



GIANNI MICHELE DE GAETANIS

IL COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

CON SOFTWARE PER LA VERIFICA DI ACCETTAZIONE
DI FORNITURE DI CALCESTRUZZO E ACCIAIO



**PRONTO
GRAFILL**
Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni



WEBAPP INCLUSA
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

QUINTA EDIZIONE

GRAFILL

Gianni Michele De Gaetanis

IL COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Ed. V (09-2025)

ISBN 13 978-88-277-0509-4

EAN 9 788827 705094

Collana **MANUALI**



**Licenza d'uso da leggere attentamente
prima di attivare la WebApp o il Software incluso**

Usa un QR Code Reader
oppure collegati al link <https://grafill.it/licenza>

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su <https://www.supporto.grafill.it>

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 - 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 - Fax 091/6823313 - Internet <http://www.grafill.it> - E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



Pronto GRAFILL
Tel. 091 6823069



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare presso **Tipografia Publistampa S.n.c. - Palermo**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

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



**PRONTO
GRAFILL**



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

SOMMARIO

PREFAZIONE ALLA QUINTA EDIZIONE	p.	11
PREFAZIONE ALLA QUARTA EDIZIONE	"	12
PREFAZIONE ALLA TERZA EDIZIONE	"	13
PREFAZIONE ALLA SECONDA EDIZIONE	"	14
PREFAZIONE ALLA PRIMA EDIZIONE	"	15
1. Collaudo statico e collaudo generale.....	"	15
2. Quadro normativo	"	16
INDICE ANALITICO	"	20
ELENCO DEI SIMBOLI	"	23
1. IL COLLAUDO STATICO: APPROCCIO NORMATIVO	"	27
1.1. Collaudo statico.....	"	27
1.1.1. Concetto di collaudo e di opere da collaudare	"	27
1.1.1.1. Nozione di strutture di C.A. normale	"	27
1.1.1.2. Giudizio del collaudatore	"	28
1.1.1.3. Tipologie di opere	"	28
1.1.2. Nomina del collaudatore.....	"	29
1.1.3. Requisiti del collaudatore	"	30
1.1.4. Tempistica del collaudo	"	31
1.1.5. Necessità del collaudo	"	31
1.2. Adempimenti del collaudo statico	"	31
1.2.1. Adempimenti tecnici	"	32
1.2.2. Adempimenti amministrativi.....	"	32
1.3. Collaudo statico ante NTC08/NTC18	"	33
1.4. Sanatorie e condoni edilizi	"	34
1.5. Riferimenti normativi.....	"	34

2. ADEMPIMENTI TECNICI E AMMINISTRATIVI

DEL COLLAUDO STATICO E PARCELLA	p.	35
2.1. Adempimenti tecnici	"	35
2.1.1. Impostazione del progetto	"	35
2.1.2. Relazione a strutture ultimate	"	36
2.1.3. Ispezione dell'opera	"	36
2.1.4. Certificati delle prove sui materiali	"	36
2.1.5. Prove di carico	"	37
2.1.6. Documenti di controllo qualità	"	37
2.1.7. Documentazione tecnica di origine per dispositivi di isolamento sismico	"	38
2.1.8. Prove e ulteriori accertamenti	"	38
2.2. Adempimenti amministrativi	"	39
2.3. Parcella	"	39
2.3.1. Onorario a percentuale	"	40
2.3.1.1. Costo dell'opera	"	40
2.3.1.2. Competenze	"	40
2.3.1.3. Adeguamenti	"	41
2.3.1.4. Revisione dei calcoli	"	42
2.3.2. Calcolo delle spese	"	42
2.4. Riferimenti normativi	"	42
3. PROVE DI CARICO	"	44
3.1. Prove di carico	"	44
3.1.1. Aspetti normativi procedurali	"	44
3.1.2. Scopo della prova di carico	"	44
3.2. Prove sulle strutture	"	46
3.2.1. Prove sulle strutture in elevato	"	46
3.2.1.1. Introduzione	"	46
3.2.1.2. Prove statiche	"	46
3.2.1.3. Prove dinamiche (cenni)	"	63
3.2.2. Prove sulle strutture (profonde) di fondazione	"	64
3.2.2.1. Introduzione	"	64
3.2.2.2. Prove di carico su pali: approccio normativo	"	64
3.2.2.3. Esecuzione delle prove statiche	"	67
3.2.2.4. Esecuzione delle prove dinamiche	"	72
3.3. Bibliografia e riferimenti normativi	"	77
4. PROVE SU MATERIALI E STRUTTURE	"	79
4.1. Prove di sui materiali: quadro generale	"	79
4.2. Prove non distruttive sui materiali	"	79
4.2.1. Prova pacometrica	"	80

