di ciascuna, della definizione del numero delle prove per ciascuna tipologia, il tutto riferito livello di conoscenza richiesto o proposto;
- b) elaborati grafici con l'ubicazione delle zone e delle aree di prova;
- c) schema del contratto d'appalto;
- d) capitolato speciale d'appalto delle prove (PnD) e dei prelievi;
 - cronoprogramma delle indagini;
 - competenze e procedure degli interventi di ripristino strutturale e non;
- e) piano operativo di sicurezza ex D.Lgs. n. 81/2008.

Il piano delle indagini può essere efficacemente ottimizzato, in relazione sia alla tipologia delle prove che alla loro ubicazione, dall'esito dell'analisi storica dalla quale deve essere possibile estrapolare gli elementi relativi alle caratteristiche geometriche, costruttive e della qualità dei materiali e del degrado. Negli edifici più recenti questa documentazione può consistere nella Relazione a strutture ultimate o nel Certificato di collaudo mentre negli edifici storici la ricerca può essere più complessa e soprattutto con risultati incerti. L'assenza o l'impossibilità di reperire queste informazioni influenza vistosamente le caratteristiche del piano di indagine aumentandone la loro onerosità ed invasività.

In relazione al livello di conoscenza (LC) da intendersi come indice della conoscenza conseguito in maniera documentale e dalle indagini, le Norme tecniche per le costruzioni attribuiscono i fattori di confidenza (FC) attraverso i quali si riducono i valori attribuiti ai parametri meccanici dei materiali in maniera da assicurare il medesimo requisito di sicurezza d'uso.

I valori dei fattori di confidenza possono essere differenziati in funzione dei diversi materiali o degli specifici elementi strutturali.

2.3 La tipologia di prove e la consistenza delle indagini sulle strutture

2.3.1 Generalità

Come previsto al § 8.5.3. delle Norme tecniche per costruzioni, le prove di caratterizzazione meccanica dei materiali di cui alla Circolare 8 settembre 2010 n. 7617, il prelievo dei campioni e l'esecuzione delle stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'art. 59, comma 2, lett. *c-bis*) del D.P.R. n. 380/2001.

Di seguito si riassumono in maniera non esaustiva le possibili indagini:

– *indagini visive*: le indagini visive hanno lo scopo di rilevare geometria, materiale e stratigrafia degli elementi strutturali indagati.

L'indagine visiva deve rendere possibile l'adozione tempestiva di tutti quegli interventi, urgenti, di messa in sicurezza che, l'evidenza del fenomeno rilevato, rendesse necessari per la tutela della pubblica incolumità. L'esame visivo deve consentire di valutare qualitativamente, ma con criteri oggettivi, la consistenza dell'ammaloramento di una struttura e la sua, conseguente, residua capacità di prestazione, l'eventuale omogeneità dei materiali, la geometria delle strutture.

– *indagini sugli elementi strutturali di calcestruzzo* sono quelle attività che vengono poste in essere per determinare specifiche grandezze necessarie a caratterizzare le strutture ed i materiali. Nel seguito vengono richiamate le più comuni associate alle relative prove: la posizione e la direzione delle armature, la stima del diametro delle barre e dello spessore del copriferro in strutture in c.a. e c.a.p. mediante l'esecuzione di prova magnetometrica; la determinazione della resistenza a compressione su provini cilindrici estratti mediante carotaggio o mediante le prove ultrasoniche, le prove sclerometriche, le prove di estrazione; la determinazione della carbonatazione su prelievi di calcestruzzo preferibilmente, a frattura fresca; la resistenza a rottura, snervamento, allungamento con prove di trazione su barre di armatura d'acciaio prelevate da elementi strutturali, o estrapolate da prove di durezza in situ;

– *indagini sulle murature* sono rappresentate, in genere, da indagini debolmente distruttive come: carotaggi, martinetti piatti – sia in configurazione semplice che doppia – indagini endoscopiche, indagine sonica, indagine radar, indagine termografica, ecc.;

– *indagini sui solai* le più frequenti sono: le prove di carico, l'indagine termografica, le prove magnetometriche, le indagini acustiche, le indagini radar, ecc.;

– *indagini sulle fondazioni* oltre ad accertare la qualità dei materiali, con il ricorso alle tecniche già esposte, si propongono di determinare: la tipologia, la geometria, l'eventuale stato di degrado delle strutture fondali;

– *indagini geologiche e di caratterizzazione geotecnica e le prospezioni sismiche* devono essere definite ed attuate sulla base dell'inquadramento geologico della zona ed in funzione dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

geologica di dettaglio e ai relativi parametri caratteristici geotecnici e geofisici.

Tutte le prove devono essere opportunamente individuate in relazione alla tipologia strutturale del fabbricato e devono seguire le indicazioni della norma UNI, UNI EN, ecc. di riferimento.

Gli esiti delle indagini devono essere documentati attraverso *certificati di prova* (o rapporti di prova) dettagliati e corredati da report fotografici, risultati di laboratorio, schede grafiche relative ai particolari costruttivi.

Il numero delle prove necessario per la caratterizzazione fisica, chimica e meccanica dei materiali e del degrado deve essere statisticamente rappresentativo e tale da consentire la stima affidabile e ripetibile del parametro cercato.

Per conseguire sperimentalmente lo specifico livello di conoscenza, indicato dal committente o dal direttore dell'esecuzione, l'indagine deve essere tale da:

- raggiungere la numerosità del campione che risulti statisticamente rappresentativa della caratteristica richiesta;
- mitigare il danno strutturale.

La rappresentatività statistica può essere raggiunta determinando le caratteristiche meccaniche, fisiche, chimiche, mediante l'esecuzione di prove dirette ma può anche essere soddisfatta riducendo il numero di grandezze dirette integrando il campione, in maniera adeguata, con grandezze indirette ottenute dalle prove indirette o non distruttive. Le modalità con cui si può operare questa riduzione trovano un riscontro oggettivo, per esempio, nella presenza nel manufatto di aree omogenee, per la qualità dei materiali o per la serialità della produzione.

Mitigare il danno strutturale richiede invece competenze specifiche che prevedono la verifica locale del danno indotto dall'attività sperimentale, dal prelievo alla prova di carico, alle valutazioni, professionalmente soggettive, sull'essenzialità del parametro che si vuole determinare rispetto al danno irreversibile che provoca. Un esempio per tutti è rappresentato dal prelievo di barre o di carpenteria per il quale, la gran parte delle volte, non è proprio essenziale eseguire la prova di trazione per caratterizzare l'acciaio ed è, invece, preferibile un approccio meno invasivo come quello del rilievo della geometria, della barra o del profilato integrato con la valutazione della durezza e della composizione chimica.

Nell'ambito dei controlli non distruttivi (PnD) i cosiddetti metodi combinati, ovvero le tecniche di sperimentazione mista alternativi al carotaggio, sono impiegati con successo da diversi anni. È opportuno precisare che se per le ragioni esposte le prove non distruttive devono essere privilegiate per la loro ridotta invasività per l'altro, in alcuni casi, la maggiore dispersione può determinare un'eccessiva penalizzazione nelle verifiche strutturali.

