

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo

SEMINARIO DI AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE

IL COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE

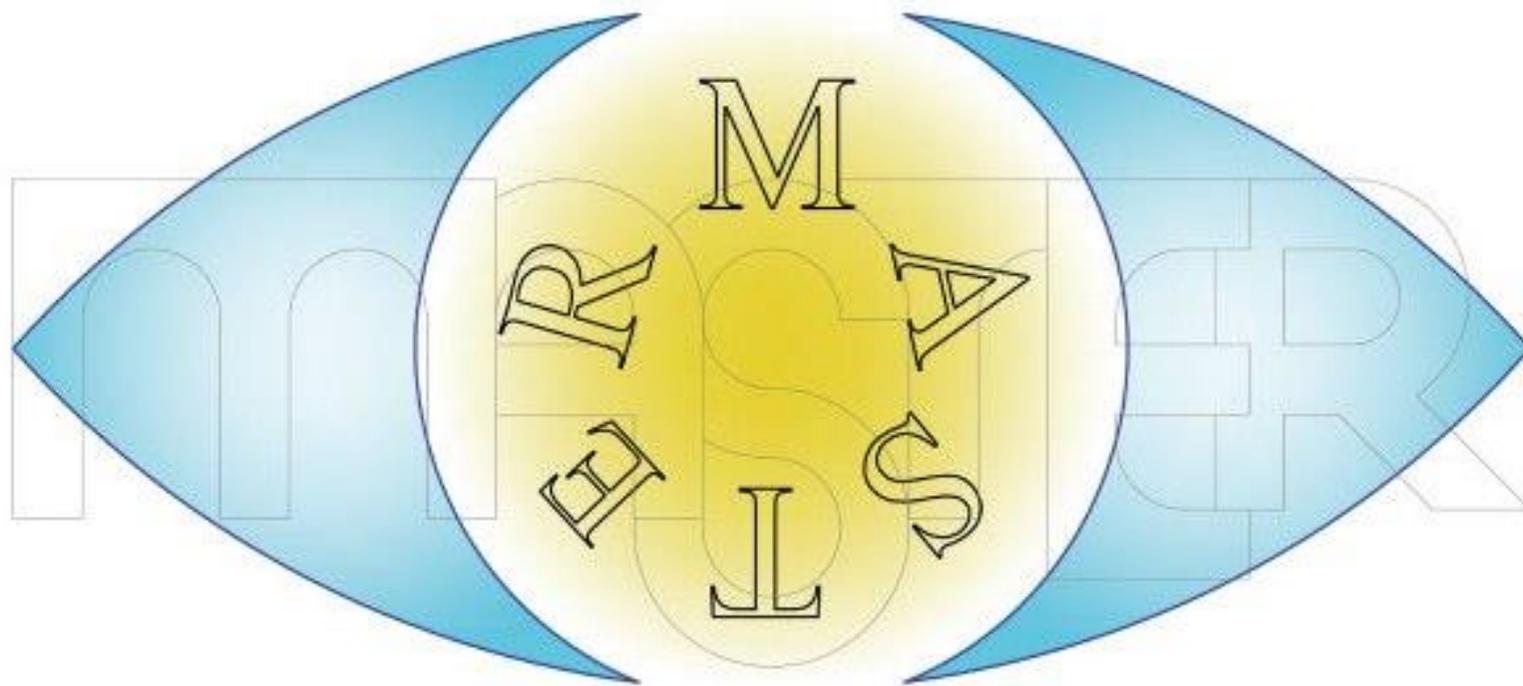
Addaura Mondello - Palermo, 26 settembre 2014

Relatore: Ing. Santo Mineo

Amministratore unico CIMENTO S.r.l. – Laboratorio di diagnostica strutturale

Vicedirettore associazione MASTER – Materials And Structures TESting and Research





Materials and Structures Testing and Research
www.masteritalia.org



Fondazione ed obiettivi

L'Associazione “**MA**aterials and **ST**ructures, **TE**sting and **RE**search” (**MASTER**) è stata fondata in data 14 ottobre 2009 su iniziativa di ventuno tecnici provenienti dal mondo professionale operante nel settore dell'ingegneria civile.

La **MASTER** ha sede a Roma in Via dell'Acqua Traversa 187/189 (c/o Istituto Informa).

L'associazione:

- non persegue scopi a fini di lucro;
- è espressione di assoluta libertà ed indipendenza;
- ha carattere esclusivamente scientifico e culturale.



Gli obiettivi principali dell'associazione sono:

- la **promozione della cultura della sicurezza e della ricerca nel campo dell'ingegneria civile** con particolare riguardo al recupero ed alla conservazione del patrimonio edilizio e delle infrastrutture;
- la **divulgazione tecnico-scientifica della cultura delle prove su strutture, del monitoraggio e dei controlli non distruttivi** attraverso l'informazione continua e l'educazione permanente;
- la **valorizzazione dello svolgimento e lo sviluppo dell'attività associativa** favorendo lo scambio di idee, informazioni, esperienze e conoscenze tra i soci.



In particolare l'associazione **promuove ed organizza manifestazioni, congressi e riunioni a carattere scientifico e culturale.**

Instaura e mantiene **rapporti di collaborazione** con altre associazioni affini e con tutti i Dipartimenti, Istituti, Enti, Centri Studi e di Ricerca, che operano nel settore delle prove su strutture, del monitoraggio e dei controlli non distruttivi.



L'associazione ha fondato la rivista MASTER Magazine, in cui i soci e non soci, possono pubblicare articoli scientifici, esperienze professionali, interviste, ecc.;



*** Editoriale

Inizia la nostra avventura

a cura di Stefano Bufarini e Vincenzo D'Aria
Presidenti MASTER

Dopo essere stati ospiti per due uscite all'interno della prestigiosa rivista mensile "Ambiente & Sicurezza sul Lavoro" della EPC Periodici di Roma, finalmente coroniamo il sogno di dotarci una nostra rivista associativa.

L'obiettivo della rivista, denominata MASTER MAGAZINE, si allinea fedelmente ai principi che hanno ispirato la fondazione della nostra associazione, ed in particolare:

- la promozione della cultura della sicurezza e della ricerca nel campo dell'ingegneria civile con particolare riguardo al recupero ed alla conservazione del patrimonio edilizio e delle infrastrutture;
- la divulgazione tecnico-scientifica della cultura delle prove su strutture, del monitoraggio e dei controlli non distruttivi attraverso l'informazione continua e l'educazione permanente;
- la valorizzazione dello svolgimento e dello sviluppo dell'attività associativa favorendo lo scambio di idee, informazioni, esperienze e conoscenze tra i soci.

La rivista, che avrà cadenza trimestrale, sarà un mezzo a completo servizio dei soci: gli stessi potranno inviare alla redazione e far quindi pubblicare articoli scientifici, esperienze professionali, interviste, ecc.

Il MASTER MAGAZINE sarà, in via sperimentale per un anno, liberamente consultabile come rivista sfogliabile online dalla home-page del sito www.masteritalia.org.

Il primo numero del MASTER MAGAZINE presenta ai suoi lettori sei interessanti contributi. L'articolo dell'ing. Domenico Squillacioti è una profonda riflessione tecnica sul crollo di un ponte metallico a via inferiore sito tra Montepaone e Soverato (CZ). L'ing. Santo Mineo presenta un esempio di monitoraggio dei quadri fessurativi come elemento di collaudo degli interventi di consolidamento geotecnico.

Il gruppo di lavoro costituito dal Prof. Ing. Fabrizio Davi, Dr. Stefano Bufarini e Dr. Vincenzo D'Aria dell'Università Politecnica delle Marche presenta un innovativo sistema di monitoraggio delle opere civili mediante impiego di stazione totale robotizzata servo-assistita ad alta precisione.

MASTER MAGAZINE

Riflessioni sul crollo di un ponte metallico a via inferiore sito tra Montepaone e Soverato (CZ)

Ing. Domenico Squillacioti¹

Nel mese di giugno scorso, in fase di completamento della pavimentazione, è crollata una passerella pedonale a struttura metallica posta tra Montepaone e Soverato (CZ).

La passerella pedonale è situata sul torrente denominato "Beltrame" (o Soverato). Essa si compone di cinque campate ognuna delle quali è costituita da due strutture reticolari composte da un corrente superiore leggermente inclinato, da un corrente inferiore orizzontale e da aste di parete costituite da montanti verticali e diagonali, queste ultime disposte in modo da risultare te (caprata tipo "Mohini" - vedere Foto 1 e 3).



Foto 1
Campata crollata - Da notare la deformata dei correnti superiori

Da un'analisi a vista, il collasso della struttura è riconducibile alla crisi del corrente superiore compresso.

La fase del crollo (pavimentazione del piano di traffico quasi completata e, dunque, assenza completa del carico di esercizio), induce a ritenere che siano state sottovalutate le problematiche inerenti lo svergolamento fuori dal piano della capriata del corrente superiore compresso. Tale resistenza è, di solito, determinata da insufficienza di vincoli trasversali (controventamenti).

In buoni sostanza, il corrente superiore compresso, a causa dell'insufficienza di controventi, può risultare instabile sull'intera luce della campata per carico di punta.

Lo schema statico del corrente superiore in presenza di vincoli laterali continui (in genere i vincoli sono costituiti da robusti telai ad U il cui compito è anche quello di presidiare alla conservazione della forma della sezione trasversale), risulterà quello di figura 1.

¹Libero professionista - Docente di Costruzioni - Disegno e Progettazione presso la Scuola d'Istruzione Superiore "G. Malafarina" di Soverato (CZ). Direttore Associazione MASTER.

MASTER MAGAZINE



Dalla collaborazione scientifica tra i soci sono stati redatti e pubblicati diversi testi scientifici (casa editrice ECP)

- ***Monitoraggio delle Strutture***
- ***Il controllo strutturale degli edifici in cemento armato e muratura***
- ***Controllo e verifiche delle strutture di calcestruzzo armato in fase di esecuzione***
- ***Meccanica delle murature***
- ***Collaudo statico - Prove di carico su solai ed impalcati***



E D I L I Z I A
Quaderni per la progettazione

Stefano Bufarini, Vincenzo D'Aria
Santo Mineo, Domenico Squillacioti

Monitoraggio delle strutture

Degradi, dissesti ed analisi dei quadri fessurativi



EPC LIBRI

S T R U T T U R E
Quaderni per la progettazione

A. Zizzi, S. Mineo, S. Bufarini, V. D'Aria

Controlli e verifiche delle strutture di calcestruzzo armato in fase di esecuzione

Compiti e responsabilità del Direttore dei Lavori secondo
le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008)
e la Circolare esplicativa n. 617/2009



EPC
EDITORE



COLLAUDO

Definizione di collaudo

Dal latino *com=cum* con, insieme e *laudare* lodare, approvare, è una voce usata col significato di approvare e **riconoscere formalmente la regolare esecuzione di un pubblico lavoro.**

Con il termine collaudo **nell'ambito dell'ingegneria**, si fa riferimento ad una serie di operazioni messe in atto in modo da verificare il **corretto funzionamento di un'opera di ingegno prima che questa venga destinata all'utilizzo.**

In genere durante il collaudo si misura la **risposta dell'opera progettata a delle condizioni che sono identiche o che simulano le condizioni reali** alle quali si prevede che l'opera sarà sottoposta durante il suo funzionamento.



COLLAUDO STATICO

Il collaudo statico riguarda **il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante.**



Il **collaudo statico** costituisce un aspetto specialistico della più ampia attività di **collaudo tecnico amministrativo**.

Esso riguarda i manufatti (strutture) rientranti tra quelli indicati nell'art. 1 della Legge n.1086 del 5/11/1971 "*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*".

Ad oggi la legge 1086/71 trova attuazione nel **D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni"** che definisce le attività di collaudo statico nel capitolo 9.

Il **collaudo statico**, tranne casi particolari, va eseguito **in corso d'opera** quando vengono posti in opera elementi strutturali non più ispezionabili, controllabili e collaudabili a seguito del proseguire della costruzione.

Le opere non possono essere poste in esercizio prima dell'effettuazione del collaudo statico.



OBBLIGATORIETA' DEL COLLAUDO STATICO

L'**obbligatorietà del collaudo statico** è prevista dall'articolo 7 della legge 5 novembre 1971 n. 1086 *“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale precompresso e a struttura metallica”* per le seguenti opere:

- **opere in conglomerato cementizio armato normale**, cioè quelle composte da un complesso di strutture in conglomerato cementizio e armature metalliche che assolvono a una funzione statica;



- **opere in conglomerato cementizio armato precompresso** cioè quelle composte da strutture in conglomerato cementizio e armature metalliche nelle quali si imprime artificialmente uno stato di sollecitazione addizionale di natura ed entità tale da assicurarne permanentemente l'effetto statico voluto;



- **opere a struttura metallica** cioè quelle nelle quali la statica è assicurata in tutto o in parte da elementi strutturali in acciaio o in altri metalli.



La Circolare n. 11951 del 14 febbraio 1974 chiarisce che il **collaudo statico deve riguardare tutte le opere di ingegneria civile**, mentre possono essere escluse oltre a singole membrature anche elementi costruttivi in c.a. che assolvono a una funzione di limitata importanza nel contesto statico dell'opera.

Le opere strutturali non possono essere poste in esercizio prima dell'effettuazione del relativo collaudo statico.

L'art.67, comma 1, del D.P.R. 6 giugno 2001 n.380 (T.U. sull'edilizia) stabilisce che **tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità devono essere sottoposte a collaudo statico**



Con l'avvento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni NTC 2008, poiché queste prevedono che ***“il collaudo statico riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante”***, è indubbio che questo debba essere esteso alle opere con struttura in muratura e in legno.



Sono **soggetti a collaudo statico**, inoltre, gli **interventi di miglioramento sismico e adeguamento sismico** delle strutture.