4.2.1.1.	Elementi introduttivi.....	p.	80
4.2.1.2.	Strumento e taratura	"	81
4.2.1.3.	Esecuzione delle prove.....	"	83
4.2.1.4.	Rapporto di prova e resoconto.....	"	84
4.2.2.	Prova sclerometrica	"	84
4.2.2.1.	Elementi introduttivi.....	"	84
4.2.2.2.	Strumento e taratura	"	86
4.2.2.3.	Esecuzione delle prove.....	"	88
4.2.2.4.	Criterio di analisi dei risultati: uso delle curve dello strumento	"	89
4.2.2.5.	Legge di correlazione con i risultati sperimentali	"	91
4.2.2.6.	Rapporto di prova e resoconto.....	"	91
4.2.3.	Prova ultrasonica.....	"	92
4.2.3.1.	Elementi introduttivi.....	"	92
4.2.3.2.	Strumento e taratura	"	93
4.2.3.3.	Esecuzione delle prove.....	"	94
4.2.3.5.	Difetti nella massa del calcestruzzo	"	98
4.2.3.6.	Misura delle distanze.....	"	100
4.2.3.7.	Misura dei tempi	"	101
4.2.3.8.	Criterio di analisi.....	"	101
4.2.3.9.	Legge di correlazione	"	102
4.2.3.10.	Rapporto di prova e resoconto.....	"	102
4.2.4.	Prova SONREB.....	"	103
4.2.4.1.	Prova	"	103
4.2.4.2.	Legge di correlazione	"	104
4.3.	Prove non distruttive su strutture	"	104
4.3.1.	Prove sulle strutture d i fondazione profonde (pali): introduzione	"	104
4.3.2.	Controlli di integrità dei pali.....	"	105
4.3.2.1.	Prova ultrasonica (<i>cross hole</i>).....	"	105
4.3.2.2.	Prova ecometrica.....	"	108
4.3.2.3.	Prova di ammettenza meccanica	"	110
4.4.	Prove semi-distruttive.....	"	112
4.4.1.	Generalità.....	"	112
4.4.2.	Prova di estrazione	"	112
4.4.2.1.	Elementi introduttivi.....	"	112
4.4.2.2.	Caratteristiche dell'inserito e del foro di alloggiamento	"	113
4.4.2.3.	Strumento e taratura	"	114
4.4.2.4.	Esecuzione delle prove.....	"	115
4.4.2.5.	Criterio di analisi.....	"	116

	4.4.2.6.	Legge di correlazione	p. 117
	4.4.2.7.	Rapporto di prova e resoconto	" 117
4.4.3.		Prova di infissione	" 117
	4.4.3.1.	Elementi introduttivi	" 117
	4.4.3.2.	Dispositivo di prova e taratura	" 118
	4.4.3.3.	Esecuzione delle prove	" 118
	4.4.3.4.	Criterio di analisi	" 119
	4.4.3.5.	Legge di correlazione	" 119
	4.4.3.6.	Rapporto di prova e resoconto	" 120
4.4.4.		Metodi combinati (cenni)	" 120
4.5.		Prove distruttive	" 120
	4.5.1.	Generalità	" 120
	4.5.2.	Analisi delle prove di laboratorio	" 121
	4.5.2.1.	Prescrizioni comuni ai criteri di controllo	" 121
	4.5.2.2.	Controllo di tipo A e B	" 122
	4.5.2.3.	Controllo sull'acciaio	" 123
4.5.3.		Carotaggio	" 124
	4.5.3.1.	Elementi introduttivi	" 124
	4.5.3.2.	Carotatrice	" 125
	4.5.3.3.	Esecuzione dei carotaggi	" 126
	4.5.3.4.	Caratteristiche delle carote	" 126
	4.5.3.5.	Criterio di analisi	" 128
	4.5.3.6.	Rapporto di prova e resoconto	" 128
4.5.4.		Microcarotaggio (cenni)	" 128
4.6.		Riferimenti normativi e bibliografici	" 129
5.		PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	" 132
	5.1.	Prove di accettazione dei materiali: introduzione	" 132
	5.2.	Slump test	" 133
	5.2.1.	Elementi introduttivi	" 133
	5.2.2.	Strumento	" 134
	5.2.3.	Esecuzione delle prove	" 135
	5.2.4.	Criterio di analisi dei risultati e classificazione	" 137
	5.2.5.	Rapporto di prova e resoconto	" 137
5.3.		Spandimento alla tavola a scosse	" 138
	5.3.1.	Elementi introduttivi	" 138
	5.3.2.	Strumento	" 138
	5.3.3.	Esecuzione delle prove	" 139
	5.3.4.	Criterio di analisi dei risultati e classificazione	" 141
	5.3.5.	Rapporto di prova e resoconto	" 141
5.4.		Compattabilità	" 142
	5.4.1.	Elementi introduttivi	" 142