Nelle costruzioni esistenti è quasi sempre opportuno il ricorso alle prove non distruttive che consenta proprio la mappatura dell'omogeneità della qualità dei materiali e mediante la quale, con un approccio dinamico, sia possibile affinare, statisticamente, il campione. Nel caso in cui l'esigenza di indagini in situ prenda origine da un contenzioso, l'unica possibilità di ricorso alle prove non distruttive risiede nell'esistenza di curve di calibrazione, predisposte specificatamente prima della fornitura e accettate dalle parti in causa. In assenza della curva di calibrazione sono invece assolutamente da evitare.

2.3.2 Le incertezze nei risultati sperimentali

Le incertezze nei risultati sperimentali delle attività di diagnostica strutturale applicata alle costruzioni esistenti sono di tipo:

- *deterministico*, quando le grandezze sperimentali presentano un margine di incertezza del tutto trascurabile;
- *aleatorio*, quando le grandezze sperimentali sono associate alla variabilità intrinseca della struttura con riferimento alle proprietà dei materiali (resistenza a compressione o a taglio della muratura, resistenza a compressione del calcestruzzo, resistenza allo snervamento dell'acciaio, ecc.);
- *epistemico*, quando le grandezze sperimentali si riferiscono alle incertezze legate all'insufficiente conoscenza dell'organismo strutturale: l'efficacia o meno dell'amorsamento tra le pareti, la capacità dei solai di ripartire le azioni orizzontali, la difficoltà di individuare le diverse tipologie murarie in uno stesso manufatto, disposizione e dettagli costruttivi dell'armatura in punti singolari: ai nodi, all'interpiano, lo stato di precompressione, ecc.

Pagine omesse dall'anteprima del volume

CAPITOLO 3

IL LABORATORIO PROVE

3.1 I laboratori ufficiali

Il Laboratorio prove sui materiali strutturali, nell'accezione moderna fa la sua comparsa nel mondo delle costruzioni negli anni settanta, immediatamente dopo la pubblicazione della Legge n. 1086/1971.

Con la Legge n. 1086/1971 venivano aggiornate le Norme tecniche per le costruzioni fino ad allora riferite al R.D. n. 2229 del 16 novembre 1939 che prevedeva nell'allegato A i laboratori sperimentali annessi alla cattedra di Scienza delle Costruzioni delle Facoltà di Ingegneria di nove Università, oltre il laboratorio del Regio Istituto Sperimentale delle Comunicazioni (sezione ferroviaria). In tutto dieci laboratori per l'intero territorio nazionale.

Oggi, agli effetti dell'art. 59, comma 1 del D.P.R. n. 380/2001, sono considerati laboratori ufficiali:

- a) i laboratori degli istituti universitari dei politecnici e delle facoltà di ingegneria e delle facoltà o istituti universitari di architettura;
- b) il laboratorio di scienza delle costruzioni del centro studi ed esperienze dei servizi antincendio e di protezione civile (Roma);
- b-bis*) il laboratorio dell'Istituto sperimentale di rete ferroviaria italiana spa;
- b-ter*) il Centro sperimentale dell'Ente nazionale per le strade (ANAS) di Cesano (Roma), autorizzando lo stesso ad effettuare prove di crash test per le barriere metalliche.

3.2 I laboratori autorizzati

3.2.1 La prima autorizzazione

Negli anni settanta, gli effetti del boom economico e l'espansione urbanistica richiedevano una più capillare presenza di laboratori sul territorio nazionale e, soprattutto, che questa fosse in grado di assicurare tempi ed assistenza compatibili con l'andamento dei lavori. Sarebbe però una forzatura pensare che i legislatori di allora avessero previsto

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

di allargare a soggetti non pubblici, ovvero di diritto privato, quella che era ritenuta una peculiarità esclusiva del mondo universitario, per il quale non era previsto il possesso di particolari requisiti.

La Legge n. 1086/1971, art. 20 - comma 1 ha confermato il ruolo ex lege dei laboratori ufficiali delle Università, esteso però alle facoltà di Ingegneria ed Architettura, riservando alle amministrazioni periferiche pubbliche, gli uffici tecnici delle Province, i laboratori degli istituti tecnici, ecc., il ruolo subordinato di laboratori autorizzati, soggetti a regolamentazione, rinnovo e revoca.

Puntando sulla genericità e sulle “ambiguità legislative” dell’art. 20 della Legge n. 1086/1971, l’ing. Marcello Mancini del laboratorio Sigma di Firenze, insieme a pochi altri, fra i quali ricordiamo con piacere l’ing. Federico Giuliani del laboratorio Giepi di Foggia e l’ing. Bernardino Chiantini del laboratorio Geotec di Siena, interpretando positivamente la definizione di “laboratori autorizzati” citata dal comma 2 dell’art. 20, ottennero la facoltà, anche per soggetti di diritto privato, di richiedere l’autorizzazione ad eseguire e certificare le prove sui materiali da costruzione.


Grazie alle capacità tecniche dell’ing. Marcello Mancini ed alla sua tenacia nel 1975 furono finalmente rilasciate a società private (Figura 3.1) le prime autorizzazioni. Nascevano così i cosiddetti laboratori autorizzati, alternativi ai laboratori universitari ufficiali. S’interrompeva in tal modo il monopolio durato oltre sessanta anni e che aveva visto come unici arbitri, nel caratterizzare la qualità dei materiali da costruzione, poche università, spesso distratte da interessi scientificamente più elevati, come la ricerca applicata, la sperimentazione di nuovi materiali e modelli e poco interessate alle esigenze del “mondo reale”.

Alle prime autorizzazioni ne seguirono tante altre (Figura 3.2), dapprima disciplinate da regole incerte integrate, di volta in volta, da prescrizioni e requisiti sempre più dettagliati e stringenti. Solo dopo oltre un decennio dalla prima autorizzazione, i requisiti minimi da possedere per richiedere il rilascio della autorizzazione, vengono finalmente definiti in una specifica Circolare che diviene, negli anni a seguire, sempre più circostanziata ed articolata.

La prima Circolare è la n. 29233 del 29 ottobre 1987, l’ultima è la n. 7617/STC del 8 settembre 2010 (Settore A comprendente le prove sui calcestruzzi, acciai, laterizi, leganti idraulici e Settore B comprendente le prove sul legno massiccio, legno lamellare, pannelli a base di legno). La circolare 7617/STC/2018 prevede anche la possibilità facoltativa di autorizzare, in estensione, una serie di prove in laboratorio ed in situ (Figura 3.3).

Modulario
L.P.C./409

Mod. 39



A Ministro Segretario di Stato

PER I LAVORI PUBBLICI

N. 14105/S.T.C.

VISTA la legge 5 Novembre 1971 n.1086, concernente le "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

VISTO che in base all'art.20 della citata legge, possono essere autorizzati laboratori non ufficiali ad eseguire prove sui materiali;

VISTA la domanda con la quale l'Ing. Marcello Mancini ha chiesto il rilascio di detta autorizzazione per il proprio Laboratorio "SIGMA" di prove materiali con sede in Firenze;

ACCERTATO che in base alla documentazione presentata il Laboratorio detto dispone di:

- a) locali idonei;
- b) attrezzature tecnico-scientifiche ed organizzazione amministrativa adeguata;
- c) personale qualificato;

VISTO il voto n. 144/73 del 9 Ottobre 1975 con il quale il Consiglio Superiore dei LL.PP., ha espresso parere favorevole all'accoglimento dell'istanza dell'Ing. Marcello Mancini

D E C R E T A

ART. 1) - Il Laboratorio "SIGMA" di prove materiali dell'Ing. Marcello MANCINI con sede in Firenze - Via Ferrarini, 17, è

./.