NORMATIVA COGENTE

Legge n°1086 del 05 novembre 1971 - *“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*

Legge n°64 del 2 febbraio 1974 – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.”*

D.P.R. n°246 del 21 aprile 1993 *“Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106 CEE relativa ai prodotti da costruzione”*

D.P.R. n°380 del 6 giugno 2001 *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.”*

D.M. 14 gennaio 2008 - *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”*

Circolare n.617 del 02 febbraio 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - *“Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.”*



REQUISITI DEL COLLAUDATORE STATICO

I requisiti e gli obblighi del collaudatore sono richiamati nell'art. 7 della Legge 1086/71. In particolare il collaudo statico deve essere eseguito da ingegnere o architetto iscritto all'albo da almeno 10 anni che non sia intervenuto in alcun modo nella progettazione, nella esecuzione e nella direzione dei lavori dell'opera.

Tali requisiti devono essere espressamente attestati dal collaudatore all'atto di accettazione della nomina da parte del committente o del costruttore.



MODELLO DI
Nomina del collaudatore statico da parte del committente

.....
(Committente)

Al
Via..... n.
.....

NOMINA DEL COLLAUDATORE STATICO
(art. 7, legge 5 novembre 1971, n. 1086, e art. 67, c. 3, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380)

Dati identificativi dell'opera:

Sito in comune di:

Committente:

Il sottoscritto in qualità di committente delle opere sopracitate, che verranno realizzate da:

Impresa:

conferisce

l'incarico di effettuare il collaudo statico delle strutture al residente in via
..... n., iscritto all'ordine degli Ingegneri/Architetti della Provincia di n.....
l'incarico di Collaudatore delle strutture.

Il committente

.....



MODELLO DI
Richiesta terna di nominativi per la scelta del collaudatore all'ordine provinciale degli architetti o degli ingegneri
(art. 67, c. 4, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380)

.....
(Impresa)

All'Ordine degli
della Provincia di
Via n.

Oggetto: lavori di
Richiesta di terna di nominativi per conferimento incarico di collaudatore statico ai sensi dell'art. 7, c. 4, legge 5 novembre 1971, n. 1086 e dell'art. 67, c.4, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380.

Il sottoscritto residente in Via n., in qualità di costruttore in proprio dei lavori indicati in oggetto:

- Progettista delle opereresidente invia iscritto all'ordine deglidella provincia dial n.
- Progettista delle strutture residente invia iscritto all'ordine deglidella provincia dial n.
- Direttore dei lavori residente invia iscritto all'ordine deglidella provincia dial n.
- Strutture del tipo

chiede

a Codesto Ordine Professionale una terna di nominativi per la scelta del collaudatore statico delle opere in oggetto.

Si comunica che le operazioni di collaudo dovranno essere completate entro la data del

....., li

L'impresa



MODELLO DI
Comunicazione di nomina del collaudatore statico tra la terna di nominati proposta dall'Ordine provinciale degli architetti o degli ingegneri
(art. 67, c. 4, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380)

.....
(Impresa)

All'Ordine degli
della Provincia di
Via n.

Oggetto: lavori di
Nomina del collaudatore statico ai sensi dell'art. 7, c. 4, legge 5 novembre 1971, n. 1086 e dell'art. 67, c.4, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380.

Il sottoscritto residente in Vian., in riferimento alla vostra lettera di terna di nominativi segnalati, prot. n..... del, comunica di avere scelto come collaudatore statico dei lavori indicati in oggetto l'arch./ing. con studio in via n. ..., iscritto all'Ordine degli della Provincia di..... al n.

....., li

L'impresa
.....



MODELLO DI Accettazione dell'incarico di collaudo statico

Al Comune di
Sportello Unico per l'edilizia
oppure
Al Genio Civile della Provincia di

ACCETTAZIONE DELL'INCARICO DI COLLAUDO STATICO (art. 7, legge 5 novembre 1971, n. 1086, e art. 67, c. 3, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380)

Dati identificativi dell'opera:
Sito in comune di:

Committente:

Il sottoscritto con studio in via n., iscritto all'Ordine degli della Provincia di
al n., in qualità di collaudatore statico delle strutture:
.....

a seguito del conferimento dell'incarico con nota n. del di effettuare il collaudo statico delle opere sopra descritte che verranno realizzate da:

Impresa:

dichiara

- di impegnarsi ad espletare quanto conferito entro 60 giorni dalla comunicazione del direttore dei lavori attestante che le opere strutturali sono state ultimate;
- di essere iscritto da oltre 10 anni all'albo professionale;
- di accettare l'incarico impegnandosi a non prendere parte in alcun modo alla direzione ed esecuzione dei lavori.

Il collaudatore statico
.....



IL COLLAUDATORE NEL CONTESTO DELLA REALIZZAZIONE DI UN OPERA STRUTTURALE

I soggetti che a vario titolo, e ciascuno con la propria responsabilità, sono coinvolti nella realizzazione di un'opera sono:

- Il committente
- Il progettista
- L'impresa esecutrice
- Il centro di trasformazione
- Il direttore dei lavori
- Il collaudatore statico
- Il laboratorio di prova



Il committente

Chiunque affidi la progettazione o l'esecuzione di lavori per la costruzione, la ristrutturazione o la manutenzione di un'opera edile o civile riveste la funzione di committente dei lavori e, quindi assume gli obblighi e le funzioni previste dalla legge, con importanti responsabilità penali in caso di mancato rispetto di tali obblighi.



Il progettista

E' colui che redige il **progetto di un'opera**, attraverso un **processo o attività di progettazione**, basandosi sui **principi di scienza, coscienza ed esperienza**, **definendo cosa verrà costruito e come verrà costruito**, il tutto secondo le direttive, o aspettative, impartite dalla committenza ed applicando pedissequamente, nel contempo, le normative tecniche vigenti di settore.

Il progettista ha la responsabilità diretta della progettazione di tutte le strutture dell'opera comunque realizzate.

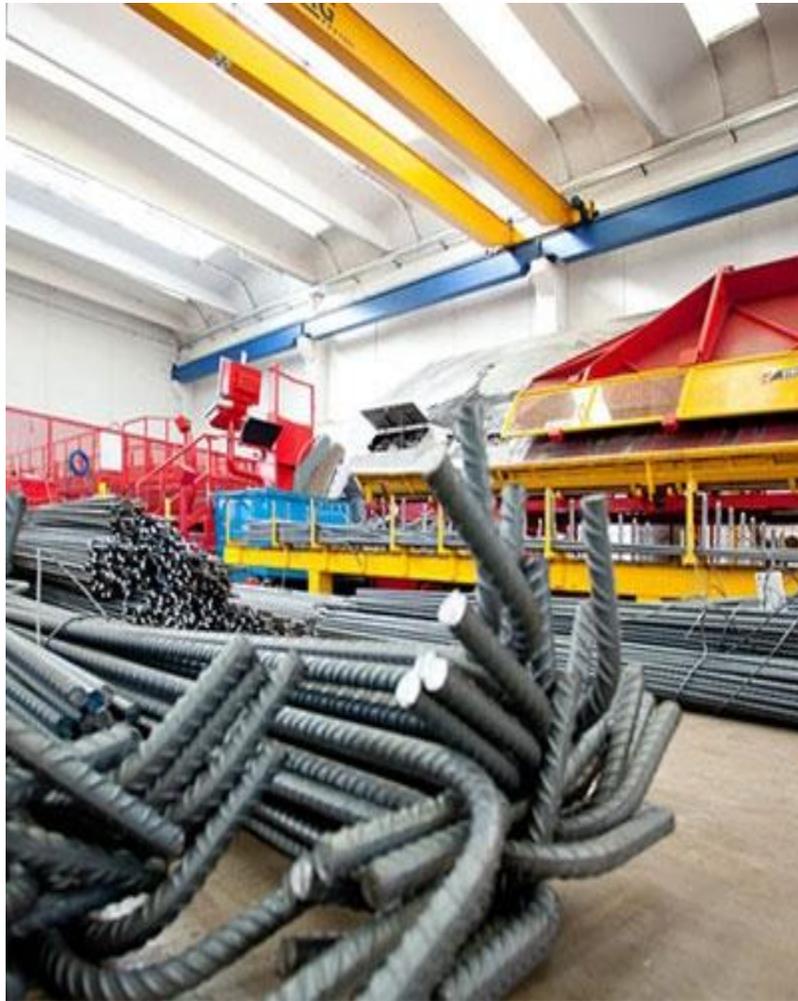


L'impresa esecutrice

E' quell'impresa che esegue un'opera o parte di essa, secondo uno specifico progetto, impegnando proprie risorse umane e materiali.



Centro di trasformazione



Le NTC 2008 definiscono **centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere**, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiera o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni. **Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine**, accompagnati dalla documentazione prevista al § 11.3.1.5. delle NTC (forniture e documentazione di accompagnamento).

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da **dichiarazione**, su documento di trasporto, **degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività**, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle **prove di controllo interno fatte** eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.



Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato **ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi**, ossia non accompagnate dalla certificazione di rito, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

Di tale documentazione accompagnatoria delle forniture dei prodotti provenienti dai centri di trasformazione dovrà prendere atto **il collaudatore**, che **riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione** che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.



BUREAU VERITAS
Certification

Certificato di Conformità
 Rilasciato a
FERROCHIENTI SNC

SEDE LEGALE Via Aldo Moro, 17 - 62036 PIEVE TORINA - MC
 SEDE OPERATIVA Via C. Colombo, 68 - 62029 TOLENTINO - MC
 SITO OPERATIVO Via C. Urbani, 4 - 62020 BELFORTE DEL CHIETI - MC

Bureau Veritas Italia S.p.A. certifica che il Sistema di Gestione di questa organizzazione è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma

ISO 9001:2008
 in relazione al seguente scopo

Lavorazione e vendita di acciaio per cemento armato.

Settore / EA di attività: 17

Data inizio validità: 15/12/2009
 Scadenza: 14/12/2012

La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza periodica ed è consultabile sul sito www.bureauveritas.it
 Ulteriori chiarimenti riguardanti lo scopo di questo certificato e l'applicabilità del sistema di gestione possono essere acquisiti contattando l'organizzazione.

Certificato N° IT232838

ISO 9001:2008
 ICA N° 0042
 PISA N° 0018
 ICB N° 0017
 PISA N° 0011

Member of Bureau Veritas Certification S.p.A. & C.I.
 Bureau Veritas Italia S.p.A. - Divisione Certificazione - Viale Monza, 201 - 20128 Milano - IT. M.I.X.

**ATTESTATO DI DENUNCIA DELL'ATTIVITA' DI
 CENTRO DI TRASFORMAZIONE**

N. 709/10

In conformità al DM 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" si attesta che la Ditta:

FERROCHIENTI snc

per il proprio stabilimento di:

Via Carlo Urbani, 4 - 62020 - BELFORTE DEL CHIETI (MC)

ha depositato presso il Servizio Tecnico Centrale la documentazione inerente il possesso dei requisiti richiesti dalla norma per la lavorazione dell'acciaio finalizzata alla:

SAGOMATURA FERRO PER C.A.

Ogni confezione del prodotto lavorato è riconducibile alla Ditta di cui sopra, con tutte le informazioni utili ad individuare la commessa, attraverso la seguente etichetta:

Lavorazione e vendita Acciaio per cemento armato

Qualità acciaio: C40SD usabile C40SD usabile

Nome: _____

Cantieri: _____

Via Carlo Urbani 4 Belforte del Chieti (MC) - tel. 073398919

Il presente attestato di deposito ha il solo obiettivo di identificare il Centro di Trasformazione. In tal senso l'attestato di deposito non è finalizzato a certificare la concreta idoneità tecnica del prodotto di lavorazione alle diverse utilizzazioni cui può essere destinato e non può trasferire la responsabilità del Centro di Trasformazione e del progettista al Servizio Tecnico Centrale, restando nella responsabilità delle figure suddette ogni specifica applicazione del prodotto. Il presente attestato ha validità sino a che le condizioni iniziali, sulla base delle quali è stato rilasciato, non subiscano modifiche significative.

Roma, 15.06.2010

IL DIRIGENTE DEL
SERVIZIO TECNICO CENTRALE
Ing. Bruno SANTORO

ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE ED ISPEZIONE DEI PRODOTTI DA COSTRUZIONE
 AI SENSI DELL'ART. 8 DEL D.P.R. 246/93 (NOTIFICA COMMISSIONE EUROPEA N. 0969)
 ORGANISMO DI RENDICONTI TECNICI EUROPEO (ORGANISMO EOTA) AI SENSI DELL'ART. 3 DEL D.P.R. N. 246/93
 ORGANISMO DI RENDICONTI TECNICI NAZIONALE AI SENSI DEL D.M. 14.09.2005

VIA Nomentana, 2 - 00161 ROMA -
 TEL. 06.4412.4101 FAX 06.4426.7383





Direttore dei lavori

E' quella **figura professionale scelta dal committente**, in base alle opere da eseguire e al titolo professionale richiesto dalle normative vigenti per l'esecuzione di tali opere, **con lo scopo di seguire l'andamento regolare del cantiere.**

Attraverso **visite periodiche** al cantiere **sorveglia** che tutte le indicazioni del progetto siano attuate correttamente, **impartendo anche per iscritto le necessarie disposizioni** all'impresa esecutrice.

Il direttore dei lavori è il responsabile della corretta esecuzione delle opere e sorveglia che il progetto, qualunque esso sia, venga rispettato.



Il collaudatore statico



E' quel professionista, incaricato dalla committenza, deputato del controllo attento e scrupoloso della struttura con particolare attenzione agli elementi costitutivi di maggiore rilevanza dal punto di vista statico e da una **verifica della struttura nel suo comportamento d'insieme.**

È facoltà del collaudatore, in relazione alla propria esperienza ed alla tipologia dell'opera, utilizzare tutti i mezzi di indagine ritenuti più opportuni a formarsi il convincimento della collaudabilità statica dell'opera stessa.



Nell'assolvere al proprio mandato **il collaudatore statico deve pertanto attivare una serie di procedure** che gli consentono di perfezionare il convincimento che tanto le **attività di controllo**, svolte in corso d'opera dal direttore dei lavori, che le **modalità di esecuzione dell'opera**, seguite dall'impresa, siano **coerenti con le prescrizioni previste dalle vigenti norme tecniche per le costruzioni**, e che le opere realizzate siano **conformi agli elaborati progettuali e contrattuali**.