5.4.2.	Strumento	p. 142
5.4.3.	Esecuzione delle prove	" 143
5.4.4.	Criterio di analisi dei risultati e classificazione.....	" 144
5.4.5.	Rapporto di prova e resoconto	" 144
5.5.	Prova Vebè: cenni	" 145
5.6.	Riferimenti normativi e bibliografici.....	" 146
6.	METODI NUMERICI PER L'ANALISI INGEGNERISTICA	" 147
6.1.	Premessa	" 147
6.2.	Incertezze.....	" 148
6.2.1.	Prime definizioni.....	" 148
6.2.2.	Errore vero, assoluto e relativo	" 149
6.2.3.	Caratteristiche degli strumenti di misura	" 150
6.3.	Natura dell'errore	" 151
6.4.	Approssimazione delle misure.....	" 152
6.4.1.	Cifre significative e cifre significative corrette	" 152
6.4.2.	Troncamento e arrotondamento	" 153
6.4.3.	Numeri senza indicazione dell'errore	" 155
6.4.4.	Stima dell'incertezza nelle misure indirette	" 156
6.4.4.1.	Strumenti di bassa sensibilità	" 156
6.4.4.2.	Strumenti di alta sensibilità	" 160
6.4.5.	Calcoli in relazione alla cifre significative corrette	" 161
6.5.	Metodo dei minimi quadrati	" 161
6.5.1.	Base teorica.....	" 161
6.5.2.	Regressione e curve di <i>best fit</i>	" 162
6.5.2.1.	<i>Best fit</i> lineare	" 162
6.5.2.2.	<i>Best fit</i> polinomiale.....	" 167
6.5.2.3.	<i>Best fit</i> lineare a due variabili	" 167
6.5.2.4.	Casi di <i>best fit</i> di interesse pratico per il collaudo	" 170
6.6.	Riferimenti normativi e bibliografici.....	" 173
7.	ESEMPI APPLICATIVI	" 174
7.1.	Premessa	" 174
7.2.	Esempio 1 <i>Troncamento e arrotondamento</i>	" 174
7.3.	Esempio 2 <i>Operazioni con numeri di differente precisione</i>	" 175
7.4.	Esempio 3 <i>Propagazione dell'errore da misure dirette a misure indirette</i>	" 176
7.5.	Esempio 4: <i>Indice medio di rimbalzo da prova sclerometrica</i>	" 177