SECRETARIO

BOCCALINI

Figura 3.1 – Primo decreto di autorizzazione del Laboratorio Sigma di Firenze, 1975

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

2.

autorizzato ad effettuare le prove sui materiali da costruzione, ai sensi e per gli effetti dell'art.20 della Legge 5 Novembre 1971 n.1086;

ART. 2) - Il Laboratorio stesso sarà soggetto al controllo di una Commissione Ministeriale di Vigilanza alla quale spetta di verificare il permanere dei requisiti e delle condizioni avanti indicati.

Il presente decreto ha validità biennale ed è, a richiesta, rinnovabile.

Roma, 11



IL MINISTRO

[Handwritten signature]

l.^m Bucalossi

segue Figura 3.1

MODULARIO
L.P.C./408

Mod. 39



Al Ministro dei Lavori Pubblici

N. 23220

VISTA la legge 5 novembre 1971, n. 1086, concernente le "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

VISTO l'art. 20 della citata legge che consente di autorizzare anche laboratori non ufficiali ad effettuare prove sui materiali da costruzione;

VISTA la domanda presentata in data 23/5/1982, con la quale il Dr. Angelo MULONE, in qualità di legale rappresentante del Laboratorio SIDERCEM s.r.l. - con sede in Misterbianco (CT), Via G. Matteotti 202/A - ha chiesto il rilascio dell'autorizzazione prevista dal citato articolo in favore del suddetto Laboratorio;

ACCERTATO che il Laboratorio è fornito di:

- a) locali idonei;
- b) apparecchiature e macchine idonee e sufficienti per le prove sui calcestruzzi e sugli acciai;
- c) personale addetto qualificato;

VISTO il voto n. 382, reso nell'adunanza del 20/10/1982, con il quale la 1^a Sezione del Consiglio Superiore dei LL.FF. ha espresso parere favorevole all'accoglimento dell'istanza di autorizzazione del Laboratorio SIDERCEM di Misterbianco,

D E C R E T A :

Art. 1 - Il Laboratorio SIDERCEM s.r.l. - con sede in Misterbianco (CT), Via G. Matteotti, 202/A - è autorizzato ad effet-

/.

ISTITUTO POLITECNICO E ZECCA DELLO STATO - S.

Figura 3.2 – Primo decreto di autorizzazione del Laboratorio Sidercem di Misterbianco, 1983

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

tuare prove sui materiali da costruzione ed a rilasciarne i relativi certificati, ai sensi dell'art.20 della legge 5/11/1971, n.1086.

Art.2 - Il predetto Laboratorio sarà soggetto al controllo di una Commissione Ministeriale di Vigilanza alla quale spetta di verificare il mantenimento delle condizioni di idoneità accertate. Inoltre, è prescritto l'obbligo della taratura delle macchine di prova, a cura di un Istituto Universitario, con frequenza almeno semestrale.

Art.3 - La validità della presente autorizzazione ha la durata di anni due e potrà, a richiesta, essere prorogata con successivo decreto.

Roma, li 14 GEN 1983



MINISTRO

Manzoni

segue Figura 3.2

CAP. 3 – IL LABORATORIO PROVE

MODULARIO
LL. PP. L/381



MOD. 22

*Ministero dei Lavori Pubblici
Presidenza del Consiglio Superiore
Servizio Economico Centrale*

Roma _____ *19* _____

All Laboratorio SIDERCEM
Via G. Matteotti, 202/A
MISTERRIANCO (CT)

N.º 23220 _____

Richiesta a nota del 22/6/1982
N.º _____ *Div.* _____

OGGETTO : Legge 5/11/1971, n.1086 - art.20. Richiesta rilascio
autorizzazione laboratorio prove materiali da costru-
zione.

Con riferimento all'istanza a suo tempo presentata,
si trasmette in allegato il Decreto Ministeriale di autorizza-
zione per codesto Laboratorio ed eseguire prove sui materiali
da costruzione ed a rilasciarne relativa certificazione, ai
sensi della legge sopraindicata.

IL SEGRETARIO GENERALE

f.º De Cuiatano

China Fotocopia - Minista LL. 381

segue Figura 3.2

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

M_INF.CSLP.REG.ATTI.INT.CONSUP.R.0000211.11-04-2019

Documento sottoscritto con firma digitale ai sensi del D.Lgs. 82/2005 art. 21



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale*

IL PRESIDENTE

Visto l'art. 20 della legge n° 1086 del 05.11.1971, concernente le “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”, che consente di autorizzare anche Laboratori non ufficiali ad effettuare prove sui materiali da costruzione;

Visto il D.P.R. 06.06.2001 n. 380, concernente il “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;

Visto l'art. 59 del citato D.P.R. che consente di autorizzare anche laboratori non ufficiali ad effettuare prove su materiali da costruzione, comprese quelle geotecniche su terreni e rocce, come modificato dalla Legge 7 agosto 2012 n. 134;

Visto il decreto legislativo 30 marzo 2001 n. 165, recante “Norme generali sull’ordinamento del lavoro alle dipendenze delle amministrazioni pubbliche” e successive modifiche ed integrazioni;

Visto il decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018 n. 42, recante l’aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;

Vista la Circolare della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7617/STC dell’8.09.2010;

Visto il D.M. n° 23220 del 14.01.1983, con cui è stata rilasciata al laboratorio “SIDERCEM s.r.l.” di Misterbianco (CT) l’autorizzazione ad eseguire prove sui materiali da costruzione ed a rilasciare le relative certificazioni, e successivi rinnovi con i quali si estendeva l’autorizzazione anche ad alcune prove facoltative (prove di taglio su viti, prove di trazione verticale su viti, prove di trazione con appoggio a cuneo su viti, prove di tenacità su viti e dadi, prove di strappo su bulloni, prove di carico su dadi, prove di durezza su dadi, prova di composizione chimica degli acciai, prova di durezza su campioni di acciaio, prova di carico su pali e micropali, prelievo di carota cilindrica, analisi spettrometrica in situ di barre a.m. e lamiere, durezza in situ di barre a.m. e lamiere), da ultimo il D.M. n° 3249 del 16.05.2014, con efficacia fino alla data del 11.04.2019;

Vista la domanda recepita dal Servizio Tecnico Centrale con prot. n° 8725 in data 11/10/2018 con la quale il predetto laboratorio ha richiesto l’ulteriore rinnovo della medesima autorizzazione e l’estensione ad ulteriori prove facoltative ai sensi del punto 5 della Circolare n. 7617/2010 (prelievo in situ di barre a.m. e lamiere);

Figura 3.3 – Decreto di autorizzazione vigente, con le prove in estensione, del Laboratorio Sidercem di Misterbianco, 2019