ADEMPIMENTI DEL COLLAUDATORE STATICO – Cap.9 NTC 2008

Il **collaudo statico** di tutte le opere d'ingegneria civile regolamentate dalle norme tecniche per le costruzioni, **deve comprendere i seguenti adempimenti:**

- a) **controllo di quanto prescritto per le opere eseguite sia con materiali regolamentati** dal DPR 6.6.2001 n. 380, leggi n. 1086/71 e n. 64/74 sia con materiali diversi;
- b) **ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive** degli elementi strutturali ove il collaudatore sia nominato in corso d'opera, e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti;
- c) **esame dei certificati delle prove sui materiali**, articolato:
 - nell'accertamento del numero dei prelievi effettuati e della sua conformità alle prescrizioni contenute al Cap. 11 delle NTC 2008;
 - nel controllo che i risultati ottenuti delle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissati nel Cap. 11 delle NTC ;



d) **esame dei certificati di cui ai controlli in stabilimento** e nel ciclo produttivo, previsti al Cap. 11 delle NTC2008;

e) **controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico** fatte eseguire dal Direttore dei lavori.

Il Collaudatore, nell'ambito delle sue responsabilità, dovrà inoltre:

f) **esaminare il progetto dell'opera**, l'impostazione generale, della progettazione nei suoi aspetti strutturale e geotecnico, gli schemi di calcolo e le azioni considerate;

g) **esaminare le indagini eseguite** nelle fasi di progettazione e costruzione come prescritte nelle presenti norme;

h) **esaminare la relazione a strutture ultimate** del Direttore dei lavori, ove richiesta.



Infine, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere:

i) di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante metodi non distruttivi;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa.



DOCUMENTAZIONE DA CONSEGNARE AL COLLAUDATORE STATICO

Il **direttore dei lavori** dovrà consegnare al **collaudatore statico** la seguente documentazione:

- ✓ **copia completa del progetto esecutivo:** relazioni (generali, geologiche, geotecniche, sui materiali), fascicoli dei calcoli delle strutture in elevazione ed in fondazione, disegni esecutivi delle strutture;
- ✓ **copia della relazione struttura ultimata** attestante l'avvenuto deposito;
- ✓ la documentazione relativa alla **denuncia dei lavori** presentata (in caso di opere private);
- ✓ i **certificati delle prove di carico** (pali, solai, travi, sbalzi, etc) fatte eseguire dal direttore dei lavori;
- ✓ i **verbali di prelievo** (calcestruzzo, barre d'acciaio, etc.) eseguiti in contraddittorio con l'impresa esecutrice;



- ✓ la **documentazione di accettazione** dei materiali strutturali impiegati (acciaio, calcestruzzo, legno, ecc.) come previsto dalle norme tecniche per le costruzioni:
- **certificati di prova a compressione** ed esito del controllo di accettazione del calcestruzzo;
 - **certificati di prova a trazione** ed esito del controllo dell'accettazione dell'acciaio per calcestruzzo armato;
 - **certificati di prova a trazione** ed esito del controllo accettazione dell'acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
 - **attestato di qualificazione** per le forniture di acciaio per le quali non sussiste l'obbligo di marcatura CE (es. acciaio da c.a.);



- Elementi presaldati, presagomati o preassemblati
 - dichiarazione, sul documento di trasporto, degli **estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività**, rilasciato dal servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione
 - **attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno** fatto eseguire al direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Gli estremi della documentazione di cui sopra devono essere riportati del certificato di collaudo statico.



IL CONTROLLO DEI MATERIALI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Il **collaudatore statico** deve procedere al controllo di quanto prescritto per le opere eseguite sia con materiali regolamentati dal DPR 6.6.2001 n. 380 (T.U.E.), leggi n. 1086/71 e n. 64/74 sia con materiali diversi (su parere del CSLPP)

Materiali strutturali “convenzionali”: muratura, cemento armato normale e precompresso, acciaio, legno.

Materiali strutturali “non convenzionali”: alluminio, fibra di carbonio, polimero fibrorinforzato pultruso (fpr), vetro, etc.

In pratica il **collaudatore deve verificare la corrispondenza dei materiali usati alle disposizioni di progetto e alle norme vigenti.**

Per la conformità dei materiali strutturali alle vigenti norme il collaudatore dovrà verificare che sia stato rispettato, per ciascun materiale strutturale, quanto indicato al Cap.11 delle NCT 2008 “Materiali e prodotti per uso strutturale”.



ISPEZIONE DELL'OPERA NELLE VARIE FASI COSTRUTTIVE

Il **collaudatore statico** effettua l'ispezione dell'opera alla presenza del **Direttore dei lavori** e del **Costruttore**, confrontando in contraddittorio il progetto depositato in cantiere con il costruito, il tutto con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti.



L'ispezione generale che è di tipo visivo deve essere dimostrata con l'esecuzione di foto di parti significative dell'intera opera.



Esame geometrico delle strutture

Il collaudo statico deve riguardare anche la **verifica geometrica delle strutture realizzate in conformità al progetto esecutivo approvato e alle prescrizioni normative strutturali**, in particolare deve essere controllato il rispetto:

- ✓ dei requisiti minimi dimensionali degli elementi strutturali
- ✓ delle percentuali minime di armatura
- ✓ della rispondenza delle armature alle prescrizioni progettuali e normative
- ✓ dello spessore dei copristaffa

Ne consegue che **il collaudatore statico in corso d'opera, per strutture particolarmente complesse, dovrebbe controllare tutte le fasi di realizzazione delle strutture.**

Tuttavia, ulteriori dati, oltre che durante le fasi realizzative delle strutture, possono essere acquisiti e rilevabili **anche successivamente ai getti con saggi diretti o meglio con indagini non distruttive** nelle strutture stesse.

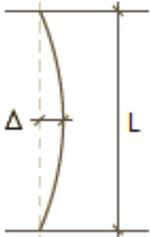
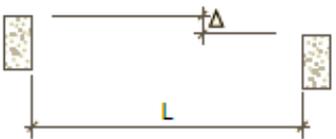


Un utile **documento di riferimento** per le tolleranze geometriche delle strutture realizzate è dato dalla norma **UNI EN 13670-1** ***“Esecuzione di strutture di calcestruzzo - Requisiti comuni”***.

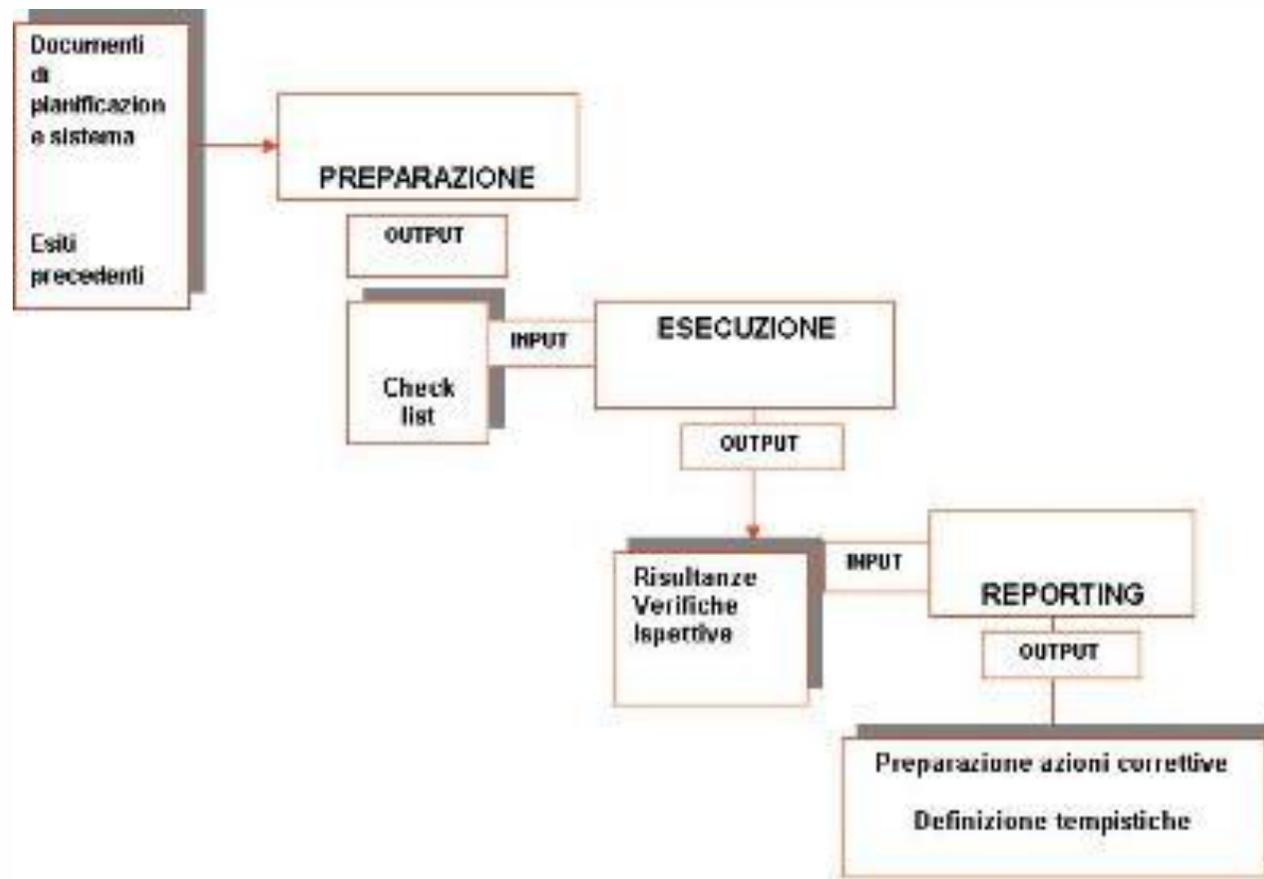
Esempio:

- la tolleranza ammessa per l'interasse (L) tra due travi è ± 15 mm o di $\pm L/500$;
- la tolleranza ammessa del bordo superiore di una trave rispetto a un sistema di riferimento è $\pm (10 + L/500)$ mm;
- la tolleranza ammessa per l'inclinazione di una trave rispetto all'orizzontale è di $\pm (10 + L/500)$ mm;
- la tolleranza ammessa per la distanza relativa tra due pilastri è ± 25 mm o di $\pm L/600$, mentre la tolleranza per le distanze dei lati della sezione rispetto a un sistema di riferimento è ± 25 mm.



N°	Tipo di scostamento	Descrizione	Scostamento consentito Δ Classe di tolleranza 1
Travi e solette			
a		Rettilinearità in pianta delle travi	Il maggiore di ± 20 mm e $\pm L/600$
b		Distanza tra due travi adiacenti, misurata in punti corrispondenti	Il maggiore di ^{a)} ± 20 mm e $\pm L/600$ ma non più di 40 mm
c		Inclinazione di una trave o di una soletta	$\pm \left(10 + \frac{L}{500}\right)$ mm
d		Differenza di quota di travi adiacenti misurata in punti corrispondenti	$\pm \left(10 + \frac{L}{500}\right)$ mm
^{a)} NOTA Possono essere necessari valori più restrittivi per le travi che supportano elementi prefabbricati in funzione della tolleranza della lunghezza dell'elemento e di quella richiesta dal supporto.			

Quando la costruzione è eseguita in **procedura di garanzia di qualità** (es. carpenterie metalliche, materiali forniti dai centri di trasformazione, strutture prefabbricate, etc.), il collaudatore deve prendere conoscenza dei contenuti dei documenti di controllo qualità e del registro delle **non-conformità**.

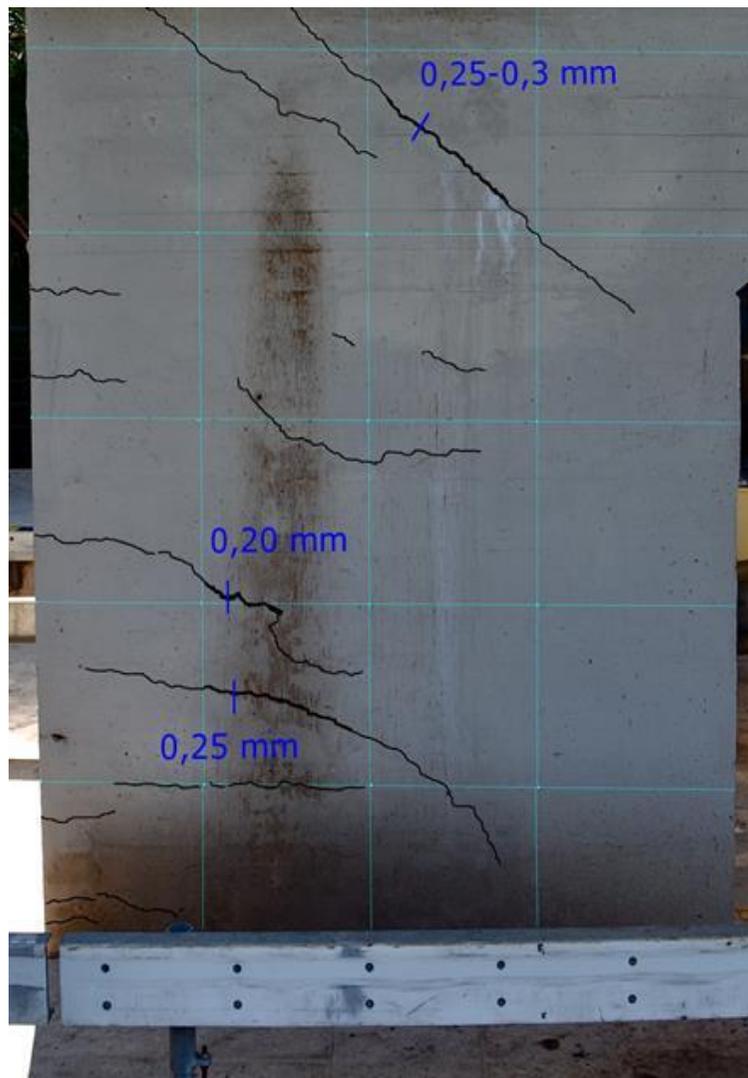


Qualora vi siano **non conformità irrisolte**, il collaudatore statico deve interrompere le operazioni e non può concludere il collaudo statico.



