

Requisiti e prestazioni dei laboratori di prova

I CONTROLLI, IN LABORATORIO E IN CANTIERE, ALLA BASE DEL RAGGIUNGIMENTO DI STANDARD OTTIMALI DI QUALITÀ E SICUREZZA. È UN ASSUNTO, QUESTO, SEMPRE PIÙ CHIARO PER L'INTERA FILIERA DELLE COSTRUZIONI CHE, NEL CAMPO SPECIFICO, OLTRE CHE NELLA NORMATIVA TROVA CONFORTO NELL'ESPERIENZA DELL'ALIG, L'ASSOCIAZIONE CHE RIUNISCE I LABORATORI DI CASA NOSTRA. DI SEGUITO, UN'APPROFONDIMENTO SULLA MATERIA, CON DUE FOCUS SU CALCESTRUZZO E ACCIAIO.

Il 10 marzo scorso a Milano Rho, in occasione della decima edizione del MADE expo 2017, l'ALIG (Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica) ha proposto il workshop dal titolo "I controlli in cantiere per la sicurezza delle costruzioni. Il ruolo del laboratorio di prova". Gli interventi hanno affrontato il problema delle caratteristiche e dei requisiti richiesti a tutti i soggetti coinvolti nelle attività di controllo, così come previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, nell'esecuzione delle opere civili, ovvero: il ruolo del Collaudatore, illustrato dall'ing. Carlo Doimo, ATE, del Direttore lavori (ing. Piero Cardone, ALIG) e del Laboratorio di prove su materiali da costruzione (ing. Vincenzo D. Venturi, ALIG).

A integrazione degli interventi più generali e con un maggior grado di dettaglio è stato quindi affrontato l'argomento dei controlli, in situ e in laboratorio, di due materiali strutturali alternativi e complementari ai più frequenti calcestruzzo e acciaio, e quindi nello specifico il legno (dott. Michele Brunetti, CNR-IVALSA e dott. Massimo Mannucci, Legnodoc) e gli FRP (prof. ing. Marco Di Ludovico, Università Federico II).

Le basi del laboratorio moderno

Tutti gli interventi hanno sottolineato il ruolo, importante e strategico, che il laboratorio riveste nell'assicurare la qualità delle strutture e nel garantire la sicurezza delle strutture medesime e la pubblica incolumità, e i requisiti che il laboratorio moderno deve possedere (in estrema sintesi: l'organizzazione e un approccio dinamico e interdisciplinare). Prima di entrare nel merito dei requisiti e delle prestazioni del laboratorio moderno non si può dimenticare che il laboratorio con cui oggi ci confrontiamo nasce nell'ormai

Donatella Pingitore
Presidente ALIG

Vincenzo D. Venturi
Vice Presidente ALIG



1

1. Prelievo, identificazione e stagionatura di calcestruzzo

2. Workshop ALIG al MADE expo 2017



lontano 1971 e più precisamente con l'art. 20 della Legge n. 1086 del 5 novembre 1971, che recita:

Art. 20 Laboratori

Agli effetti della presente legge sono considerati laboratori ufficiali:

- *i laboratori degli istituti universitari dei politecnici e delle facoltà di ingegneria e delle facoltà o istituti universitari di architettura;*
- *il laboratorio dell'istituto sperimentale delle ferrovie dello Stato (Roma);*
- *il laboratorio dell'istituto sperimentale stradale, del Touring Club italiano (Milano);*
- *il laboratorio di scienza delle costruzioni del centro studi ed esperienze dei servizi antincendi e di protezione civile (Roma);*
- *il Centro sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma).*

Il Ministro per i lavori pubblici, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, può autorizzare con proprio decreto altri laboratori ad effettuare prove sui materiali da costruzione, ai sensi della presente legge. L'attività dei laboratori, ai fini della presente legge, è servizio di pubblica utilità.