CAP. 3 – IL LABORATORIO PROVE

Visto l'esito favorevole dell'istruttoria eseguite dal Servizio Tecnico Centrale sulla documentazione presentata;

Considerato che il laboratorio possiede i requisiti per l'esecuzione e certificazione delle prove sui materiali da costruzione con le ulteriori prove facoltative richieste, in termini di attrezzature, personale e procedure operative;

DECRETA

Art.1 – E' rinnovata l'autorizzazione ad effettuare e certificare prove sui materiali da costruzione al laboratorio "SIDERCEM s.r.l." di Misterbianco (CT) - Via G. Agnelli n° 22 - 95045 Misterbianco (CT), con estensione alle seguenti prove facoltative, così definite ai sensi del punto 5 della Circolare n. 7617/2010:

- prove di taglio su viti (Rescissione);
- prove di trazione verticale su viti;
- prove di trazione con appoggio a cuneo su viti;
- prove di tenacità su viti e dadi;
- prove di strappo su bulloni;
- prove di carico su dadi;
- prove di durezza su dadi;
- prova di composizione chimica degli acciai;
- prova di durezza su campioni di acciaio;
- prova di carico su pali e micropali;
- analisi spettrometrica in situ di barre a.m. e lamiere;
- durezza in situ di barre a.m. e lamiere.

Art.2 - Il predetto laboratorio è soggetto al controllo di questo Ministero cui spetta verificare il mantenimento delle condizioni di idoneità accertate.

Art.3 – E' confermato l'obbligo del controllo esterno di taratura delle macchine di prova da effettuarsi con frequenza almeno annuale a cura di un Istituto Universitario, di Politecnico, di Facoltà di Ingegneria, di Facoltà o Istituto Universitario di Architettura o da organismi terzi di taratura appositamente accreditati secondo i regolamenti vigenti nel settore. E' prescritta la stretta osservanza di tutte le disposizioni contenute nella normativa vigente; in particolare è indicato l'assoluto divieto di istituire centri di raccolta o centri attrezzati per le prove fuori della sede autorizzata e di emettere certificati di prove che non siano state effettuate nei locali, con il personale, con le attrezzature e con le procedure del laboratorio, fatte salve eventuali prove da eseguire in situ. E' prescritto altresì l'obbligo di esporre al pubblico copia del decreto

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

di autorizzazione e la adozione di stampati nei quali sia evidente l'identificazione del laboratorio che emette le certificazioni.

Art.4 - Il Direttore responsabile del laboratorio è l'Ing. Vincenzo VENTURI.

Art.5 - Per qualsiasi modifica nella compagine societaria, nell'organico del personale o nell'ubicazione del laboratorio, dovrà essere preventivamente richiesto apposito nulla-osta al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Art.6 - Il presente Decreto ha efficacia quinquennale a decorrere dal 12/04/2019 e potrà, a richiesta, essere ulteriormente rinnovato con successivo Decreto. La richiesta di rinnovo dovrà essere inoltrata almeno sei mesi prima della data di scadenza, completa della documentazione richiesta dalla Circolare Ministeriale n° 7617/STC dell'8.09.2010.

Art. 7 - L'autorizzazione di cui al presente Decreto può essere sospesa o revocata in qualsiasi momento per violazioni o inosservanze delle disposizioni riportate nella Circolare n° 7617/STC, in particolare per eventuali sopravvenute carenze riguardanti le attrezzature, i locali ed il personale addetto, ovvero per accertate inadempienze rispetto alle prescrizioni di cui ai precedenti artt. 3 e 5.

Prof. Ing. Donato CARLEA

Carlea Donato

Donato Carlea
05 apr 2019 17:22

Il Dirigente della Div. 1 - STC
Ing. Emanuele Renzi



3.2.2 Le prove in situ

L'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 prefigurava oltre i laboratori autorizzati ad eseguire “prove sui materiali da costruzione” anche i laboratori autorizzati ad eseguire prove su terre e rocce, disciplinati inizialmente dalla Circolare n. 349/STC del 16 dicembre 1999 e successivamente dalla vigente Circolare n. 7618/STC del 8 settembre 2010 (Settore A relativo alle prove sulle terre, Settore B relativo alle prove sulle rocce).

Sia l'art. 20 del Legge n. 1086/1971 che il citato art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, definiscono l'attività dei laboratori come “*servizio di pubblica utilità*”.

Il settore che è rimasto per diversi anni non soggetto a regolamentazione, pur avendo un'inevitabile ricaduta sulla qualità, sulla sicurezza e sul monitoraggio in fase di esercizio, è quello dei controlli sulle nuove strutture e sulle costruzioni esistenti, spesso assimilato “tout court” alle Prove non Distruttive (PnD) nel campo industriale.

La Legge 14 giugno 2019, n. 55, di Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 18 aprile 2019, n. 32, recante “disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l'accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici”, ha modificato l'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, introducendo al comma 2, lett. *c-bis*) la possibilità, da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, di autorizzare con proprio decreto, anche Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su nuove strutture e costruzioni esistenti.

Tale settore di autorizzazione, di nuova introduzione, affianca l'autorizzazione di laboratori nei settori precedentemente citati e relativi, come è noto, ai settori per l'effettuazione e certificazione:

- di prove sui materiali da costruzione (D.P.R. n. 380/2001, art. 59, comma 2, lett. *a*); Circolare n. 7617/STC/2010);
- di prove su terre e rocce (D.P.R. n. 380/2001, art. 59, comma 2, lett. *c*); Circolare n. 7618/STC/2010).

Pagine omesse dall'anteprima del volume

PARTE 2
LE PROVE NON DISTRUTTIVE:
IL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

CAPITOLO 1

SCHEMA DI CAPITOLATO D'APPALTO

Art. 1 – Oggetto del contratto

1. Il contratto ha per oggetto l'affidamento del servizio al **Laboratorio PnD** ufficiale o autorizzato ai sensi dell'art. 59, comma 2, lett. *c-bis*), D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, Circolare C.S.LL.PP. n. 633/2019, nel seguito **Laboratorio PnD** addetto all'esecuzione e certificazione di prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti previste dal piano di indagini per la seguente opera: (edificio, ponte, viadotto, galleria, muro di sostegno, ecc.).

Art. 2 – Importo a base di gara

1. L'importo posto a base di gara è €..... (euro), di cui €..... (euro) per costi relativi alla sicurezza, questi ultimi non soggetti a ribasso.

Art. 3 – Corrispettivo dell'appalto

1. L'ammontare del servizio ammonta a complessivi €....., di cui €.....soggetto a ribasso d'asta ed €..... Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta.
2. In seguito alla gara del ... il **Laboratorio affidatario PnD** ha offerto un ribasso del% sull'importo soggetto a ribasso di €.....per un importo netto di €.....cui vanno aggiunti €.....per oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso, per un importo contrattuale complessivo di €.....