7.6.	Esempio 5		
	<i>Correzione battute sclerometriche</i>	p.	178
7.7.	Esempio 6		
	<i>Curva di correlazione per una prova sclerometrica</i>	"	179
7.8.	Esempio 7		
	<i>Curva di correlazione per una prova ultrasonica</i>	"	189
7.9.	Esempio 8		
	<i>Controllo di tipo A sul calcestruzzo</i>	"	194
8.	MODULISTICA E CERTIFICATI	"	200
8.1.	Certificati e moduli documenti	"	200
8.2.	Check-list	"	200
8.3.	Certificati e dichiarazioni	"	200
	8.3.1. Verbale di visita, relazione e certificato di collaudo.....	"	200
	8.3.2. Diniego di collaudo	"	201
8.4.	Moduli	"	201
	8.4.1. Check-list	"	202
	8.4.2. Comunicazione nomina diretta collaudatore alla struttura tecnica	"	210
	8.4.3. Comunicazione nomina collaudatore tramite terna alla struttura tecnica provinciale	"	211
	8.4.4. Comunicazione nomina diretta collaudatore allo Sportello Unico per l'Edilizia	"	212
	8.4.5. Comunicazione nomina collaudatore tramite terna allo Sportello Unico per l'Edilizia	"	213
	8.4.6. Dichiarazioni collaudatore	"	214
	8.4.7. Comunicazione allo Sportello Unico per l'Edilizia da parte del collaudatore di avvenuto collaudo	"	215
	8.4.8. Esempio di collaudo statico	"	216
9.	GIURISPRUDENZA	"	229
10.	SOFTWARE PER LA VERIFICA DI ACCETTAZIONE DI FORNITURE DI CALCESTRUZZO E ACCIAIO	"	231
	10.1. Requisiti hardware e software	"	231
	10.2. Attivazione della WebApp	"	231

PREFAZIONE ALLA QUINTA EDIZIONE

La presente edizione, in continuità con quelle che l'hanno preceduta, costituisce un momento di ampliamento dei temi tecnici legati al collaudo e di continuo approfondimento delle relative tematiche.

In tal senso, quindi, il panorama tecnico è ampliato ad alcune particolari opere di fondazione profonda, ossia i pali, illustrandone sia i metodi di verifica meccanica che quelli di riscontro della integrità strutturale: tali procedure, ovviamente, sono funzionali alle operazioni di collaudo ma non solo.

Ciò significa che, da un lato, si introducono e commentano le procedure di collaudo di natura meccanica, sia per le informazioni da usare nel progetto strutturale che per la verifica sull'eseguito, dall'altro, le sequenze tecniche di controllo e verifica del materiale impiegato nell'esecuzione delle opere, ossia il calcestruzzo.

Oltre a ciò, il quadro delle prove non distruttive è ampliato introducendo la prova pacometrica: la prova è classificata quale non distruttiva e viene inquadrata nell'uso della strumentazione, nelle informazioni oggetto d'indagine, nei risultati e nel loro significato.

Gli adempimenti del collaudo rimangono invariati sia dal punto di vista tecnico che amministrativo: il collaudo continua ad essere un giudizio che consente al collaudatore di formarsi un apprezzamento e una stima sull'opera da collaudare fino a renderla, per effetto dei propri atti, collaudabile.

Settembre 2025

IL COLLAUDO STATICO: APPROCCIO NORMATIVO

1.1. Collaudo statico

1.1.1. Concetto di collaudo e di opere da collaudare

Sulla base dell'attuale approccio normativo, «*Il collaudo statico, inteso come procedura disciplinata dalle vigenti leggi di settore, è finalizzato alla valutazione e giudizio sulle prestazioni, come definite dalle presenti norme, delle opere e delle componenti strutturali comprese nel progetto ed eventuali varianti depositati presso gli organi di controllo competenti.*» [1].

La definizione ha carattere generale, ma nel caso specifico occorre fornire indicare:

- quale opera deve essere sottoposta a collaudo statico;
- in cosa si concretizza il giudizio sulle prestazioni e sul comportamento.

1.1.1.1. Nozione di strutture di C.A. normale

L'oggetto del presente testo, come già introdotto, è costituito dal collaudo delle strutture di calcestruzzo armato normale.

Sono considerate tali, ossia strutture di calcestruzzo armato normale, o semplicemente strutture di C.A. normale, «[...] *quelle composte da un complesso di strutture in conglomerato cementizio ed armature che assolvono a una funzione statica*» [2] [3]. La definizione data consta di tre elementi essenziali e precisamente (Cfr. Fig. 1.1) [4]:

- caratteristica geometrica, ossia «[...] *complesso di strutture* [...]»;
- caratteristica materiale o fisica, ossia «[...] *conglomerato cementizio ed armature* [...]»;
- caratteristica funzionale o meccanica, ossia «[...] *che assolvono a una funzione statica*».