Infatti è proprio grazie all'introduzione dell'art. 20 che possono fare la loro comparsa, fra i laboratori che operano nel settore delle strutture civili, anche soggetti privati che finalmente vedono riconosciuto il proprio *status* di impresa privata, come non ostativo a eseguire e certificare prove su materiali da costruzione: infatti il R. D. n. 2229 del 16 novembre 1939 limitava l'attività del controllo dei materiali, con lo status di laboratorio ufficiale, ai soli laboratori degli Istituti di Scienza delle Costruzioni delle facoltà di Ingegneria. Il comma 1 dell'art. 20 della Legge n° 1086/71 ha esteso a tutti i laboratori universitari, delle facoltà di Ingegneria ed Architettura, e non più solo alla élite degli Istituti di Scienza delle Costruzioni, lo status di laboratorio ufficiale. È però il comma 2 dell'art. 20, ovvero la facoltà di autorizzare soggetti gestori di laboratorio diversi da quelli universitari, anche di diritto privato, la vera novità che ha imposto al mondo dei laboratori un cambiamento di grande impatto non solo in termini pratici di attuabilità ma anche teorici, culturali, di ruolo. Si può affermare che l'aspetto peculiare, implicito del comma 2, era che, grazie alla maggiore diffusione dei laboratori su tutto il territorio nazionale, il servizio erogato fosse più accessibile e che ciò consentisse controlli più frequenti e tempestivi; questa lettura sarebbe però limitativa e non farebbe giustizia del cambiamento epocale, dell'aspetto innovativo, quasi rivoluzionario, che con il comma 2 viene introdotto ovvero le prove sui materiali non sono più eventi eccezionali, assoluti, legati al mondo accademico, della ricerca, che solo pochi eletti possono maneggiare, ma devono calarsi nella realtà quotidiana dei lavori con la quale devono essere in grado di interagire in tempo reale. Nonostante che, sulla spinta del boom economico degli anni Sessanta, il mondo delle costruzioni avesse una maggiore esigenza di controlli e che ciò richiedesse che i laboratori fossero presenti e facilmente raggiungibili su tutto il territorio nazionale e nonostante che i laboratori universita-

ri non fossero in grado di rispondere in maniera adeguata a queste nuove esigenze, molte furono le obiezioni strumentali e le resistenze istituzionali che ritardarono la effettiva applicazione del citato comma 2 che, infatti, fu inizialmente circoscritto ai soli laboratori "pubblici" degli Istituti tecnici, delle Province, ecc. Si deve solo alla determinazione, e per certi versi alla caparbia, di alcuni professionisti (ing. arch. B. Chiantini, ing. F. Giuliani, ing. M. Mancini), che sono stati fra i soci fondatori della nostra associazione (ALI), se a metà degli anni Settanta, si riuscì a ottenere di estendere, anche a soggetti di diritto privato (laboratori: Geotec, Giepi, Sigma), la facoltà del Ministro di "autorizzare" altri laboratori. Negli anni a seguire i laboratori "privati" autorizzati a eseguire e certificare le prove furono capillarmente autorizzati su tutto il territorio con un criterio "ubicazionale", criterio che era funzione tanto dell'estensione che delle caratteristiche economiche del territorio di influenza e che era volto a limitare, in considerazione della attribuzione del requisito "di pubblica utilità", la proliferazione incontrollata dei laboratori.

Anni Duemila: il salto di qualità

Oggi la gran parte di quei laboratori costituiscono, su tutto il territorio nazionale, i principali interlocutori per quanti (PA, professionisti, imprese) operano nel settore delle costruzioni. Negli anni successivi l'ulteriore evoluzione, e salto di qualità, in sede di norma primaria è avvenuto con l'art. 59 del DPR n. 380 del 6 giugno 2001 che ha assimilato la caratterizzazione dei terreni di fondazione, necessaria per la progettazione delle opere di fondazione, e la progettazione e il controllo di esecuzione delle opere in terra ai controlli prescritti per i prodotti strutturali e quindi alle attività che devono essere eseguite e certificate da laboratori autorizzati. Con l'art. 59 viene sancita l'estensione dello status di laboratori soggetti ad autorizzazione ai laboratori geotecnici.

Art. 59 (L) - Laboratori

(Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20)

1. Agli effetti del presente testo unico 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 antincendi e di protezione civile (Roma);*
- b-bis) il laboratorio dell'Istituto sperimentale di rete ferroviaria italiana spa (1);*
- 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 (1).*

2. Il Ministro per le infrastrutture e i trasporti, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, può autorizzare con proprio decreto, ai sensi del presente capo, altri laboratori ad effettuare prove su materiali da costruzione, comprese quelle geotecniche su terreni e rocce.

3. L'attività dei laboratori, ai fini del presente capo, è servizio di pubblica utilità.

È opportuno ricordare che nell'ambito delle autorizzazioni per i laboratori geotecnici a effettuare prove di laboratorio su terre e su rocce, per garantire la tracciabilità dei campioni e nel rispetto della filosofia della qualità, era stato previsto che le attività coinvolte nel medesimo sistema dovessero avere lo stesso livello di affidabilità; hanno quindi trovato giustamente posto, sia pure con alterne fortune, le ditte, che in quella sede erano state impropriamente definite laboratori, specializzate in sondaggi geognostici e prove geotecniche in situ. A questo percorso normativo la storia dei laboratori privati è stata da subito associata a criteri, limitazioni e prescrizioni, inizialmente confinati in documenti interni del Servizio Tecnico Centrale e si è dovuto attendere la prima metà degli anni Ottanta per vedere l'attività dei laboratori regolamentata con limiti e prescrizioni contenute in documenti di qualche spessore normativo, come la Circolare ministeriale pubblicata su Gazzetta Ufficiale. Da allora le circolari sono state emanate con relativa regolarità fino alle più recenti e ancora vigenti:

- *Circolare 7617/2010 per i laboratori, cosiddetti strutturali e sul legno;*
- *Circolare 7618/2010 per i laboratori geotecnici, per prove su terre e rocce;*
- *Circolare 7619/2010 per le indagini geognostiche e le prove geotecniche in situ* (in verità su quest'ultima grava un ricorso che di fatto ne ha limitato l'applicazione).

Le prescrizioni

Richiamiamo in rapida sintesi quali sono, per i laboratori che presentano istanza di autorizzazione, le prescrizioni più impegnative contenute nelle Circolari e che riassumiamo qui di seguito:

- *prescrivono* l'implementazione del sistema di qualità aziendale, UNI EN ISO 9001 certificato da parte di un ente accreditato;
- *prescrivono* la proprietà dell'attrezzatura necessaria ad eseguire la serie di prove che è dettagliata nella stessa circolare;
- *prevedono* la facoltà di richiedere, con una richiesta specifica, l'estensione della autorizzazione a prove o gruppi di prove che vengono a far parte delle prove "ufficiali".
- *prescrivono* altresì che tutta l'attrezzatura che viene impiegata per l'esecuzione e certificazione di prove "ufficiali", e quindi anche le prove previste nella estensione, deve essere oggetto di un piano delle tarature interno ed esterno (centro SIT o laboratorio ufficiale, universitario) e di un piano di manutenzione;
- *prescrivono* che il personale sia adeguatamente formato ed esperto e in possesso di laurea magistrale specifica (ingegnere, architetto, geologo) se ricopre il ruolo di Direttore o di vice Direttore, di diploma tecnico (geometra o perito) se ha la mansione di Sperimentatore;
- *prescrivono*, per i locali, che siano conformi alla normativa edilizia e sanitaria (certificato di agibilità) e che siano adeguati e conformi in materia di sicurezza e igiene sul lavoro;
- *escludono* la presenza, sia nella compagine societaria del soggetto gestore del laboratorio che nelle funzioni di legale rappresentanza, "[...] di figure direttamente interessate

in attività imprenditoriali di esecuzione di opere di ingegneria civile, nonché in attività di produzione, rappresentanza, commercializzazione, messa in opera di prodotti o materiali destinati alle opere di ingegneria civile, che necessitano di certificazioni ufficiali".

È appena il caso di rilevare che i requisiti descritti, e contenuti nelle circolari richiamate, sono necessari per garantire non solo la qualità del servizio erogato dal laboratorio e la riproducibilità dei risultati, ma soprattutto la "terzietà" del Laboratorio rispetto alle parti che concorrono a realizzare un'opera: Direttore dei lavori e Impresa, ovvero Controllore e Controllato.

Fin qui l'evoluzione dei requisiti dei laboratori fino agli standard attuali che sono stati imposti prima dalla implementazione, e certificazione, dei sistemi di qualità aziendali, e successivamente, con le NTC 08, che prevedono l'identificazione, qualifica e accettazione di tutti i prodotti strutturali, (Cap. 11), con le quali è stato richiesto ai laboratori di diversificare l'offerta dei servizi erogati. Dall'osservatorio privilegiato che è la nostra associazione possiamo affermare che, nella gran parte dei casi, i laboratori si sono adeguati e oggi sono in grado di dare una risposta concreta, in un contesto multidisciplinare, alla domanda di servizi specialistici.

Laboratori di cantiere

Un'ulteriore occasione di crescita per i laboratori è rappresentato dalla richiesta che, in special modo durante l'esecuzione delle grandi opere, vuole che per tutta la durata dei lavori sia fisicamente presente, durante le diverse lavorazioni, il cosiddetto "laboratorio di cantiere"; questa esigenza prende origine dalla necessità di rispondere contemporaneamente a più necessità quali l'organizzazione del controllo giornaliero della produzione, la necessità di risolvere in tempi brevi le eventuali non conformità, la gestione dei diversi operatori nella esecuzione dei lavori, l'obbligo di certificazione delle opere. La necessità di fornire questa prestazione ha comportato che i laboratori si evolvessero da strutture statiche, stanziali, a strutture dinamiche, in grado di intervenire e operare con continuità anche fuori dalla sede abituale di lavoro. Entrando nello specifico dell'attività dei laboratori che circoscriviamo, nel contesto di questo

3. Controllo della consistenza

4. Determinazione del tempo di efflusso (V-Funnel test)





5. Determinazione dello scorrimento confinato mediante anello a J (J ring test)

6. Prova di trazione diretta (brasiliana)

7. Determinazione del modulo elastico



intervento e per ragioni di sintesi, ai prodotti strutturali di impiego più frequente: calcestruzzo e acciaio.