Art. 4 – Sorveglianza e monitoraggio del servizio

1. L'Amministrazione ha facoltà di nominare, dandone comunicazione scritta all'esecutore, un responsabile tecnico (Direttore dell'Esecuzione del Contratto) con il compito di vigilare sulle attività nell'ambito delle rispettive competenze e collaborare con lui per la migliore riuscita del servizio.
2. Al fine di controllare lo svolgimento delle attività, l'affidatario del servizio è tenuto ad inviare al Direttore per l'esecuzione del contratto un report mensile delle indagini e verifiche eseguite presso gli edifici.
3. Il Direttore per l'esecuzione del contratto potrà avvalersi di unità specializzate in materia per la valutazione degli elaborati presentati.

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

Art. 5 – Durata del servizio e penali

1. Il tempo utile per l'espletamento del servizio è stabilito in (.....) giorni naturali e consecutivi, decorrenti dalla stipulazione del contratto, che avverrà nella forma pubblica amministrativa, con oneri a carico dell'impresa.
2. Entro giorni decorrenti dal verbale di consegna del servizio e di esecuzione del contratto il **Laboratorio PnD** darà inizio alle attività di indagine.
3. Per ogni giorno di ritardo oltre il termine complessivo dei giorni verrà applicata una penale pari all'1% (uno per mille) dell'importo contrattuale e comunque complessivamente non superiore al 4% dell'importo contrattuale.

Art. 6 – Sospensione del servizio

1. Il servizio del **Laboratorio PnD** potrà essere sospeso (parzialmente o totalmente) nelle seguenti specifiche circostanze: (ragioni di pubblico interesse, per interventi di pubbliche autorità o istituzioni, o ragionevoli richieste della stazione appaltante), senza che ciò comporti per il Prestatore dei Servizi alcun diritto a indennizzi, rimborsi o risarcimenti.
2. In tali casi, qualora le interruzioni superino i limiti di giorni o siano state ordinate in carenza di validi presupposti, l'indennizzo spettante all'esecutore sarà così quantificato:
3. Nelle ipotesi previste del comma 1 termini di cui all'articolo 5 del Contratto sono prorogati per un periodo equivalente alla durata della sospensione.

Art. 7 – Requisiti del laboratorio

1. Tutte le attività sperimentali di prova e di rilievo, visivo ed endoscopico, devono essere eseguite e certificate dal **Laboratorio PnD** affidatario che deve essere autorizzato, per tutte le specifiche attività di prova previste, dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, ai sensi dell'art. 59, comma 2, lett. c-bis (Prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti), D.P.R. n. 380/2001 e deve essere pertanto conforme a tutti i requisiti della Circolare (C.S.LL.PP.) 3 dicembre 2019 n. 633/STC.
2. Le attività di cui al presente Capitolato Speciale sono indispensabili per conseguire il livello di conoscenza richiesto in progetto dalla stazione appaltante o del committente come prescritto dalle seguenti norme:

D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;

Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Art. 8 – Requisiti del personale

1. Tutte le attività sperimentali previste nel contratto devono essere eseguite da personale certificato (Sperimentatore) almeno al livello 2, secondo la UNI PdR 56:2019 negli specifici metodi di prova e prelievo.
2. La responsabilità ed il coordinamento delle attività preliminari e di campagna devono essere attribuite, al momento della consegna dei servizi, ad un Responsabile certificato al livello 3, secondo la UNI PdR 56:2019 negli specifici metodi di prova e prelievo.
3. L'Organismo terzo, che rilascia le certificazioni del personale, deve essere accreditato da ACCREDIA.

Art. 9 – Ubicazione delle zone e delle aree di prova

1. Il laboratorio, nella persona del Responsabile certificato, al momento della consegna del servizio, sulla scorta dell'elaborato grafico contenente l'ubicazione delle zone e delle aree di prova previste dal progetto procederà, di concerto con il direttore dell'esecuzione, alla ricognizione sui luoghi ed alla verifica dell'immediata operatività del servizio.
2. Se il laboratorio dovesse rilevare durante la ricognizione sui luoghi, o in ogni momento successivo dell'esecuzione del servizio, la presenza di eventuali criticità o di instabilità strutturali che potrebbero innescarsi in conseguenza delle attività di prova dovrà immediatamente informare il Direttore dell'Esecuzione del Contratto (D.E.C.) indicando le eventuali proposte alternative e/o integrative.
3. Le variazioni proposte, al programma originario, accettate dal direttore dell'esecuzione e sottoposte al RUP dovranno essere verbalizzate e giustificate in un verbale ed in un Ordine di servizio.

Pagine omesse dall'anteprima del volume

CAPITOLO 2

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO DEI SERVIZI DI PROVE NON DISTRUTTIVE

SEZIONE 1 CONDIZIONI ESECUTIVE

Art. 1 – Oggetto dell'appalto

L'appalto di servizi ha per oggetto l'esecuzione dei servizi e delle prestazioni necessarie per:.....
.....
.....

Art. 2 – Descrizione delle indagini affidate

L'esecuzione delle indagini oggetto del presente appalto di servizi riguarda:
.....
.....

Art. 3 – Indagini escluse dall'appalto

Restano escluse dall'appalto le indagini di cui alla successiva Tabella 2.1, che la stazione appaltante si riserva di affidare ad altre ditte, senza che il **Laboratorio affidatario** possa sollevare eccezione, pretesa alcuna o richiedere particolari compensi.

Tabella 2.1 – Indagini escluse dall'appalto di servizi

N.	Indagini	Importo [euro]
1		
2		
3		
4		

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

N.	Indagini	Importo [euro]
5		
6		
7		
-		
-		
-	SOMMANO	

Art. 4 – Osservanza di leggi e norme tecniche

L'esecuzione dell'appalto nel suo complesso è regolato dal presente capitolato speciale d'appalto e, per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni e i regolamenti appresso richiamati:

Testo unico edilizia

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.

Codice dei contratti pubblici

D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, Codice dei contratti pubblici.

Sicurezza nei luoghi di lavoro

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Norme tecniche per le costruzioni

D.M. 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*;
Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7, *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti

Circolare C.S.LL.PP. 3 dicembre 2019, n. 633/STC, Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui all'art. 59, comma 2, del D.P.R. n. 380/2001.

Art. 5 – Personale tecnico addetto alle prove non distruttive

Tutte le attività sperimentali previste nel contratto devono essere eseguite da personale tecnico (c.d. sperimentatore) certificato almeno al livello 2, secondo la UNI/PdR 56:2019 e UNI EN ISO 9712:2012, negli specifici metodi di prova e prelievo.

Pagine omesse dall'anteprima del volume

Art. 5 – Prova di estrazione o pull-out

5.1. Finalità della prova

La prova di estrazione (pull-out) è un metodo non distruttivo per il controllo delle qualità meccaniche del calcestruzzo armato in opera.

La prova consiste nel misurare la forza necessaria ad estrarre da un elemento strutturale di calcestruzzo armato un (Figura 2.8):

- a) tassello pre-inglobato nel getto di calcestruzzo;
- b) tassello post-inserito nel calcestruzzo indurito.

La prova di estrazione fornisce informazioni in merito allo strato corticale del calcestruzzo dell'elemento strutturale indagato, che è molto importante per la durabilità dell'opera in quanto costituisce l'elemento di protezione delle barre di armatura dagli attacchi chimici e ambientali (acqua, cloruri, solfati, anidride carbonica).