Tale circostanza dovrà essere comunicata dal collaudatore statico al responsabile di gestione del sistema di qualità, al committente, al costruttore, al direttore dei lavori affinché questi rimuovano la non conformità riscontrata.





I sopralluoghi devono rilevare anche la presenza di eventuali **fessurazioni ritenute significative degli elementi strutturali indagando, tramite il rilievo del quadro fessurativo, la causa:** ritiro plastico, fessurazioni da taglio in travi, fessurazioni flessionali in travi, fessurazioni in tramezzi o muratura di tompagnamento, cedimenti differenziali delle fondazioni, velocità di applicazione dei carichi.

L'ESAME DEI CERTIFICATI DELLE PROVE SUI MATERIALI E IL CONTROLLO DELLE PROVE DI CARICO

Il **collaudatore statico**, nell'ambito delle sue responsabilità, **deve**:

- a) **esaminare i certificati delle prove sui materiali strutturali** fatti eseguire dal direttore dei lavori o forniti dall'esecutore, azione che si articola:
1. nell'**accertamento del numero dei prelievi effettuati e della sua conformità** alle prescrizioni contenute al capitolo 11 delle nuove norme tecniche;
 2. nel **controllo che i risultati ottenuti** dalle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissato nel capitolo 11 delle nuove norme tecniche;



- b) **esaminare i certificati dei controlli in stabilimento** per il ciclo produttivo previsti al capitolo 11 delle nuove norme tecniche;
- c) **controllare i verbali e i risultati delle eventuali prove di carico** fate seguire dal direttore lavori, in particolare quelle sui pali di fondazione e sui solai;
- d) **prevedere l'esecuzione di prove di carico, sui pali di fondazione, sui tiranti, sui solai e sugli impalcati**, con le modalità e la frequenza stabilita dal capitolo 6, dal capitolo 9 e dal capitolo 11 delle norme tecniche.

In caso di non conformità dei provini di calcestruzzo, in termini **qualitativi e/o quantitativi**, prelevati durante il getto, **il collaudatore statico deve procedere al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera** come stabilito nel paragrafo 11.2.6 delle nuove norme tecniche. (comma 9 §11.2.5.3 NTC 2008)



CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Generalità

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, cioè utilizzati per la realizzazione della struttura portante di una costruzione che garantisca, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità, **devono rispondere a determinati requisiti che sono indicati nelle “Norme tecniche per le costruzioni” del 14/01/2008.**

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati**
- **qualificati**
- **accettati**



identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;

qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;

accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.



Il Direttore dei Lavori, deve **accettare** **(obbligo di legge!)** i materiali e prodotti per uso strutturale mediante **l'acquisizione e verifica della documentazione di accompagnamento**, nonché mediante le **prove di accettazione**.

Per quanto riguarda la documentazione, il Direttore dei Lavori deve acquisire la **documentazione di accompagnamento** nonché la **documentazione** che attesti la **qualificazione del prodotto**.

Oltre i casi previsti dalle NTC, il Direttore dei Lavori può in ogni caso richiedere le **prove di accettazione che ritenga opportune o necessarie ai fini dell'accettazione del materiale**.



Controlli di qualità del calcestruzzo

Le vigenti norme sulle costruzioni (NTC 2008) pongono particolare attenzione sulle procedure e sulle responsabilità relative alla verifica della corrispondenza del materiale alle prescrizioni progettuali, sia in corso di costruzione che nella fase di collaudo.

Per garantire le prestazioni previste in progetto, al fine di conseguire il **livello di sicurezza** prescritto e la **durabilità** per l'intero arco di vita utile individuata per l'opera, le norme prescrivono che il calcestruzzo venga prodotto in regime di **controllo di qualità**.



Tale controllo di qualità si articola nelle seguenti fasi:

Valutazione preliminare della resistenza: serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.

Controllo di produzione: riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.



Controllo di accettazione: riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto *durante l'esecuzione dell'opera*, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

Prove complementari: sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai **laboratori** di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.



I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di una certificazione, rilasciata ai sensi della norma UNI EN ISO 9001:2000, che attesti che il produttore lavora in regime permanente di controllo interno della produzione.

Il ***Direttore dei Lavori***, che è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi, **dovrà comunque** effettuare le prove di accettazione previste dalle NTC e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, **copia della certificazione** del controllo di processo produttivo.



Prelievo, confezionamento, stagionatura dei provini

Per poter eseguire le verifiche sul calcestruzzo è necessario **confezionare** una specifica numerosità di provini **secondo procedure normalizzate**.

I provini, prima di essere sottoposti a prova, devono **maturare (o stagionare)** in **condizioni normalizzate** di temperatura ed umidità, per un periodo di tempo ben definito.

Solo a maturazione avvenuta gli stessi potranno essere **sottoposti a prova** secondo **procedure anch'esse normalizzate**.



Un **prelievo** consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il **calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini** (dimensioni normalizzate UNI 12390-1).



Una volta confezionati, i provini devono essere contrassegnati in modo chiaro ed indelebile senza danneggiarli.



La **media** delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la “**Resistenza di prelievo**” che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.



È **obbligo** del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo prescritto, **tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.**



CONTROLLO DI ACCETTAZIONE (§11.2.5 NTC 2008)

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo (di legge!!! ndr) di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare, ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A
- controllo di tipo B



Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le seguenti disuguaglianze:

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_m \geq R_{ck} + 1,4 s$ (N° prelievi ≥ 15)
Ove: R_m = resistenza media dei prelievi (N/mm ² o MPa); R_1 = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm ² o MPa); s = scarto quadratico medio.	



Controllo di tipo A

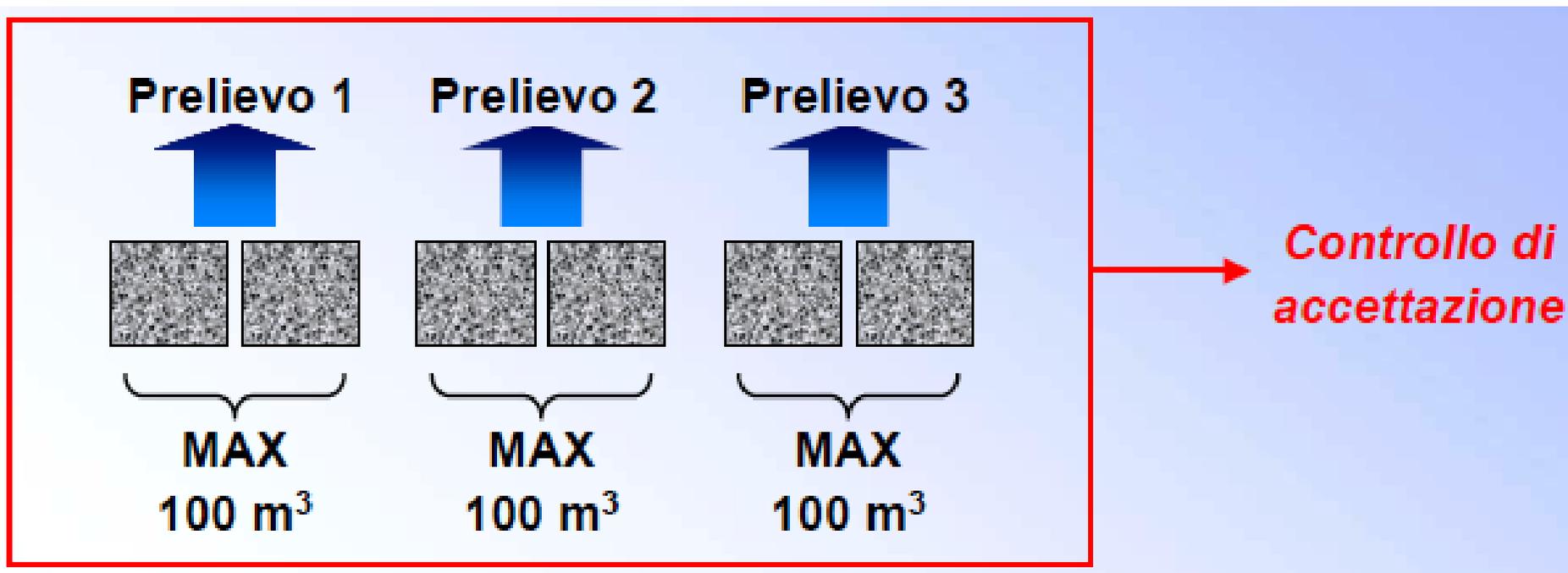
(opere strutturali che richiedono l'impiego di meno di 1500 m^3 di calcestruzzo)

Il **controllo di tipo A** è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di **300 m^3** .

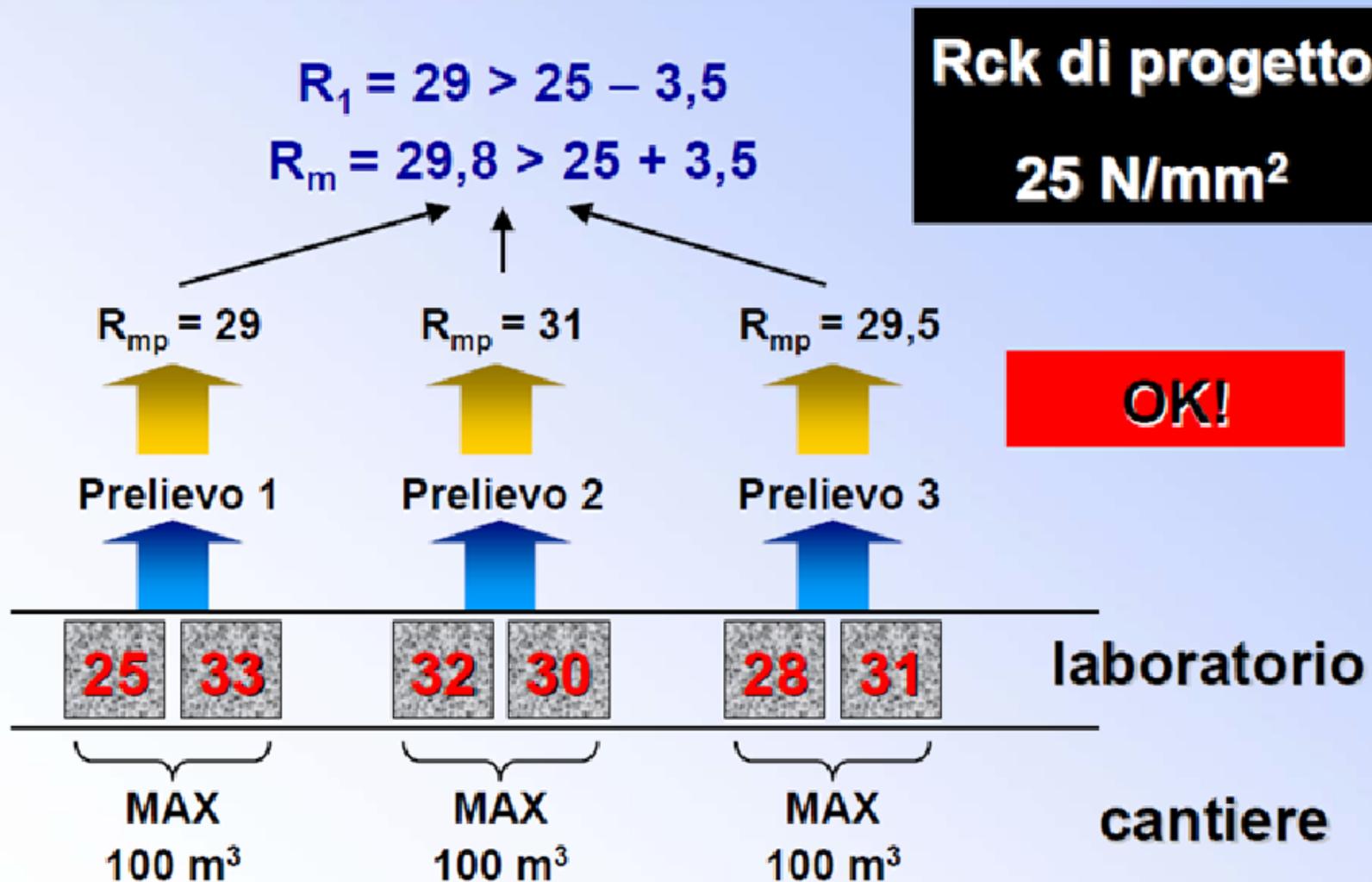
Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da **tre prelievi**, ciascuno dei quali eseguito **su un massimo di 100 m^3 di getto di miscela omogenea**. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m^3 massimo di getto.

Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.