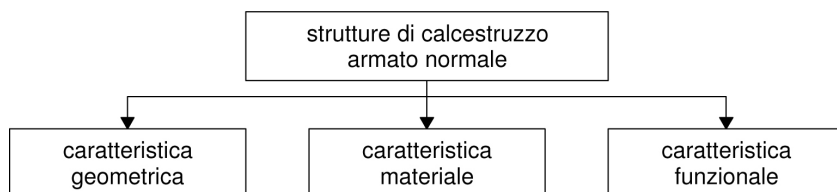


Figura 1.1. Caratteristiche delle strutture di C.A.

ADEMPIMENTI TECNICI E AMMINISTRATIVI DEL COLLAUDO STATICO E PARCELLA

2.1. Adempimenti tecnici

Gli adempimenti tecnici, come già premesso, costituiscono il mezzo attraverso il quale il collaudatore addiviene al giudizio tecnico circa la collaudabilità dell'opera [1].

L'analisi tecnica deve essere condotta sulla struttura in elevato, sulla relativa opera di fondazione e del volume significativo di terreno [1].

2.1.1. Impostazione del progetto

Uno dei primi adempimenti del collaudatore statico è l'analisi della impostazione del progetto [2].

In particolare, l'analisi generale deve riguardare [3]:

- relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, fermo restando il fatto che il progettista (strutturista) rimane responsabile della progettazione strutturale;
- relazione sui materiali;
- relazione geotecnica (del progetto esecutivo);
- elaborati grafici, inclusi i particolari costruttivi;
- piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera;
- relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini specialistiche ritenute necessarie alla realizzazione dell'opera;
- eventuali altri elaborati prodotti dal progettista e ritenuti essenziali al calcolo strutturale.

Particolare attenzione deve esser posta alle scelte progettuali relative alla vita nominale dell'opera, alla classe d'uso, alle azioni sulla struttura e ai periodi di riferimento considerati. In generale, quindi, il collaudatore controllerà che siano state messe in atto tutte le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti i controlli sperimentali previsti dalle norme [2].

L'analisi del progetto è fondamentale per verificare se sono stati rispettati i limiti e vincoli normativi in ordine ai vari aspetti della progettazione. Il collaudatore statico deve verificare, fra le altre cose, se siano stati rispettati in fase di progettazione strutturale (elenco non esaustivo):

- le percentuali minime di armatura;

PROVE DI CARICO

3.1. Prove di carico

3.1.1. Aspetti normativi procedurali

Il collaudatore statico, se ritenuto necessario e se già non vi abbia provveduto la Direzione Lavori, può disporre l'esecuzione di prove di carico [1] [2]. Le prove e la loro esecuzione coinvolgono tutte le figure professionali e tecniche interessate alla realizzazione dell'opera. In particolare, le figure coinvolte sono, oltre al collaudatore statico, il direttore dei lavori, il progettista (delle strutture) e il costruttore [1] [2]:

- **il collaudatore statico** definisce il programma delle prove di carico comunicandolo al direttore dei lavori per la sua attuazione e rendendolo noto al progettista delle strutture e al costruttore;
- **il progettista (delle strutture)**, valuta la compatibilità del programma delle prove con la struttura ed esprime parere di convalida o meno sul programma;
- **il costruttore (dell'opera)** è chiamato alla analisi del programma ed alla sua accettazione o diniego;
- **il direttore dei lavori** ha il compito della esecuzione materiale delle prove di carico.

Identificati i soggetti in questione e la loro interazione si possono verificare, sostanzialmente, due differenti situazioni (Cfr. Fig. 3.1) [1] [2]:

- il progettista delle strutture convalida il programma delle prove e il costruttore lo accetta; il direttore dei lavori procede alla materiale esecuzione delle prove secondo le modalità indicate dal collaudatore statico;
- o il progettista delle strutture non convalida il programma delle prove o il costruttore non lo accetta; il collaudatore statico, con relazione motivata, può o chiede al direttore dei lavori l'esecuzione delle prove secondo le modalità indicate o dichiarare l'opera non collaudabile.

Relativamente alle prove di carico, il collaudatore statico si assume la piena responsabilità mentre il direttore dei lavori è responsabile della loro materiale esecuzione [1] [2].