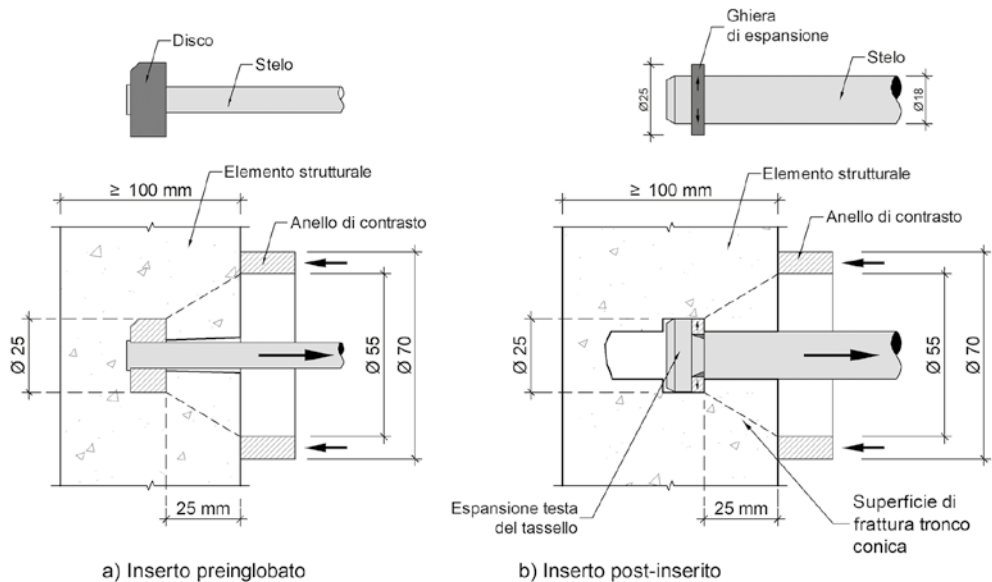


Figura 2.8 – Tipologie di inserti per la prova di estrazione

5.2. Apparecchiatura di prova

Il tipo di tassello post-inserito utilizzato deve essere ad espansione geometrica controllata, è vietato l'impiego di tasselli post-inseriti destinato ad altro uso⁽²⁾.

L'inserto post-inserito deve avere un'espansione geometrica controllata (Figura 2.9) tale da eliminare le tensioni tangenziali sulla superficie laterale e produrre meccanismi di rottura radial-simmetrici.

Il kit deve prevedere un sistema di perforazione perpendicolare alla superficie di prova e di alesaggio parallelo alla stessa superficie.

2. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale, *Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera*, settembre 2017.

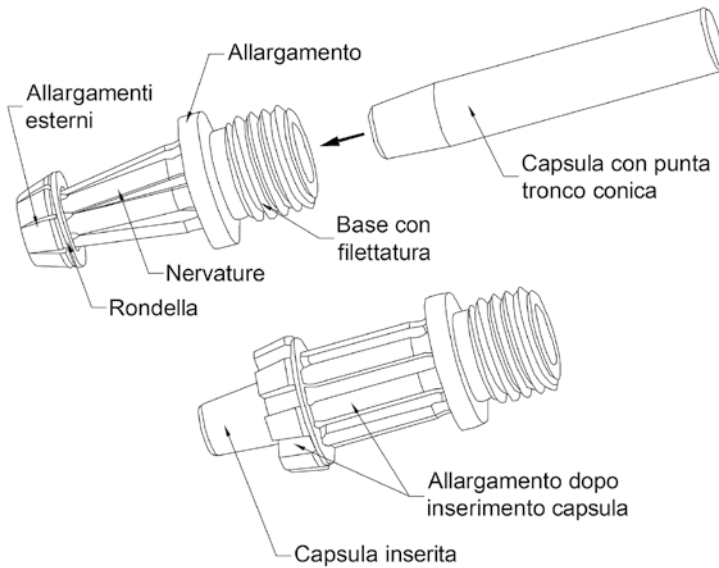


Figura 2.9 – Tassello ad espansione geometrica controllata

5.3. Requisiti dell'area di prova

Nell'elemento strutturale di calcestruzzo armato i centri delle aree di prova devono essere distanziati tra di loro di almeno 200 mm ed essere a 100 mm dal bordo.

Gli inserti devono essere posizionati in modo che tutte le armature si trovino al di fuori della superficie di rottura conica prevista.

Lo spessore minimo dell'elemento strutturale di calcestruzzo da sottoporre a prova deve essere di 100 mm.

5.4. Procedura di prova

La prova di estrazione nell'elemento strutturale di calcestruzzo armato può essere eseguita con:

a) inserto pre-inglobato.

Fissare in modo sicuro i dispositivi destinati ad essere inglobati nel calcestruzzo alla cassaforma o al dispositivo di posizionamento, nelle posizioni di prova richieste.

È importante assicurarsi che gli steli siano disconnessi dalla cassaforma prima della loro rimozione.

b) inserto post-inserito.

L'esecuzione della prova di estrazione con tassello post-inserito ad espansione geo-

metrica controllata si può schematicamente suddividere nelle seguenti fasi (Figura 2.10):

- 1) esecuzione dell'indagine pacometrica;
- 2) individuazione del punto di estrazione;
- 3) esecuzione della perforazione con punta in widia Ø 18 mm con adattatore per trapano a percussione (attacco a baionetta) e “manicotto-guida” per consentire la perforazione perpendicolare alla superficie di prova;
- 4) esecuzione di alesaggio parallelo alla superficie di prova (Ø 25 mm a 25 mm di profondità) con smerigliatrice diritta elettrica completa di fresa diamantata Ø 18 mm e gambo Ø 11 mm, dotata di manicotto-guida;
- 5) rimozione, prima dell'inserimento del tassello, dei residui polverosi di calcestruzzo provocati dalla perforazione e dall'alesaggio impiegando una bomboletta d'aria compressa con beccuccio;
- 6) inserimento del tassello nel foro;
- 7) inserimento meccanico della capsula all'interno del tassello;
- 8) avvvitamento dello stelo estrattore del martinetto oleodinamico alla parte del tassello fuoriuscente dalla superficie del calcestruzzo;
- 9) posizionamento e fissaggio del martinetto oleodinamico cavo dotato di anello di contrasto in acciaio con diametro interno 55 mm e diametro esterno 70 mm ed altezza >10 mm e collegamento del tubo idraulico alla pompa oleodinamica;
- 10) esecuzione della prova ed estrazione applicando un gradiente di carico costante di circa 0,5 kN/s senza shock, fino al verificarsi della frattura, registrando la forza massima rilevata;
- 11) esecuzione della prova ed estrazione (assenza di tensioni tangenziali sulla superficie laterale dello stelo del tassello, meccanismi di rottura radial-simmetrici).

5.4.1. Numero minimo di prove

Il numero delle prove necessarie per rappresentare un'area o una parte di una struttura dipende da:

- variabilità prevista del calcestruzzo;
- scopo della prova e accuratezza richiesta.