I calcestruzzi

L'attività sperimentale nel controllo della qualità dei calcestruzzi può essere articolata nella verifica dei requisiti del calcestruzzo fresco al momento del getto, "a bocca di betoniera" con particolare attenzione alle modalità di prelievo e ai requisiti che possono essere in quella sede accertati e che consentono una valutazione tempestiva della qualità della fornitura:

- Prelievo, identificazione e stagionatura: UNI EN 12350-1; UNI EN 12390-1; UNI EN 12390-2;
- Misura della lavorabilità, con prova di abbassamento al cono: UNI EN UNI EN 12350-2;
- Determinazione dello spandimento con tavola a scosse UNI EN 12350-5;
- Determinazione della massa volumica del fresco: UNI EN 12350-6;
- Determinazione del contenuto d'aria: UNI EN 12350-7;



- Determinazione del contenuto d'acqua: UNI 11201;
 - Determinazione della compattabilità: UNI EN 12350-4.
- Delle prove sul calcestruzzo fresco fanno parte tutte le prove previste sul calcestruzzo autocompattante (SCC) che rappresentano la indispensabile integrazione, al momento del getto, del requisito convenzionale della compressione a 28 gg che, per questo materiale, potrebbe risultare non esaustivo ai fini del controllo di accettazione, e che ne rende necessaria la programmazione nel CSA. A seguire le prove che dovrebbero essere eseguite al momento della fornitura degli SCC:
- Determinazione dello spandimento e del tempo di spandimento: (*Slump flow test*) UNI EN 12350-8;
 - Determinazione del tempo di efflusso: (*V-Funnel test*) UNI EN 12350-9;
 - Determinazione dello scorrimento confinato mediante anello a J (*J ring test*): UNI EN 12350-12;
 - Determinazione dello scorrimento confinato mediante scatola a U (*U-box test*): UNI 11044;
 - Determinazione dello scorrimento confinato mediante scatola a L: (*L-box test*) UNI EN 12350-10;
 - Prova di segregazione allo staccio: UNI EN 12350-11.

Alle prove sul "fresco" seguono le prove di laboratorio sui calcestruzzi induriti, che vengono richiamate più avanti, e che rispondono ad esigenze specifiche dell'opera e del progetto. I risultati di queste prove devono far parte delle specifiche prestazioni che il fornitore dichiara e delle quali vi deve essere riscontro tanto nella certificazione del *Factory Production Control (FPC)* che nelle *Initial Type Test (ITT)*. A seguire le prove di laboratorio più frequenti sul calcestruzzo indurito:

- Resistenza alla compressione: UNI EN 12390-3;
- Determinazione della massa volumica: UNI EN 12390-7;
- Prova di trazione indiretta (brasiliana): UNI EN 12390-6;
- Prova di trazione indiretta per flessione: UNI EN 12390-5;
- Prova di trazione diretta: UNI 6135;
- Determinazione del modulo elastico: UNI EN 12390-13;
- Prova di penetrazione all'acqua: UNI EN 12390-8;
- Ritiro idraulico: UNI 6555.

È opportuno sottolineare che le prove sul calcestruzzo indurito richiedono la rigorosa verifica, preliminare, della geometria e delle tolleranze dei provini

Le NTC 08 hanno introdotto, ma anche la bozza ormai in dirittura di arrivo delle nuove NTC lo ha confermato, la determinazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera tanto per le strutture in corso d'opera, nel caso di eventuale non conformità dei controlli di accettazione, che sulle costruzioni esistenti nei casi in cui ciò si rendesse necessario, ovvero:

- Cambio di destinazione d'uso con aumento della capacità portante;
- Verifica della capacità di prestazione residua;
- Verifica della vulnerabilità sismica;
-

La caratterizzazione della qualità del calcestruzzo è ricavata, più frequentemente, mediante il prelievo di carote, attività che abbiamo visto essere oggetto della estensione al decreto di autorizzazione secondo la circolare 7617/STC oltre che



8



9

essere esplicitamente previste nelle nuove NTC della quale sono richiamate, in estratto, le parti relative: "8.5.3 Per le prove di cui alla Circolare 8 settembre 2010, n. 7617/STC, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001".