3.1.2. Scopo della prova di carico

L'obiettivo della prova di carico, eseguibile quando i materiali hanno raggiunto le resistenze previste in condizioni di esercizio, è quello di definire la corrispondenza esistente

PROVE SU MATERIALI E STRUTTURE

4.1. Prove di sui materiali: quadro generale

Le prove sui materiali possono essere condotte in laboratorio o in situ e, inoltre, si differenziano fra prove distruttive, semi-distruttive (ossia prove che arrecano danni di limitata o trascurabile entità alle strutture) e non distruttive.

Si può esplicitare il contesto delineato secondo il quadro riportato in Fig. 4.1.

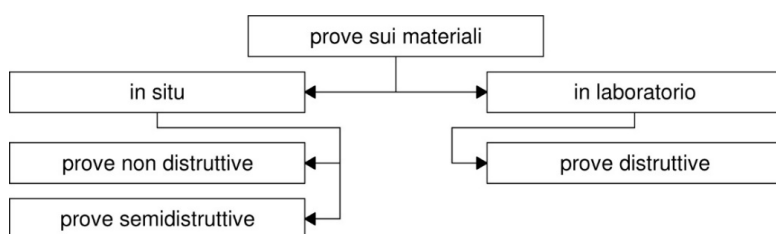


Figura 4.1. Prove sui materiali

Le prove possono essere ulteriormente classificate in prove meccaniche, acustiche, elettro-magneto-metriche e chimiche.

4.2. Prove non distruttive sui materiali

Si possono utilizzare differenti prove o controlli non distruttivi (PND o CND) per definire, a vario livello, le caratteristiche dei materiali in opera: il termine non distruttivo indica la totale assenza di danno sulla struttura.

Le prove non distruttive possono essere suddivise in prove strumentali geometriche e prove strumentali meccaniche: per le prove strumentali geometriche si fa riferimento solo ed esclusivamente alla prova pacometrica mentre per quelle meccaniche si considerano tre tipi di prove/controlli.

Il risultato di tali controlli è di natura prettamente qualitativa anche se si possono ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali tramite campioni statisticamente significativi e con adeguate leggi o curve di taratura degli strumenti utilizzati.

In questa sede si riporrà l'attenzione su tre di tali prove: prova sclerometrica, ultrasonica e prova SonReb (utilizzo combinato della prova sclerometrica e ultrasonica).

PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

5.1. Prove di accettazione dei materiali: introduzione

Le prove di accettazione dei materiali costituiscono prerogativa e scelta tipica del direttore dei lavori: l'accettazione del materiale avviene, quasi sempre, in cantiere e il direttore dei lavori verifica la rispondenza della fornitura al capitolato ed ai requisiti tecnici di norma e del progetto.

Ciò non determina alcuna limitazione a che il collaudatore richieda o concordi con il direttore dei lavori l'esecuzione di specifiche prove di accettazione dei materiali: la ragione di tale richiesta o di tale condotta, anche se non espressamente prevista dalla norma, non può che essere funzionale alla formazione del più ampio e completo giudizio tecnico del collaudatore stesso.

Le prove di accettazione sono legate alle tematiche tecniche del calcestruzzo per opere gettate in loco, sia miscelato in cantiere sia preconfezionato o prodotto in appositi impianti di betonaggio. Tali tematiche sono diverse e riguardano (elenco non esaustivo) [1]:

- materie prime, dosaggi e qualità per il confezionamento del calcestruzzo;
- proprietà, conformità e consegna del calcestruzzo fresco;
- specifica del calcestruzzo (requisiti di base e requisiti aggiuntivi).

In generale, le proprietà meccaniche di un calcestruzzo dipendono dalla composizione granulometrica della miscela, dal tipo di cemento e dal rapporto acqua/cemento, ossia dalla dosatura dei componenti. È la dosatura che determina e influisce sulla consistenza, lavorabilità, durabilità e resistenza del calcestruzzo.

In particolare, è il giusto rapporto acqua/cemento l'elemento che garantisce la giusta lavorabilità e la resistenza di progetto richiesta.

Le prove sul calcestruzzo fresco sono in grado di fornire una indicazione sulla dosatura dei componenti o di identificare, a posteriori, le possibili cause che determinano un dato comportamento meccanico del calcestruzzo indurito.