Si dovrebbe evitare di mediare i risultati individuali qualora le differenze tra di loro riflettano scarti effettivi di resistenza dovuti a fattori quali variazioni delle condizioni di maturazione o lotti diversi di calcestruzzo.

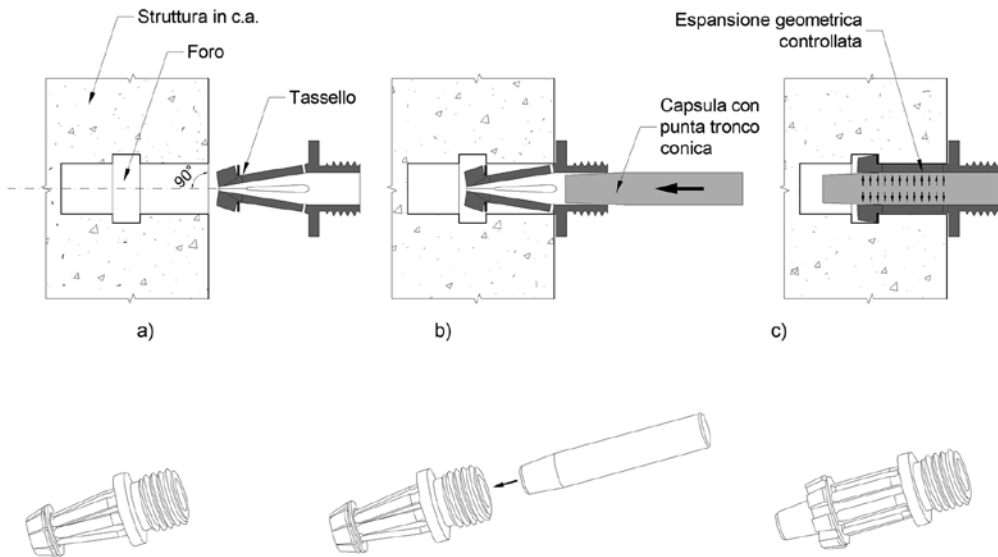


Figura 2.10 – Fasi di inserimento del tassello post-inserito

5.4.2. Correlazione tra la forza di estrazione e la resistenza a compressione in sito

La correlazione tra la forza di estrazione e la resistenza a compressione in sito del calcestruzzo deve essere determinata sperimentalmente, per ciascun caso di studio, tarando il metodo di prova con i risultati ottenuti da prove di compressione eseguite su carote estratte dalle strutture facendo riferimento alla norma UNI EN 12504-1.

5.5. Resoconto di prova

I risultati della prova di estrazione vanno certificati da un laboratorio autorizzato ad eseguire e certificare le PnD e la specifica prova (art. 59, comma 2, lett. *c-bis*), D.P.R. n. 380/2001; Circolare C.S.LL.PP. n. 633/STC/2019).

Il foglio di rilevamento dati (FRD), redatto dallo sperimentatore, deve contenere:

- il nome del richiedente le prove e nominativo del tecnico che ha redatto il piano delle prove;
- i soggetti a vario titolo presenti alle attività di prova;
- l’opera oggetto dell’indagine;
- la data e l’ora delle prove;
- l’identificazione inequivocabile della posizione dell’area di prova;

- il valore della forza di estrazione registrata;
- le eventuali irregolarità, come la presenza di riprese di getto, di vespai, di fessure, ecc.

Il certificato della prova di estrazione deve riportare:

- il nome del Laboratorio PnD che certifica la prova e gli estremi del decreto di autorizzazione ad eseguire le PnD e la specifica prova;
- il nome del Direttore del Laboratorio e gli estremi del certificato di Livello 3 nel metodo ES secondo UNI/PdR 56:2019;
- il nome dello sperimentatore e gli estremi del certificato di Livello 2 nel metodo ES secondo UNI/PdR 56:2019;
- l'opera oggetto dell'indagine;
- gli estremi dell'ultimo certificato di taratura;
- la normativa di riferimento;
- la data e l'ora delle prove;
- l'identificazione inequivocabile della posizione dell'area di prova;
- la descrizione del calcestruzzo sottoposto a prova (se pertinente);
- i dettagli di maturazione del calcestruzzo (se pertinenti e conosciuti);
- l'età del calcestruzzo al momento della prova (se conosciuta);
- la condizione di umidità superficiale del calcestruzzo al momento della prova;
- il tipo di inserto impiegato (pre-inglobato o post-inserito);
- il valore della forza di estrazione registrata;
- gli eventuali scostamenti dal metodo di prova normalizzato;
- la firma del Direttore del Laboratorio e dello sperimentatore che ha eseguito la prova.

5.6 Riferimenti normativi

- D.M. 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*, Paragrafo 11.2.6, Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera;
- UNI EN 12504-3, *Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione.*

Pagine omesse dall'anteprima del volume

Art. 9 – Prove con martinetto piatto singolo

9.1. Finalità della prova

La prova con il martinetto piatto singolo ha l'obiettivo di stimare lo stato di sollecitazione a compressione che insiste su una porzione di muratura al momento della prova. Il risultato permette la verifica dello stato tensionale presunto, il rilievo di eventuali eccentricità fra il paramento interno ed esterno, la verifica del margine di sicurezza rispetto alla stima della resistenza massima estrapolata dalle caratteristiche della mura-

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

tura ottenute con prove di laboratorio ovvero ricavata dalla prova con martinetto piatto doppio o con altre prove in situ.

L'indagine consiste nel provocare il rilascio tensionale locale della muratura mediante un taglio, di geometria nota, eseguito con una sega circolare eccentrica a lama diamantata o con un trapano a basso numero di giri eseguendo fori adiacenti o sovrapposti (a linea continua), successivamente le superfici interne del taglio, mediante il martinetto piatto, vengono sollecitate con una pressione nota che consente il ripristino della condizione iniziale, indisturbata.

La pressione esercitata dal martinetto p , per ripristinare la condizione iniziale, permette di stimare lo stato di sollecitazione agente σ_e in quello specifico punto della muratura con la seguente relazione:

$$\sigma_e = \frac{A_m}{A_t} \cdot K_m \cdot p = K_a \cdot K_m \cdot p$$

dove:

A_m = area martinetto piatto;

A_t = valore medio delle due aree di taglio;

$K_a = \frac{A_m}{A_t}$ = coefficiente geometrico, funzione dell'area del martinetto e del taglio

K_m = coefficiente di rigidità del martinetto piatto;

p = pressione esercitata dai due martinetti piatti [in bar].

9.2. Apparecchiatura di prova

L'apparecchiatura di prova è costituita da:

- martinetto piatto di forma semicircolare, i più comuni hanno: larghezza da 35 cm e profondità di 25 cm o rettangolare (Figura 2.47);
- centralina oleodinamica o pompa manuale tale da garantire di mantenere una pressione costante entro l'1% della pressione di prova. Manometro di precisione in classe 1 o trasduttore di pressione calibrato con accuratezza dell'1%;
- sega circolare eccentrica, a lama diamantata, trapano a roto percussione, punte;
- supporto a doppio binario per la sega e per il trapano;
- martello, scalpello, demolitore leggero;
- aspirapolvere, spazzole ed altri utensili per pulire il taglio e rimuovere eventuali detriti.