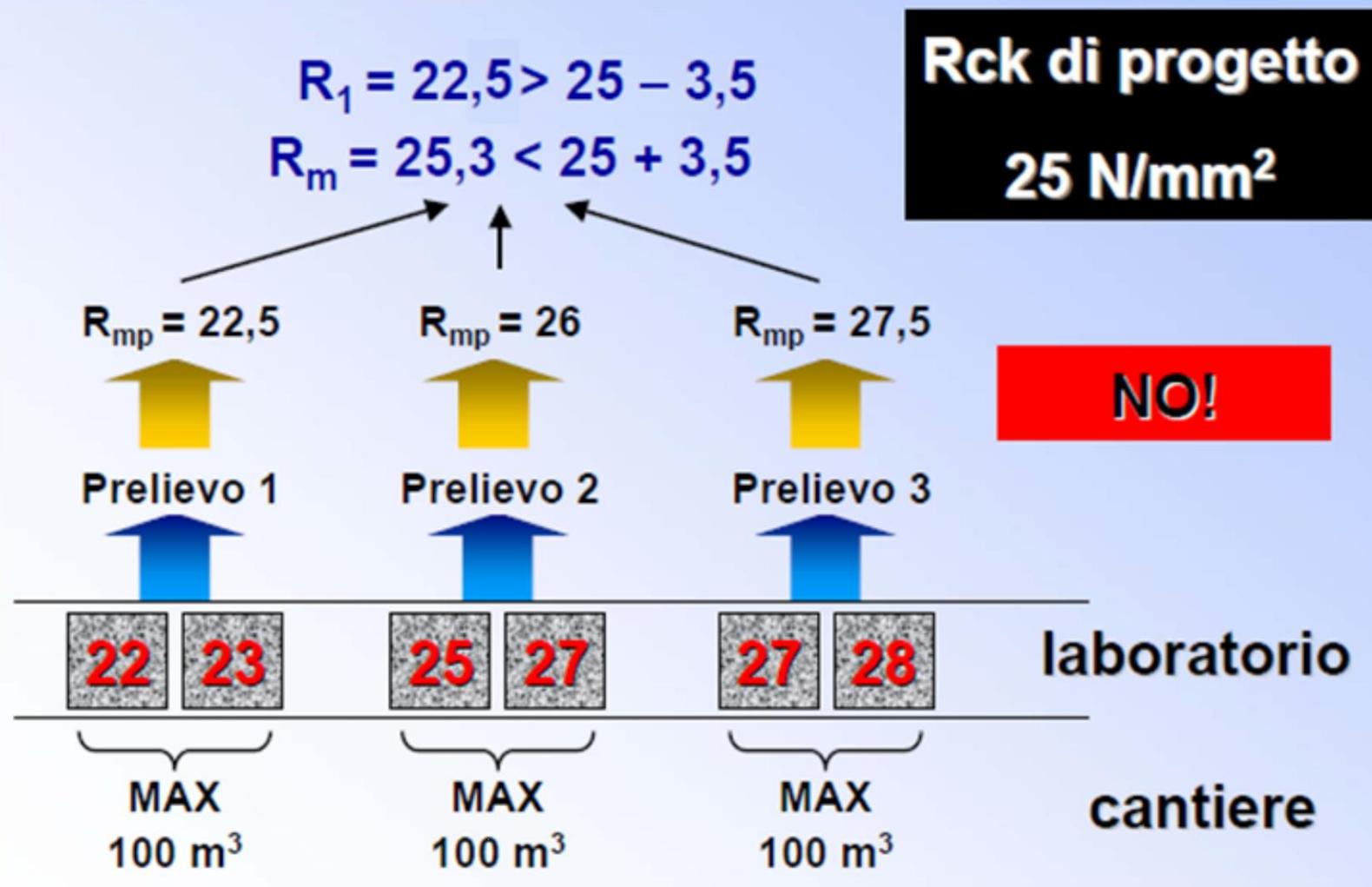
CONTROLLO "TIPO A"



Controllo di accettazione tipo A positivo



CONTROLLO "TIPO A"



Controllo di accettazione tipo A negativo



Controllo di tipo B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di **più di 1500 m³ di miscela omogenea** è obbligatorio il **controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B)**.

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di **un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo**.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato **almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m³**.



Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. (...)

Per calcestruzzi con **coefficiente di variazione (s / R_m)** superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.6 delle NTC 2008.

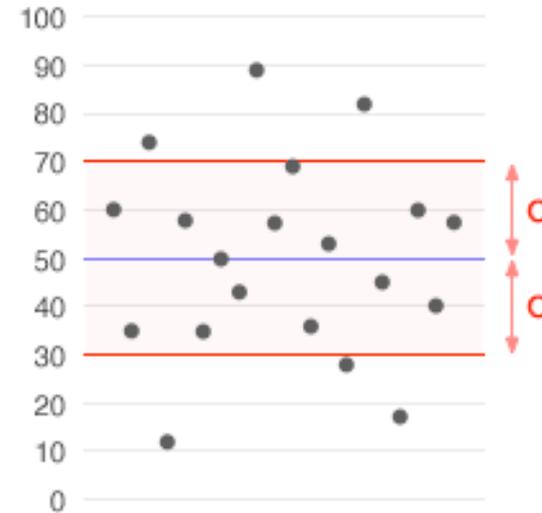
Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/R_m) superiore a 0,3.



Concetto di scarto quadratico medio (statistica)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \langle x \rangle)^2}{N - 1}}$$

dove $\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ è la **media aritmetica**.



Lo scarto quadratico medio, o deviazione standard, è la misura della dispersione dei dati intorno al valore atteso: in pratica tale valore ci da l'informazione su quanto i vari numeri della "popolazione di dati" siano mediamente lontani dalla media. Per esempio:

{10 11 9 12 8} danno media 10 e dev.st. 2

{2 1 19 12 16} danno media 10 e dev.st. 7,29

Pur avendo la stessa media, per la seconda serie la deviazione standard è molto più alta, perché i numeri sono "mediamente" più "lontani" dalla media 10.

Esempio di controllo di tipo B su un calcestruzzo con classe di resistenza indicata in progetto pari ad $R_{ck}=30\text{N/mm}^2$

Prelievo n (1)	R_m (2)	$R_m - RM$ (3)	$(R_m - RM)^2$ (4)
1	31,0	-4	16
2	26,0	-9	81
3	30,0	-5	25
4	42,0	+7	49
5	40,0	+5	25
6	38,0	+3	9
7	32,0	-3	9
8	36,0	+1	1
9	40,0	+5	25
10	28,0	-7	49
11	31,0	-4	16
12	33,0	-2	4
13	36,0	+1	1
14	38,0	+3	9
15	40,0	+5	25
	(5) $RM = 35,0$		(6) 344



- (1) *Prelievi in ordine di data*
- (2) *Resistenza media di ciascun prelievo*
- (3) *Differenza di ciascun prelievo dalla RM ovvero scarto dalla media*
- (4) *Scarto dalla media elevato al quadrato*
- (5) *Resistenza media di tutti i prelievi* $RM = \frac{31+26+30+\dots+40}{15} = 35,0$
- (6) *Sommatoria degli scarti al quadrato* $\sum_{15}^1 (Rm - RM)^2 = 344$

Calcolo dello Scarto Quadratico Medio:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_n^1 (Rm - RM)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{344}{14}} = \sqrt{24,57} = 4,96$$

Calcolo del Coefficiente di Variazione:

$$\frac{S}{RM} = \frac{4,96}{35} = 0,141$$

Prima verifica

Dovrà risultare: $R1 \geq Rck - 3,5$

Nel nostro caso, $R1 = 26,0$ che è *minore* di $30 - 3,5 = 26,5$. Perciò la prima condizione non è verificata e la classe non è raggiunta.

$$**R1 = 26,0 < 26,5 \rightarrow \text{condizione NON verificata}**$$

Seconda verifica

Dovrà risultare: $RM \geq Rck + 1.4 S$

Nel nostro caso, $RM = 35,0$ che è *minore* di $30 + (1,4 \times 4,96) = 36,94$.

$$**RM = 35,0 < 36,94 \rightarrow \text{condizione NON verificata}**$$

In questo caso entrambe le condizioni risultano non verificate. Si osservi che, nonostante RM sia $35,0 \text{ N/mm}^2$ (ben superiore al valore di Rck 30), e che otto risultati siano superiori a 35, la classe non risulta comunque raggiunta.

Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.



Il sottoscritto **DIRETTORE DEI LAVORI** _____, con riferimento a quanto indicato nel D.M. del 14 gennaio 2008, pubblicato nel supplemento ordinario n° 30 della Gazzetta Ufficiale n° 19 del 04 febbraio 2008, al fine di determinare la resistenza di prelievo, unitamente alla presente invia n° ____ campioni di conglomerato cementizio di forma cubica, dando precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, (come riportato nell'allegato verbale di prelievo), nella tabella di seguito riportata.

N°	Data di prelievo dei campioni	Dimensioni dei campioni x y z [mm]	R _{ck} di Progetto [MPa]	Posizione delle strutture interessate riportate nel verbale di prelievo

Il sottoscritto dichiara, inoltre, che i lavori in esecuzione sono riferiti al seguente cantiere e che il prelievo è stato effettuato in mia presenza/o da un tecnico di mia fiducia:



Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori **non possono fare parte dell'insieme statistico** che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alla norma UNI EN 12390-3:2003 *“Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini”*



In caso di non conformità dei controlli di accettazione

L'opera o la parte di opera **non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata** finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una **verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine**, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel § 11.2.6. NTC 2008 (Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera).



Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un **controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme**, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può **dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa**.



~~ATTENZIONE~~!!!!

I “controlli di accettazione” sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai “controlli di accettazione”.



CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto **non soddisfino i criteri di accettazione** della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano **dubbi** sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una **valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.**

Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.



Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale (resistenza del calcestruzzo in opera) si potrà fare utile riferimento alle norme della serie **UNI EN 12504** (prove distruttive, semidistruttive e non distruttive sul calcestruzzo in opera) nonché alle *“Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo”* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Prove distruttive: *carotaggio*

Prove non distruttive: *indice di rimbalzo, velocità di propagazione degli ultrasuoni*

Prove semidistruttive: *estrazione di inserti (prova pull-out)*



Estrazione di carote di calcestruzzo indurito

Norma UNI EN 12504-1: "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione"



Norma UNI EN 12504-1 “Carotaggi”

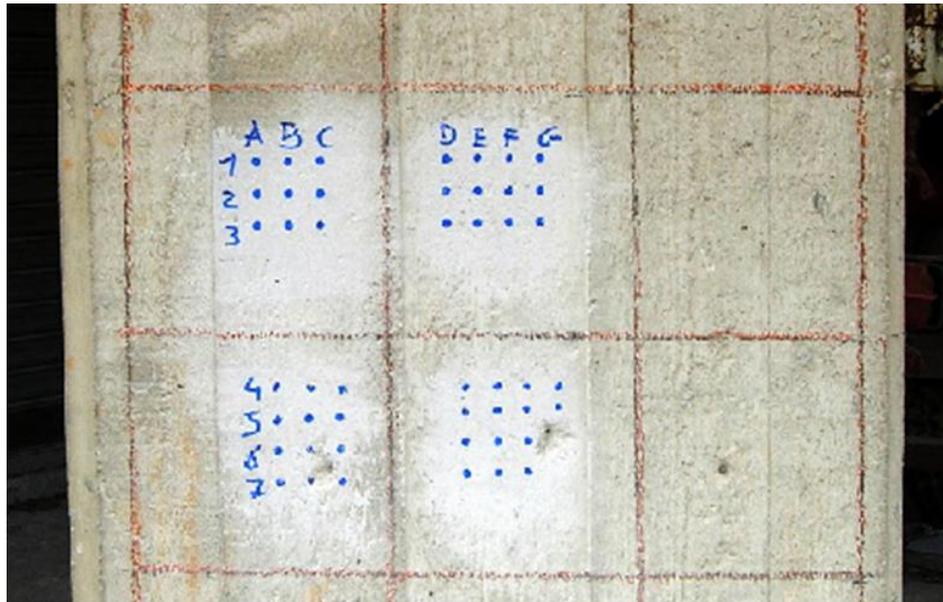
La norma UNI EN 12504-1:2009 “**Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione**”, specifica un metodo per il prelievo di carote dal calcestruzzo indurito, il loro esame, la loro preparazione per le prove e la determinazione della resistenza a compressione.

Il principio del metodo è il seguente: **le carote** (cilindri di calcestruzzo indurito) **estratte** (da un elemento generalmente in c.a. o c.a.p.) **utilizzando una carotatrice vengono esaminate accuratamente, preparate mediante spianatura o rettifica e sottoposte a prova di compressione utilizzando i procedimenti normalizzati.**



Indagine sclerometrica

Norma UNI EN 12504-2: "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico"



Norma UNI EN 12504-2 “Prova sclerometrica”

La norma UNI EN 12504-2:2012 “**Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico**”, specifica un metodo per la determinazione dell'indice sclerometrico di un'aria di calcestruzzo indurito utilizzando un martello di acciaio azionato da una molla.

Il principio del metodo è il seguente: **una massa scagliata da una molla colpisce un pistone a contatto con la superficie della struttura o campione da esaminare. Il risultato del test viene espresso come un numero in termini di distanza di rimbalzo della massa.** Il risultato può essere espresso anche in termini di energia o di velocità differenziale prima e dopo l'impatto della massa.



Scheda esecuzione indagine sclerometrica (UNI EN 12504-2:2012)

Cantiere: xxxx

Lavoro: xxxx

Modello dello sclerometro	GEI Concrete
N. Matricola sclerometro	09C00008M
Certificato di taratura	09/0002 del 29/04/2009
Scheda di verifica di taratura	VTS n.01 del 25/10/2013

Data esecuzione della prova	25/10/2013
Tabella indagine	2 di 9

Identificativo dell'elemento strutturale	Posizione dell'area di prova			Ora	Coordinate				α°	Mediana IR	
	Piano	Rif.(cm)	Faccia		Indici di rimbalzo						
					A	B	C	D			
TM-N1 Punto di prova A2	-	Da spigolo sx basso x = 40 y = 17,5	-	16:09	1	39	42	38	38	0	39
					2	41	38	40	38		
					3	39	38	43	38		
					4	39	38	39	38		

Mediana IR + 30% =	50
Mediana IR - 30% =	27

Tutti gli indici di rimbalzo sono accettabili

ESEMPIO DI REPORT DI UNA PROVA SCLEROMETRICA



Indagine pull-out

Norma UNI EN 12504-3: *“Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione”*



Norma UNI EN 12504-3 “Prova pull-out”

La norma UNI EN 12504-3:2005 “**Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione**”, specifica un metodo che permette di determinare la forza di estrazione del calcestruzzo indurito per mezzo di un inserto preinglobato nel calcestruzzo costituito da un disco da uno stelo o di un dispositivo simile inserito successivamente foratura all’interno del calcestruzzo indurito.