L'esecuzione di tali prove, quindi, non può che concorrere positivamente, come detto, alla formazione del giudizio tecnico del collaudatore e rafforzare le proprie decisioni in merito alla collaudabilità di un'opera.

Prima di procedere oltre, innanzi tutto, è necessario chiarire alcuni concetti di base e precisamente il concetto di calcestruzzo fresco e di campionamento. Secondo norma, il calcestruzzo fresco è quel calcestruzzo completamente miscelato ed ancora in una condizione che lo rende in grado di essere compattato mediante il metodo previsto [2].

METODI NUMERICI PER L'ANALISI INGEGNERISTICA

6.1. Premessa

I risultati delle prove sperimentali altro non sono che descrizioni approssimate di specifiche grandezze fisiche e/o geometriche.

Al fine di introdurre adeguatamente le problematiche legate alle misure sperimentali ed al trattamento delle stesse si può considerare un semplice esempio.

Si consideri la lunghezza di una matita e la si misuri: si utilizzi, quale strumento di misura, una riga millimetrata come in Fig. 6.1.

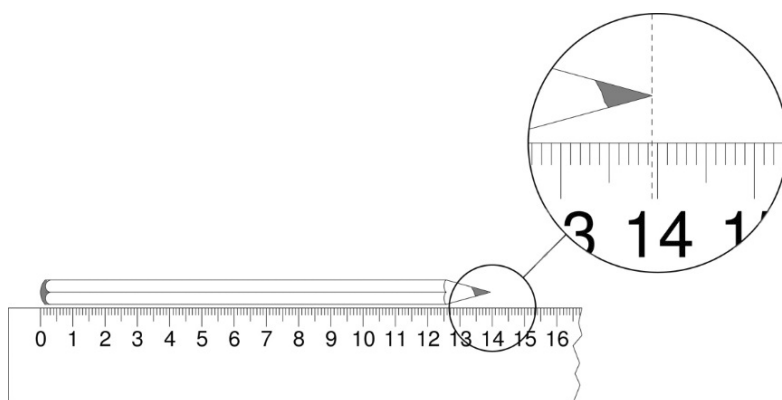


Figura 6.1. Misura di una lunghezza

La matita misura poco meno di 14 cm e precisamente risulta essere compresa fra 13.9 cm e 14 cm.

Per motivi che verranno meglio chiariti nel seguito, si riportano le due misure in millimetri per cui la lunghezza misurata sarà compresa fra 139 mm e 140 mm.

Ma quanto misura realmente la matita? Al fine di rispondere, si possono fare diverse considerazioni, la prima delle quali è legata allo strumento utilizzato, ossia una riga millimetrata, che non consente precisioni maggiori di quanto già evidenziato.

Poiché la dimensione è compresa fra due tacche marcate dello strumento, non è possibile indicare i decimali a meno di non far ricorso ad una fervida fantasia, della quale, per fortuna, la maggior parte degli ingegneri risulta sprovvisto.

ESEMPI APPLICATIVI

7.1. Premessa

Di seguito si propongono una serie di esempi applicativi sia relativi al semplice trattamento di dati numerici sia relativi a casi della pratica tecnica.

In buona sostanza, gli esempi affrontano le tematiche trattate nel testo analizzandone le diverse soluzioni, se possibili. In dettaglio:

- i primi tre esempi riguardano il trattamento dei dati numerici, arrotondamento, troncamento e propagazione dell'errore;
- gli esempi dal quattro al sei riguardano le prove sclerometriche;
- l'esempio sette riguarda la prova ultrasonica;
- gli esempi otto e nove riguardano i controlli di accettazione del calcestruzzo.

7.2. Esempio 1: troncamento e arrotondamento

Si esegua il troncamento e l'arrotondamento di π . In particolare, si consideri il troncamento e l'arrotondamento alla IV cifra significativa e si confronti l'errore vero e si esegua, inoltre, l'arrotondamento alla V e VII cifra significativa.

Risoluzione

Il numero $\pi = 3.1415926535\dots$ e così via. Il troncamento alla IV cifra significativa porta ad un numero:

$$\pi = 3.141$$

mentre l'arrotondamento alla IV cifra significativa porta ad un numero:

$$\pi = 3.142$$

essendo la prima cifra della parte eliminata 5 e tutti i numeri sono diversi da zero, ossia almeno una cifra è diverso da zero (cioè la parte eliminata supera più della metà dell'ultima potenza conservata per cui l'ultima cifra conservata è incrementata di una unità).