Il martinetto piatto deve essere corredato del certificato di taratura che deve riportare il carico massimo ed il coefficiente di rigidità K_m , funzione della rigidità delle saldature e delle lamiere, e variabile con i diversi intervalli di carico.

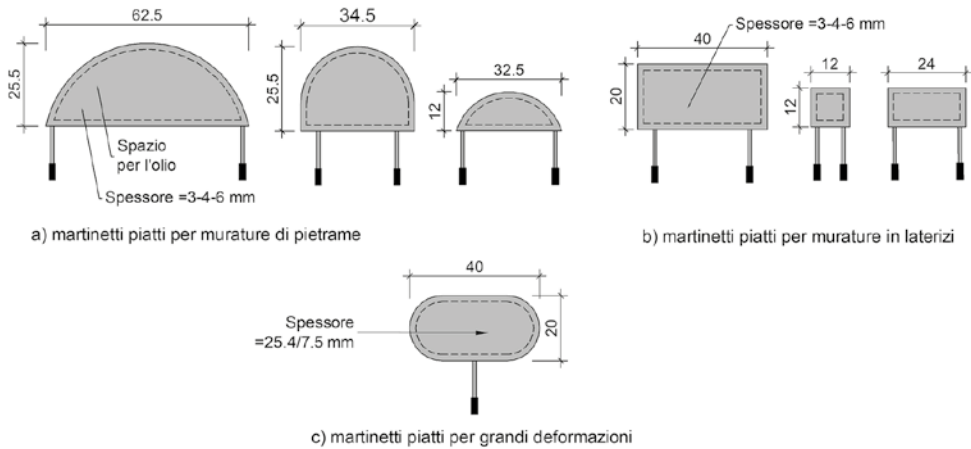


Figura 2.47 – Tipologie di martinetti piatti per prove su murature

9.3. Preparazione dell'area di prova

Nell'area di prova del paramento murario deve essere rimosso l'eventuale strato di intonaco, liberando una porzione muraria di almeno 100×100 cm ed avendo cura di non danneggiare il paramento murario.

È opportuno ricavare, preliminarmente, la stratigrafia del muro con un'indagine endoscopica o con l'esecuzione di un carotaggio.

Prima di inserire i martinetti si deve ispezionare l'interno dei tagli che devono essere puliti e privi qualsiasi eventuale residuo del taglio.

9.4. Esecuzione della prova

La misura degli spostamenti conseguenti all'azzeramento dello stato tensionale in corrispondenza del taglio può essere eseguita:

- incollando, in posizione simmetrica rispetto al taglio, almeno 3 (tre) basi di misura (Figura 2.48), costituite da dischetti piatti circolari in acciaio dotati di sedi coniche atte ad ospitare i puntali del deformometro millesimale rimovibile con il quale si eseguono le misure iniziali, nella configurazione indisturbata prima del taglio, e le successive misure, a taglio avvenuto, fino al raggiungimento della lunghezza delle basi di misura coincidenti con il pregresso stato tensionale. Ogni misura comporta sempre due letture coniugate.

Nel caso di murature regolari il taglio deve essere eseguito lungo il giunto di malta. Prima di inserire il martinetto dall'interno del taglio devono essere rimossi, con idoneo strumento, tutti gli eventuali residui.

PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI

Una volta pulita l'area interessata dal taglio, dopo avere verificato la geometria, e si può inserire il martinetto piatto collegato alla centralina oleodinamica; si deve aumentare gradualmente la pressione, con incrementi da 1 bar, fino ad azzerrare le deformazioni precedentemente indotte. È opportuno eseguire almeno due cicli di carico e scarico.

Tutti gli spostamenti devono essere annotati e registrati.

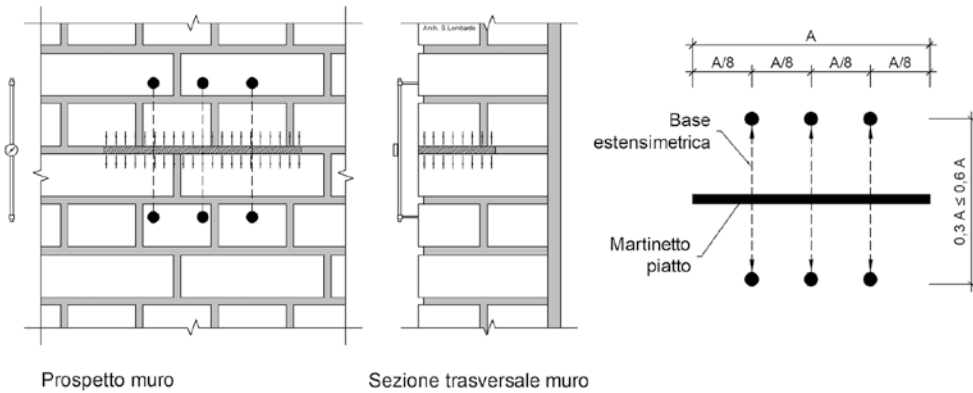


Figura 2.48 – Basi di misura per l'esecuzione della prova con martinetto singolo

9.5. Documentazione di prova

I risultati vanno certificati da un laboratorio autorizzato ad eseguire e certificare le PnD e la specifica prova (art. 59, comma 2, lett. *c-bis*), D.P.R. 380/2001; Circolare C.S.LL. PP. n. 633/STC/2019).

Il foglio rilevamento dati (FRD), redatto dal Responsabile di cantiere, deve contenere:

- il nome del richiedente le prove e il nominativo del tecnico che ha redatto il piano delle prove;
- i soggetti a vario titolo presenti alle attività di prova;
- l'opera oggetto dell'indagine;
- l'elaborato grafico con l'ubicazione reale delle prove;
- la data ed il luogo delle prove;
- l'identificazione delle prove, con la descrizione dell'elemento e la sigla;
- le eventuali irregolarità superficiali, ecc.
- i valori di spostamento e di pressione *p* rilevati.

Il certificato di prova deve riportare:

- il nome del Laboratorio che certifica la prova e gli estremi del decreto di autorizzazione ad eseguire le PnD e la specifica prova;

- il nome del Direttore del Laboratorio e gli estremi del certificato di Livello 3 nel metodo MP secondo UNI/PdR 56:2019;
- il nome dello sperimentatore e gli estremi del certificato di Livello 2 nel metodo MP secondo UNI/PdR 56:2019;
- gli estremi dell'ultimo certificato di taratura;
- la data e l'ora della prova;
- l'ubicazione e l'identificazione delle posizioni di prova;
- le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata;
- la tipologia di muratura;
- l'età della muratura (se conosciuta);
- la condizione di umidità superficiale al momento della prova;
- i valori K_m e K_a ed i valori di spostamento e di p rilevati e di σ_e stimata;
- la firma del Direttore del Laboratorio e dello sperimentatore che ha eseguito la prova.

9.6. Riferimenti normativi

- D.M. 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*; paragrafo C8.5.4, Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.
- Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7, *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*;
- ASTM C 1196-20, *Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements*;
- ASTM C 1197-20, *Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method*;
- ASTM D 4729-19, *Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using Flat jack Method*.

Pagine omesse dall'anteprima del volume