Il principio del metodo è il seguente: **un piccolo disco metallico, dotato di uno stelo centrale su un lato, è inserito nel calcestruzzo in modo che lo stelo rimanga sporgente dalla superficie del calcestruzzo. Si misura la forza necessaria per estrarre disco del calcestruzzo.**



UNI EN 12504-3 "Determinazione della forza di estrazione"

Cantiere: Edificio in via Valloncello n.1 - Petralia Sottana (PA)

Data prova: 26/09/2013

Elemento provato: Pilastro P3 - Piano

Forza di estrazione

Cilindro CMF10N50 Europress

Rendimento cilindro = 98%

Inserto	Pressione bar	Sez. di spinta cm ²	Forza N	Forza kN	Forza kg	Forza ton
P1	159,2	17,6	27459	27,5	2799	2,80
P2	186,3	17,6	32133	32,1	3276	3,28
P3	171,7	17,6	29615	29,6	3019	3,02
Media	172,4		29736	29,7	3031	3,03

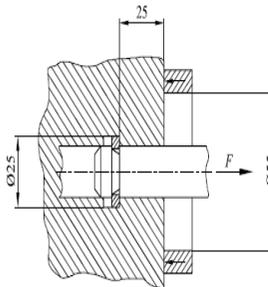
Scostamento della media del 20% = ± **5,9 kN**

Limite inferiore = 23,8 kN

Limite superiore = 35,7 kN

Resistenza all'estrazione

d ₁ [mm]	25
d ₂ [mm]	55
h [mm]	25
A [mm ²]	3664



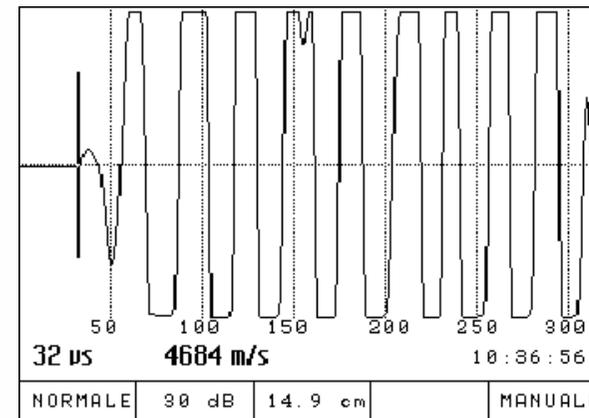
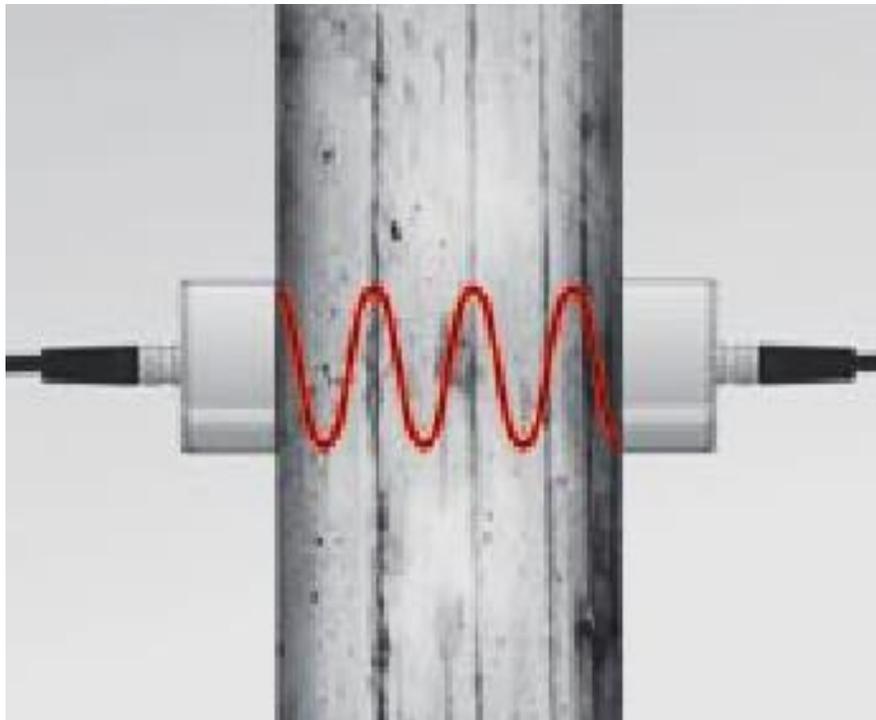
Inserto	F = Forza N	f = F/A [N/mm ²]
P1	27459	7,49
P2	32133	8,77
P3	29615	8,08

ESEMPIO DI REPORT DI UNA PROVA PULL-OUT



Indagine ultrasonica

Norma UNI EN 12504-4: "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".



Norma UNI EN 12504-4 “Ultrasuoni”

La norma UNI EN 12504-4:2005 “**Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici**”, specifica un metodo per la determinazione della velocità di propagazione degli impulsi delle onde longitudinali ultrasoniche nel calcestruzzo indurito, utilizzato per numerose applicazioni.

Il principio del metodo è il seguente: **un treno onde longitudinali è prodotto mediante un traduttore elettroacustico tenuto in contatto con una superficie del calcestruzzo sottoposto a prova. Dopo aver attraversato un percorso di lunghezza nota, all’interno del calcestruzzo, il treno d’onda è convertito in segnale elettrico mediante un secondo trasduttore, e dei circuiti di temporizzazione elettronica consentono di misurare il tempo di transito degli impulsi.**



Scheda esecuzione indagine ultrasonica (UNI EN 12504-4:2007)

Cantiere: Piano cantinato di Via XXXXXXX

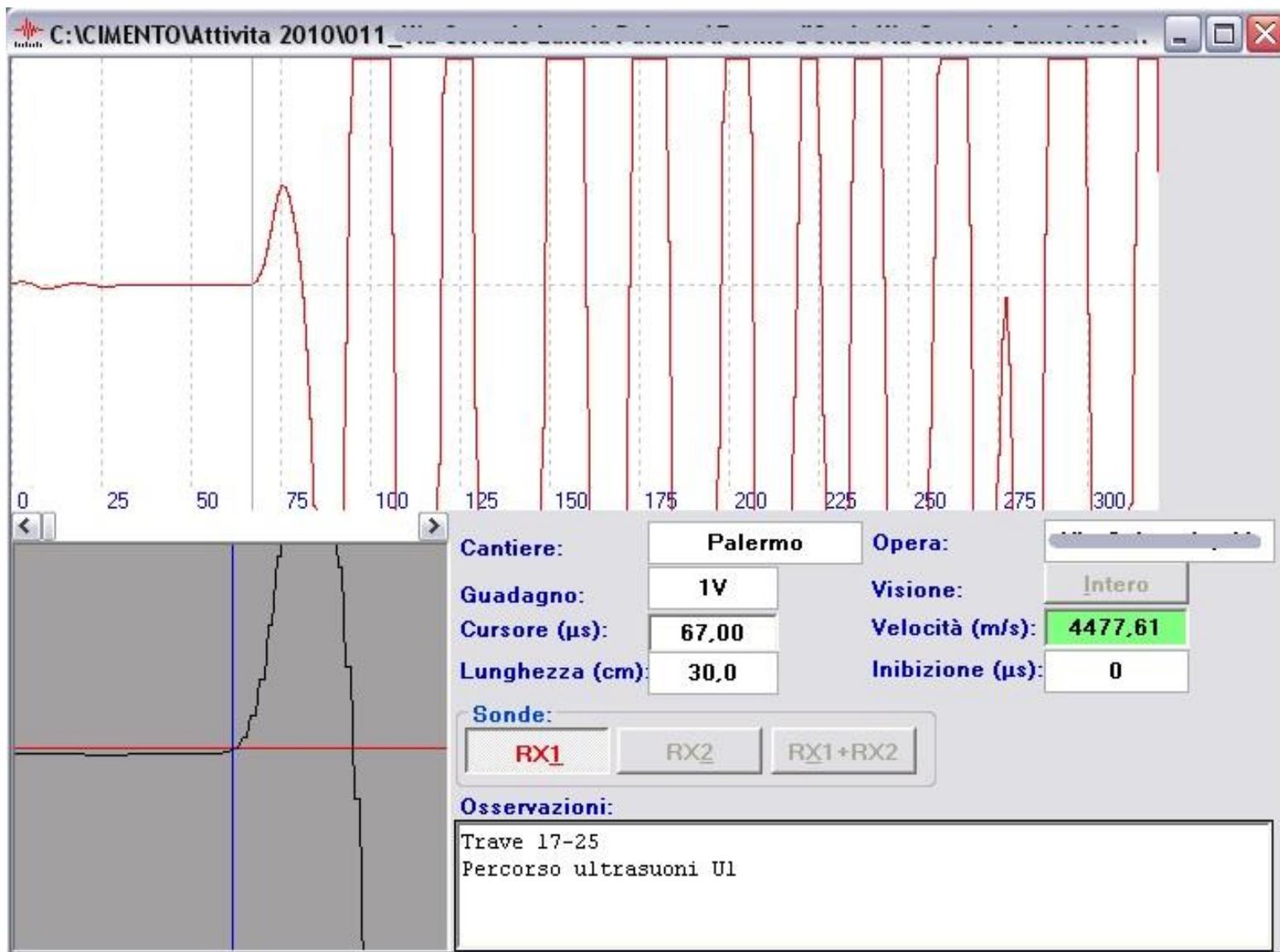
Modello della centralina per le indagini ultrasonore	A5000U Marca MAE
N. matricola della centralina	M043616
Dichiarazione di conformità	n.883 del 13/11/2009
Barra di calibrazione	PVC (50msec)

Data esecuzione della prova	28/06/2010
Tabella indagine	5 di 12

Elemento indagato	Ora	t°	UR %	Stazione	Hc (cm)	Percorso ultrasuoni	Lunghezza percorso	Tempo di propagazione	Velocità	Velocità media m/sec
					altezza da calpestio		L (cm)	t (µsec)	$V = L/t * 10^4$ m/sec	
Trave 17-25	10:50	25,0	75	U'		U'-U'	30,0	67	4 478	4 382
	11:00	25,0	75	U''		U''-U''	30,0	70	4 286	

ESEMPIO DI REPORT DI UNA PROVA ULTRASONICA





ESEMPIO DI FORMA D'ONDA DI UNA PROVA ULTRASONICA



STIMA DELLA RESISTENZA MECCANICA IN OPERA

La stima della resistenza meccanica in opera, per mezzo di metodi non distruttivi, si basa sull'impiego di **correlazioni tra il parametro non distruttivo** proprio del metodo impiegato **e la resistenza a compressione del calcestruzzo in esame.**

L'andamento della legge di correlazione può essere assunto predefinito per ciascun metodo di indagine, **a meno di costanti che possono essere determinate utilizzando un campione di carote di adeguata numerosità, sottoposte ad indagine non distruttiva prima della loro rottura.**

È opportuno che le carote utilizzate per la calibrazione siano **non meno di tre.** I valori numerici delle costanti che precisano l'andamento delle leggi di correlazione possono essere ottenuti applicando tecniche di minimizzazione degli errori.



Un utile riferimento per la stima della resistenza meccanica in opera, per mezzo di metodi non distruttivi è la seguente norma:

Norma UNI EN 13791:2008 - *“Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati in calcestruzzo”*.

La norma descrive metodi e procedure per la **valutazione della resistenza a compressione in sito del calcestruzzo nelle strutture e nei componenti di calcestruzzo prefabbricato**, da indicazioni per stabilire una **correlazione tra i risultati di prove indirette e la resistenza di carote in sito**, e da indicazioni per la valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti di calcestruzzo prefabbricati mediante metodi indiretti o combinati.



CONTROLLI E ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO PER CALCESTRUZZO

Le norme tecniche per le costruzioni prevedono tre forme di controllo obbligatorie per gli acciai da per calcestruzzo:

- in **stabilimento di produzione**, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei **centri di trasformazione**, da eseguirsi sulle forniture;
- di **accettazione in cantiere**, da eseguirsi sui lotti di spedizione.



Acciaio per calcestruzzo: i controlli in stabilimento

Per ogni lotto di produzione, il laboratorio incaricato delle prove di qualificazione deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione stesso, il prelievo di una serie di 75 saggi (venticinque per ogni colata o lotto di produzione).

Sui campioni vengono determinati, a cura del laboratorio incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura f_y e f_t l'allungamento A_{gt} ed effettuate le prove di piegamento.

Tutte le forniture di acciaio da calcestruzzo devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.



ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE

015/06-CA

In conformità al D.M. 14.09.2005 "Norme tecniche per le costruzioni", si attesta che il prodotto da costruzione:

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO LAMINATO A CALDO

B450C, impiegabile anche come FeB44k, saldabile, in barre laminate a caldo nei diam. 8-26

Marchio di laminazione

prodotto da:

ACCIAIERIE DI SICILIA S.p.a
Strada Passo Cavaliere, 1/A - 95030 Z.I. CATANIA (CT)

nello stabilimento di:

CATANIA (CT), Strada Passo Cavaliere, 1/A

è stato sottoposto da parte del Produttore alle prove di qualificazione del prodotto effettuate a cura del Laboratorio Ufficiale Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale e il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha effettuato l'ispezione iniziale dello stabilimento e del controllo di produzione in fabbrica.

Il presente certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la procedura di qualificazione definita nella norma

D.M. 14.09.2005: "Norme tecniche per le costruzioni"

sono state applicate.

Il presente certificato è stato emesso per la prima volta in data **05.10.2006** ed ha validità 5 anni o sino a che le condizioni di produzione in fabbrica o il controllo di produzione in fabbrica non subiscano modifiche significative.

Roma, 05.10.2006

IL SEGRETARIO GENERALE DEL SERVIZIO TECNICO CENTRALE

Dott. Ing. Alberto Bracci

Organismo di Certificazione per l'edilizia per il proprio territorio di competenza ai sensi DELL'ART.8 DEL D.P.R. 246/93 (Giur. Circa. 10/01/94) e DELL'ART. 10/95

ORGANISMO DI RISPETTO TECNICO FUNZIONALE (EQUO) (EQUO) AI SENSI DELL'ART. 5 DEL D.P.R. N. 246/93

ORGANISMO DI RISPETTO TECNICO NAZIONALE AI SENSI DEL D.M. 14.09.2005

VIA NABUCCONAZZO 2 - 00144 ROMA
TEL. 06.4412.4311 - FAX 06.4426.7180
www.diagnosticastrutturale.it



Scheda tecnica Barre B 450 C S

Descrizione del prodotto

Barre ad aderenza migliorata di acciaio saldabile per cemento armato ottenuto con processo "Tempcore".