L'errore assoluto limite di troncamento è ($m = 0, n = 4$):

$$\Delta = |3.141 - 3.1415926535| = 0.0005926535 \dots \leq 10^{m-n+1} = 10^{0-4+1} = 10^{-3} = 0.001$$

mentre l'errore assoluto limite di arrotondamento è ($m = 0, n = 4$):

MODULISTICA E CERTIFICATI

8.1. Certificati e moduli documenti

La modulistica riportata nel presente capitolo, in parte è tratta dai documenti pubblicati dallo Stato Italiano, in parte è conseguenza delle posizioni definite dalla Legge.

8.2. Check-list

Si propone come primo strumento una check-list organizzata a fascicolo, utile per monitorare le fasi del collaudo e verificare la coerenza e completezza dei documenti.

8.3. Certificati e dichiarazioni

La modulistica, come premesso, è quella pubblicata dallo Stato adattata in relazione al soggetto destinatario della comunicazione e ai contenuti della stessa.

8.3.1. Verbale di visita, relazione e certificato di collaudo

Come ogni documento tecnico, anche il certificato di collaudo deve rispettare requisiti minimi di forma e contenuto. Deve includere almeno tre elementi tecnici fondamentali:

- 1) **Verbale delle visite di collaudo:** il verbale della visita di collaudo contiene diversi elementi e per ogni giorno di visita deve essere redatto il relativo verbale; innanzi tutto la visita di collaudo, come già introdotto, deve essere effettuata alla presenza del Direttore dei lavori e del costruttore; il verbale di visita contiene:
 - il giorno della visita di collaudo e i soggetti presenti;
 - il controllo di rispondenza dei lavori al progetto;
 - verifica dimensionale delle opere, controllo generale dello stato delle opere e controllo dello stato dei getti;
 - controllo e verifica della presenza di quadri fessurativi e loro natura;
 - verifica e controllo della documentazione post-progetto esecutivo fornita dalla D.L. e dal costruttore;
 - prove eseguite.

Il verbale di collaudo deve essere sottoscritto dai presenti; a seguito della visita di collaudo, il collaudatore redige la relativa *Relazione di collaudo*.

SOFTWARE PER LA VERIFICA DI ACCETTAZIONE DI FORNITURE DI CALCESTRUZZO E ACCIAIO

Parte integrante della pubblicazione sono i seguenti software per la verifica di accettazione di forniture di calcestruzzo e acciaio:

- **CoC**: software per i controlli di collaudo su calcestruzzo ed acciaio ed i relativi criteri; il software, inoltre, gestisce il pacchetto completo di informazioni funzionali alle operazioni di collaudo inclusa una lista di controllo.
- **AnaDat**: software per la gestione dei dati e dell'anagrafica di clienti e ditte; il pacchetto è di uso generale e può essere utilizzato non solo dal software CoC ma anche dagli altri software dotati delle funzionalità per l'accesso all'archivio.

CoC e **AnaDat** sono disponibili nella **WebApp inclusa** che gestisce anche lo **Speciale progettazione strutturale antisismica**, una banca dati di normativa e giurisprudenza sempre aggiornata, a cura della redazione di www.lavoripubblici.it.

10.1. Requisiti hardware e software

- **WebApp**: dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android; accesso ad internet e browser web con Javascript attivo; software per la gestione di documenti Office e PDF.
- **Coc e AnaDat**: processore da 2.00 Ghz; MS Windows Vista/7/8/10; MS .Net Framework 4+; 250MB liberi sull'HDD; 2GB di RAM; accesso ad internet e browser web con Javascript attivo; Adobe Reader 11+; MS Office 2007+.

10.2. Attivazione della WebApp

- Collegarsi al seguente web link:

https://www.grafill.it/pass/0509_4.php

- Inserire i codici **[A]** e **[B]** presenti nell'ultima pagina del libro e cliccare **[Continua]**;
- Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su www.grafill.it;
- Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** a fianco del prodotto acquistato;
- Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**;
- Accedere alla WebApp cliccando la copertina esposta sullo scaffale **Le mie App**.