"11.2.2. Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi di cui al punto 11.2.6, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001". Ovvero in entrambi i casi, costruzioni esistenti e costruzioni in corso d'opera, le nuove NTC prevedono che i prelievi dalle strutture debbano essere eseguiti dai laboratori autorizzati. È anche il caso di rilevare come nelle nuove NTC venga confermato il ricorso ai controlli non distruttivi, (par. 11.2.6.) per le strutture in corso d'opera: "11.2.6. Per la modalità di determinazione della resistenza a compressione in situ, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive), si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12504-2, UNI EN 12504-3, UNI EN 12504-4".

Inoltre sulle costruzioni esistenti è previsto il ricorso alle prove non distruttive, per le quali è prevista una premialità nei confronti dei più invasivi carotaggi (Appendice C/ - Tab. C8A.1.3b): "Appendice C/ - Tab. C8A.1.3b Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove di-

struttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo di prove non distruttive, singole, combinate, tarate su quelle distruttive".

L'ALIG ha sviluppato, in sinergia con IIS (Istituto Italiano della Saldatura), il programma di qualificazione del personale che esegue i CND con l'obiettivo di regolamentare, in due fasi, le procedure e quindi:

- **Esecuzione della prova:** la prova deve essere eseguita da un Tecnico di 2° livello, eventualmente supportato da un Tecnico di 1° livello, le attività di campagna e le procedure di certificazione della prova devono essere coordinate, e validate, da un Esperto di 3° livello.

- **Certificazione della prova:** il certificato di prova deve essere emesso da un organismo/laboratorio dotato di un sistema di qualità certificato, in possesso di specifiche competenze, di un organigramma, di idonee procedure, di tutte le attrezzature necessarie e soprattutto, aspetto non marginale, deve essere terzo rispetto alle parti.

Tutto ciò premesso riteniamo che lo specifico "sottosettore A - CND su strutture in c.a. i metodi: esame visivo, sclerometro, ultrasuoni, penetrometrica, pull-out, pull-off, magnetometrica, prelievo di carote ed analisi chimica, misure di potenziale" costituisca il requisito essenziale, necessario, per poter qualificare e autorizzare il laboratorio a eseguire e certificare le prove in situ sulle strutture.

8. Ricerca delle armature

9. Carotaggio

10. Prova a ultrasuoni

11. Prova sclerometrica



10



11



12. Il prelievo di un saggio da un profilato



13 a, 13b. Prova spettrometrica in situ

14. Prova di durezza in situ

Gli acciai

In maniera analoga possono essere affrontate le prove sugli acciai dove le prove previste in estensione, richiamate più avanti, possono integrare le più consuete prove di trazione e piega sulle barre e sui provini ricavati da carpenteria,:

- Prove chimiche sugli acciai;
- Prove di resilienza (con T compreso fra -80°C e 20°C);
- Prove di durezza (Brinell, Vickers, Rockwell);
- Macrografie, micrografie;
- Prove sui bulloni;
-

Il naturale complemento alle attività di laboratorio, nei casi di costruzioni esistenti e di costruzioni in corso d'opera, è rappresentato come per il calcestruzzo, dalle prove in situ. Contrariamente al calcestruzzo però le prove in situ sulle strutture in acciaio sono sempre da privilegiare rispetto al prelievo di parti di carpenteria da destinare alle prove di laboratorio. Il prelievo è certamente più invasivo, ma soprattutto non consente il ripristino locale dello stato tensionale. Le prove in situ che possono fornire utili informazioni sulla qualità dell'acciaio sono elencate qui di seguito:

- Prove di durezza in situ;
- Prove spettrometriche in situ;
- Verifica dei procedimenti di saldatura: magnetometria;
- Verifica dei procedimenti di saldatura: ultrasuoni;
- Verifica dei procedimenti di saldatura: liquidi penetranti;
- Verifica dei procedimenti di saldatura: radiografia;
- Coppia di serraggio.

Conclusioni

Concludendo, dopo oltre 40 anni dalle prime autorizzazioni, si può affermare che i laboratori "privati" rappresentano una realtà complessa, multidisciplinare, in grado di proporsi come l'interlocutore qualificato dei diversi soggetti che intervengono nella esecuzione delle opere di ingegneria civile: *Impresa, Direttore dei lavori, Collaudatore* ma soprattutto oggi il laboratorio, per la sua indipendenza, è il soggetto indispensabile dell'attività di controllo necessaria per garantire, la riproducibilità, la ripetibilità, l'oggettività dei risultati sperimentali. ■■