Gamma dimensionale

Diametro: 8 - 26 mm
Lunghezza: 6 - 15 m

Conformità a norme		
Nazione	Norma	Marca
ITALIA	D.M. 14/01/2008	B 450 C

Composizione chimica					
C %	P %	S %	Cu %	N %	Ceq. Max
max	max	max	max	max	Max
0.22 (0.24)	0.050 (0.055)	0.050 (0.055)	0.80 (0.85)	0.012 (0.014)	0.50 (0.52)

I valori in parentesi si applicano per analisi sul prodotto

Proprietà meccaniche							
Norma	Marca	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	Rm/Re	Agt %	A5 %	A10 %
D.M. 14/01/2008	B450 C	≥ 450	≥ 540	≥ 1.15 - ≤ 1.35	≥ 7.5		

Qualifiche	
Nazione	Italia
Ente Qualificazione	



Confezionamento

Lunghezza fasci < 9 m n° 5 legature
Lunghezza fasci da 9 a 15 m n° 7 legature



Accettazione e controlli degli acciai provenienti dai centri di trasformazione

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.



Il **Direttore dei Lavori** è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il **collaudatore statico**, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.



CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE DELL'ACCIAIO PER C.A.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.



E' opportuno che tali controlli siano effettuati prima della messa in opera del lotto di spedizione.



I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 delle NTC (Controlli nei centri di trasformazione) cioè **prove di trazione e piegamento, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto** (cosa assai difficile - ndr) riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione

Caratteristica	Valore limite	NOTE
f_y minimo	425 N/mm ²	(450 – 25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	[450 x (1,25+0,02)] N/mm ²
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Indicando con:

f_y – la tensione di snervamento a trazione; f_t – la tensione di rottura a trazione;

A_{gt} – l'allungamento a trazione





Prova di trazione



Prova di piegamento

In caso di non conformità dell'acciaio per c.a., anche dopo aver ripetuto opportunamente le prove di laboratorio secondo le modalità indicate dalla norma, il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale.

Qualora la fornitura provenga da un centro di trasformazione, **il Direttore dei Lavori**, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle NTC 2008, **può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra.**



CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori.

Effettuato un prelievo di **3 saggi** provenienti da una stessa fornitura, intesa come **lotto formato da massimo 30 t**, ed appartenenti ad una **stessa categoria**, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio ufficiale/autorizzato, i corrispondenti valori minimi di f_{pt} (tensione di rottura), f_{py} (tensione di snervamento) , $f_{p(1)}$ (tensione all'1% di deformazione totale), $f_{p(0,1)}$ (limite elastico allo 0,1% di deformazione totale).

I valori ricavati dalle prove devono rientrare nei limiti indicati nelle NTC

Qualora la fornitura di acciaio da precompresso provenga da un centro di trasformazione, **il Direttore dei Lavori può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra.**





Sistema di precompressione a cavi post tesi

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Dai saggi di cui sopra verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle UNI EN di riferimento.

Qualora la fornitura di acciaio da carpenteria provenga da un centro di trasformazione, **il Direttore dei Lavori può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra.**





Provette di acciaio per prova a trazione e prova di resilienza



ESAME DEL PROGETTO DELL'OPERA

Il collaudatore statico, nell'ambito delle sue responsabilità, deve:

- ✓ **esaminare il progetto dell'opera**, l'impostazione generale della progettazione nei suoi aspetti strutturali e geotecnici, gli schemi di calcolo e di azioni considerate;
- ✓ **esaminare le indagini geotecniche** eseguite in fase di progettazione e di costruzione come prescritte nelle norme tecniche;
- ✓ **esaminare la relazione a strutture ultimate del direttore dei lavori**, se richiesta.

A tal riguardo si ritiene molto discutibile la verifica e l'esame del progetto dell'opera da parte del collaudatore statico in quanto il suo compito è soprattutto quello di verificare la corretta esecuzione del progetto strutturale esecutivo; inoltre **non è chiara la finalità dell'esame del progetto a struttura realizzata.**



Esame del progetto

Nell'esame generale del progetto il **collaudatore può verificare i seguenti punti:**

- che sia stata assegnata l'**esatta vita nominale** per la costruzione, dove per vita nominale di un'opera strutturale le NTC intendono il numero di anni durante i quali la struttura, **purché soggetta alla manutenzione ordinaria**, debba poter essere usata per lo scopo al quale è destinata: **tale scelta influisce** chiaramente **sui parametri di durabilità**, sulle **dimensioni** delle strutture, sulla scelta dei **materiali** e delle eventuali **misure di protezione** per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità;



- che in caso di azioni sismiche alla struttura sia stata assegnata l'esatta classe d'uso:

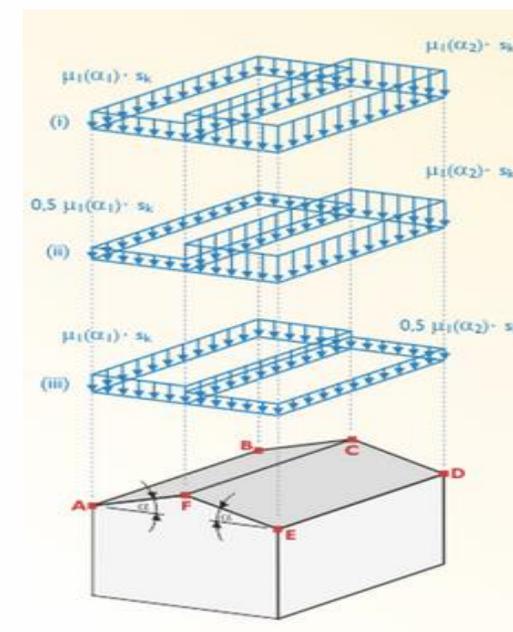
Classe I: costruzioni con presenza solo occasionale di persone

Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

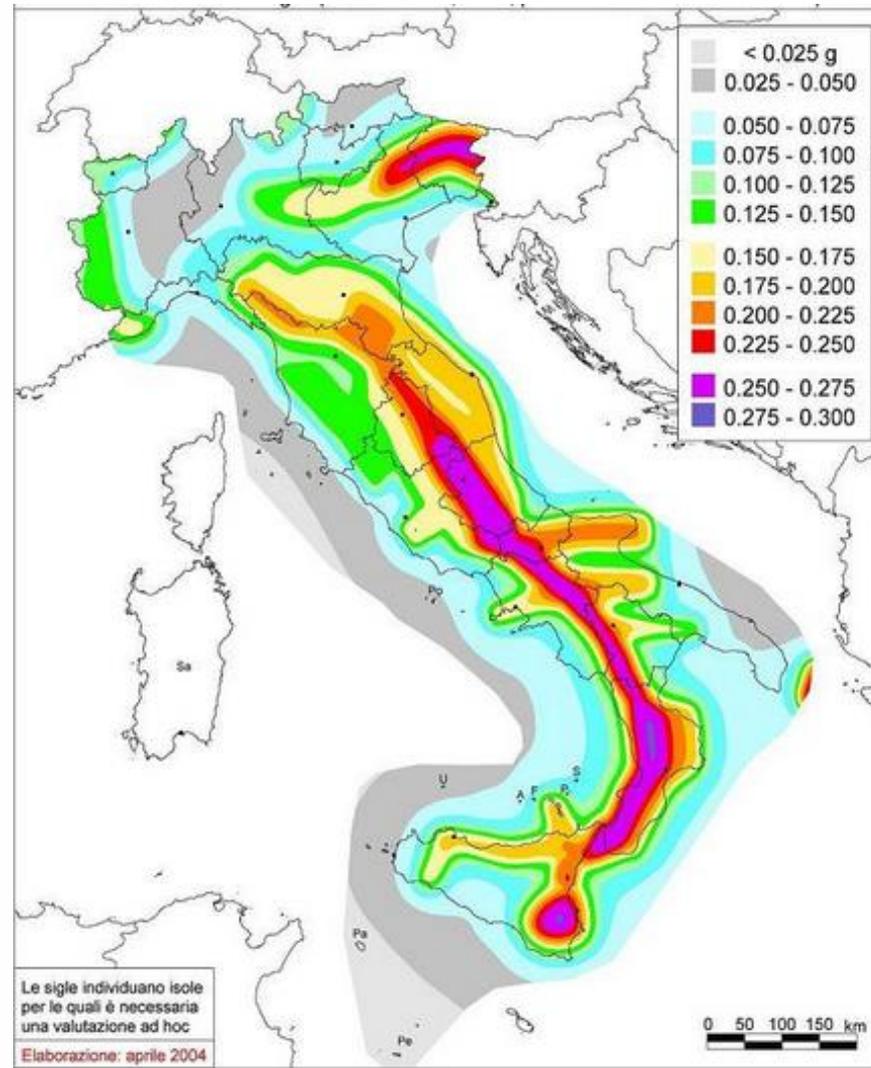
Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi

Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti

- che siano state valutate correttamente le azioni sulla costruzione (carichi permanenti ed accidentali) in relazione alla sua destinazione d'uso;



- che sia stata valutata correttamente l'eventuale **azione sismica di progetto**



- che siano state valutate correttamente le **classi di esposizione** per la struttura e di conseguenza scelti i materiali più idonei per garantire la durabilità della stessa.



Cassone in c.a. del MOSE per la difesa di Venezia



Classi di esposizione in ambiente marino secondo la UNI EN 206-1 “Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine



Valori limiti raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione					
	Corrosione da cloruri					
	Acqua marina			Altri cloruri (diversi dall'acqua di mare)		
	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Rapporto massimo a/c	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
Classe di resistenza minima	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	300	320	340	300	300	320
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-



Esame delle indagini geotecniche

Oltre che a verificare che sia stata eseguita la **caratterizzazione e modellazione geologica del sito** consistente nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, **il collaudatore statico dovrà verificare che siano state eseguite tutte le indagini geotecniche necessarie a definire l'interazione tra la struttura ed un volume significativo del sottosuolo.**

Nel caso di fondazioni su pali, **il collaudatore statico deve verificare** che siano state eseguite indagini dirette anche ad accertare la fattibilità e l'idoneità del tipo di palo in relazione alle caratteristiche dei terreni e delle acque del sottosuolo.





Esecuzione di indagine geotecnica e cassetta catalogatrice



ESAME DELLA RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME DEL DIRETTORE DEI LAVORI

La relazione strutture ultimate, ai sensi dell'ultimo comma dell'art.6 della L. 1086/71, è ora prevista anche dall'articolo 65, comma 6, del testo unico sull'edilizia.

A strutture ultimate, entro il termine di 60 giorni, il direttore dei lavori deve depositare presso lo sportello unico per l'edilizia (o al genio civile provinciale) una relazione, redatta in triplice copia, sull'adempimento degli obblighi previsti dalle norme tecniche esponendo:

- a) i certificati delle prove materiali impiegati emessi dai laboratori ufficiali o autorizzati di prove;
- b) per le opere in calcestruzzo armato precompresso, ogni indicazione inerente alla tesatura dei cavi e ai sistemi di messa in coazione;
- c) l'esito delle eventuali prove di carico, allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme.



La relazione a strutture ultimate non è prevista per le opere costruite per conto dello Stato o per conto delle Regioni, delle Provincie e dei Comuni, aventi un ufficio tecnico con a capo un ingegnere (ultimo comma art.6 L.1086/72)

Tuttavia, per prassi consolidata, ma anche per completezza d'informazione relativamente al processo realizzativo di una struttura, la relazione a strutture ultimate è quasi sempre redatta dal direttore dei lavori.



MODELLO DI
Relazione a strutture ultimate

Al Comune di
Sportello Unico per l'edilizia

oppure

Al Genio Civile della Provincia di

RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME

(art. 4, legge 5 novembre 1971, n. 1086, e art. 65, c. 6, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380)

Il sottoscritto direttore dei lavori di realizzati nel Comune di via, n. con il permesso di costruire n. del in ottemperanza dell'art. 6 della legge 5 novembre 1971 n. 1086 dell'art. 65 comma 6 D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380,

relaziona

a seguito dell'ultimazione delle opere strutturali avvenuta in data relativa alla denuncia sopraccitata:

- che nel corso dei lavori sono stati prelevati campioni di materiali di cui si allegano le certificazioni delle prove sui materiali eseguito da laboratorio ufficiale/autorizzato
- che le strutture sono del tipo intelaiato in cemento armato;
- tempi di esecuzione delle strutture: inizio ultimazione



- variante ai lavori: le strutture sono state realizzate conformemente al progetto esecutivo approvato senza significative variazioni dimensionali;
- indicazioni relative alla tesatura dei cavi e ai sistemi di messa in coazione per le opere in conglomerato cementizio armato precompresso:
- esito delle prove di carico con allegate copie dei relativi verbali firmate per copia conforme:
- altre considerazioni riguardanti l'esecuzione delle strutture:
- impresa assuntrice dei lavori con sede in via n.
- dai sopralluoghi effettuati durante le visite periodiche, il sottoscritto direttore dei lavori ha accertato le ottime condizioni delle strutture realizzate sotto la propria responsabilità e conformemente alle vigenti norme tecniche sulle strutture in cemento armato. A tutt'oggi, dopo ulteriori sopralluoghi, non si denotano segni di dissesto o lesioni, per cui si ritengono le strutture idonee all'uso, a meno di diverse risultanze delle prove di carico o parere contrario del collaudatore. Tale circostanza è stata comunicata al committente, al quale inoltre è stato rivolto l'invito di procedere al collaudo statico.

In merito a quanto sopra esposto lo scrivente ritiene di aver adempiuto agli obblighi di cui all'art. 4 della legge 5 novembre 1971, n. 1086 e dell'art. 65, comma 6, d.p.r. 6 giugno 2001, n. 380.

Alla presente si allegano:

- n. copia dei certificati delle prove di laboratorio e relativi controlli di accettazione;
- n. verbali prove di carico (se effettuate).

....., li

Il direttore dei lavori



GLI ACCERTAMENTI DISCREZIONALI

Il collaudatore statico, **nell'ambito della sua discrezionalità**, può effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche **utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera**, quali in particolare:

- **prove di carico;**
- **prove sui materiali messi in opera, anche mediante metodi non distruttivi;**
- **monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera** da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa.



PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal collaudatore statico, dovranno identificare la **corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale**.

I materiali degli elementi sottoposti a collaudo **devono aver raggiunto le resistenze previste** per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, **stabilito dal Collaudatore**, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere **sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e al Costruttore**.



Le prove di carico si devono svolgere con le **modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità**, mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori.



L'architetto Felix Candela esegue una prova di carico su un pilastro ad ombrello (anni '50)



Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio. Queste devono essere, in generale, tali da indurre le sollecitazioni massime di esercizio per combinazioni caratteristiche SLE (rare).



In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove possono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli. **Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore.**

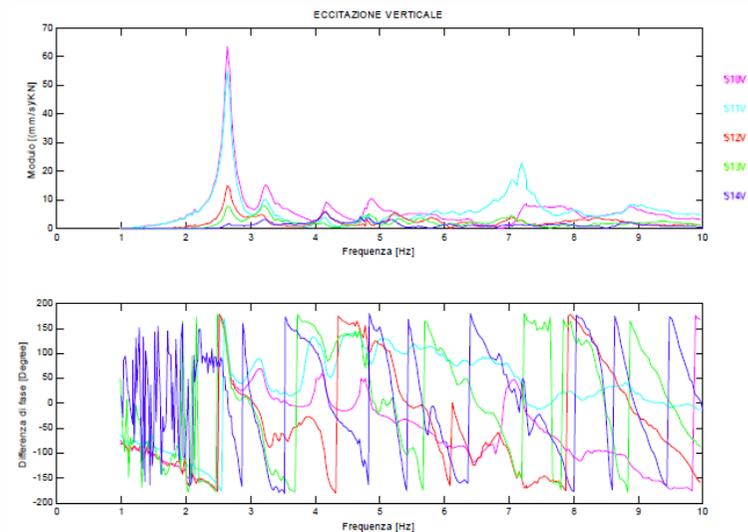


L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le **deformazioni** si accrescano all'incirca **proporzionalmente ai carichi**;
- nel **corso della prova non si siano prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti** che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la **deformazione residua** dopo la prima applicazione del carico massimo **non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico** della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive devono indicare che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
- la **deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.**



Le **prove statiche**, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, possono essere integrate da **prove dinamiche** e **prove a rottura** su elementi strutturali.



Prove dinamiche su copertura in legno lamellare (fonte: <http://www.pepconsultingengineers.it/>)





Prova sismica condotta sull'edificio del Liceo Socio-psico-pedagogico "Benedetto Croce di Avezzano" per il collaudo di un sistema di torri dissipative brevettate dall'Ing. Alessandro Balducci

CONTROLLI DI INTEGRITA' E PROVE DI CARICO SUI PALI DI FONDAZIONE

Controlli di integrità dei pali di fondazione

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati **controlli di integrità**.

Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di 2 pali.





Possibili difetti rilevabili su pali di fondazione

Metodologie e tecniche di controllo di integrità dei pali di fondazione

Controllo di tipo distruttivo: **CAROTAGGIO DEL PALO**

Controllo mediante ultrasuoni: **CROSS-HOLE**

Prove dinamiche a basse deformazioni nel dominio
del tempo: **PROVA ECOMETRICA**

Prove dinamiche a basse deformazioni nel dominio
della frequenza: **PROVA VIBRAZIONALE O DI
AMMETTENZA MECCANICA**





Carotaggio del palo



Prova Cross-Hole



Prova ecometrica



Prova vibrazionale





Esecuzione di indagine Pile Integrity Test



Esecuzione di indagine Pile Integrity Test



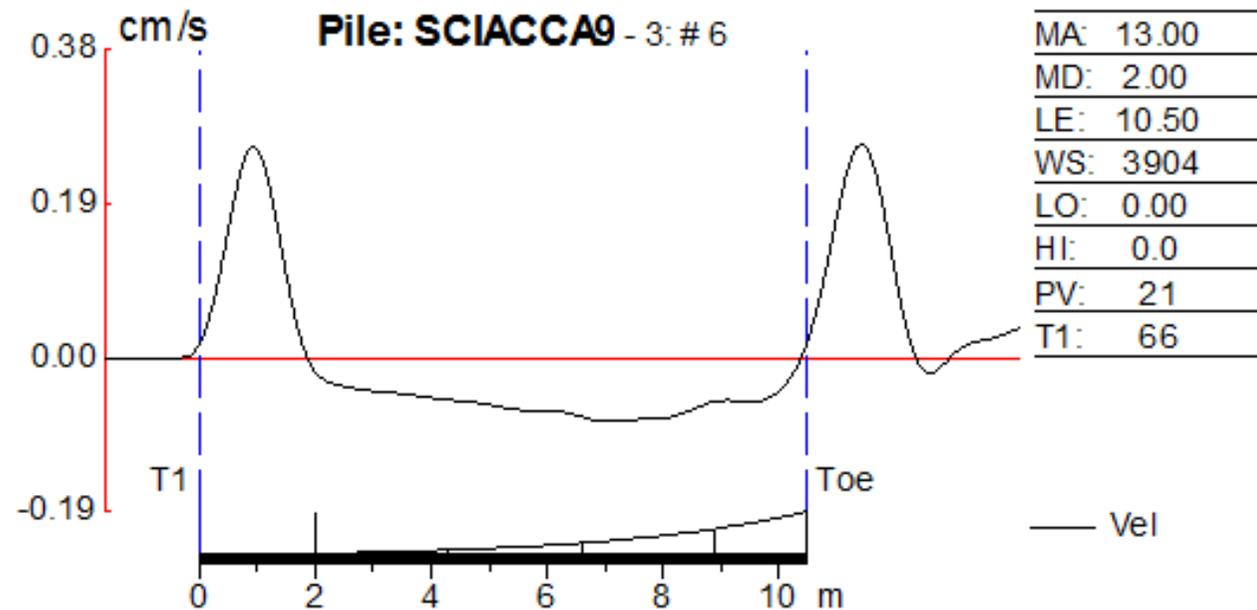
Esecuzione di indagine Pile Integrity Test



Esecuzione di indagine Pile Integrity Test

Esempio di report PIT

Palo indagato	Lunghezza dichiarata (m)	Diametro del palo (m)	Rapporto Lunghezza Diametro L/D	Note
n.3	10,5	0,60	17,50	Segnale pulito (palo integro e sezione costante) con evidente riflesso al piede del palo. Lunghezza confermata, valore di velocità delle onde elastiche corrispondente ad un calcestruzzo di buona qualità.

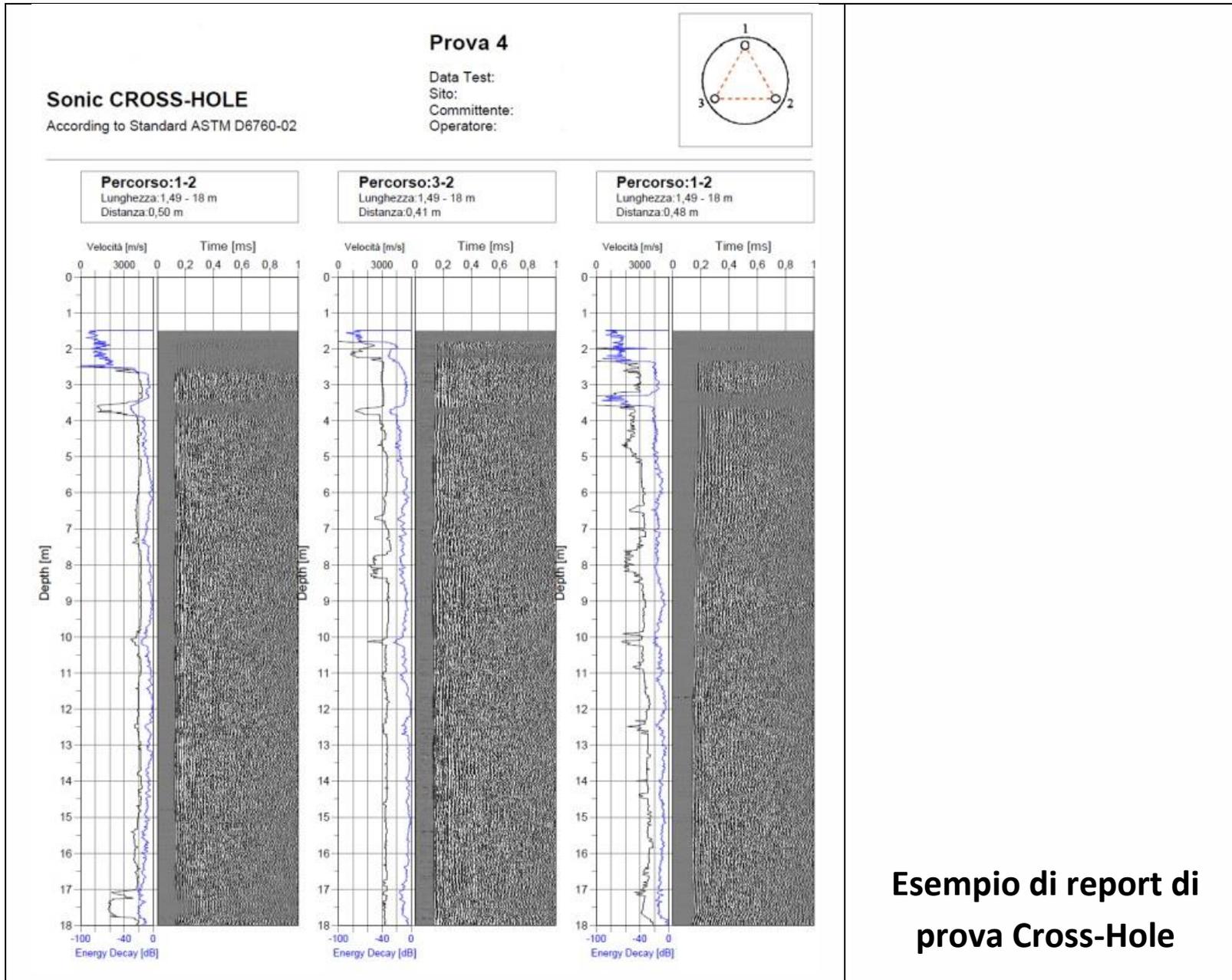




Esecuzione di prova Cross-Hole



Esecuzione di prova Cross-Hole



**Esempio di report di
 prova Cross-Hole**



Prove di carico sui pali di fondazione

Sui pali di fondazione devono essere eseguite **prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto**. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a **1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (rara)**.



Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso **il numero di prove non deve essere inferiore a:**

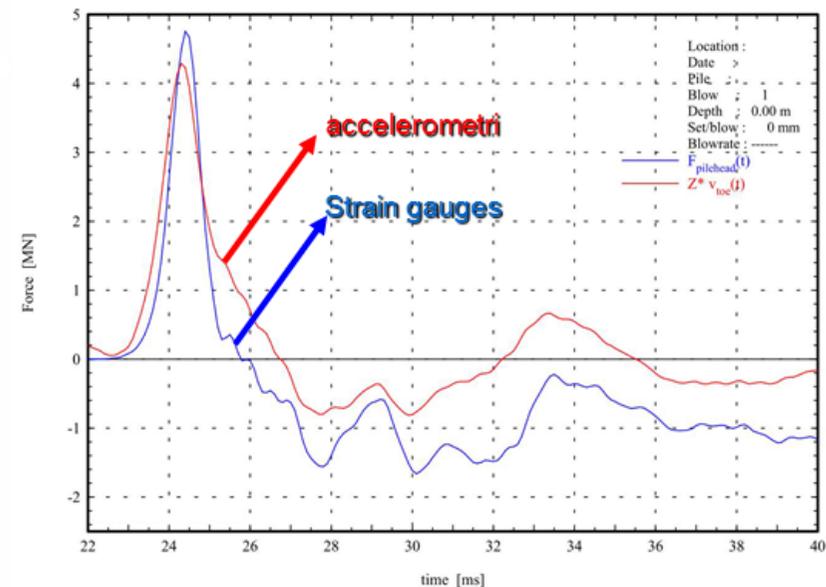
- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.



Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite **prove di carico dinamiche**, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi (verifica d'integrità) su almeno il 50% dei pali.

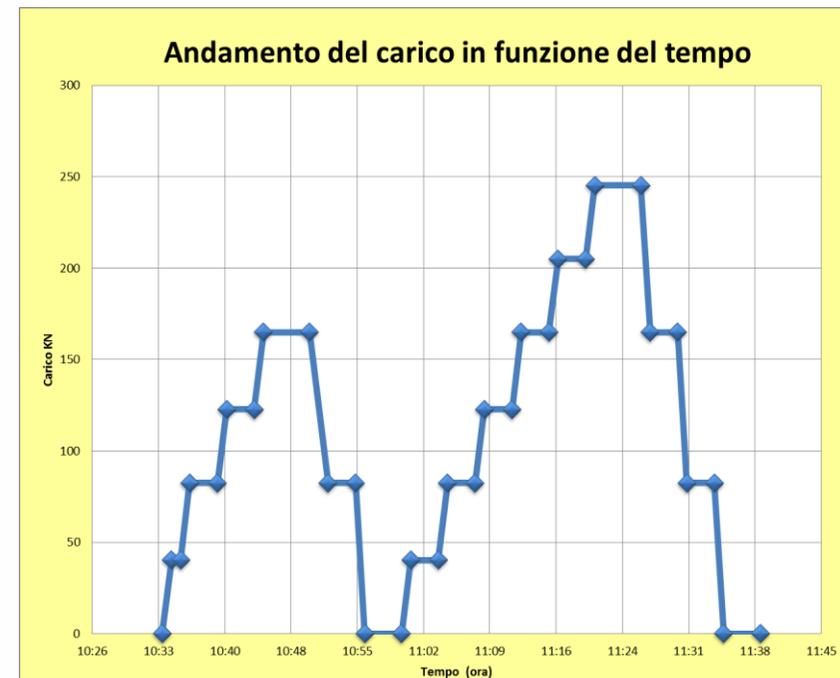
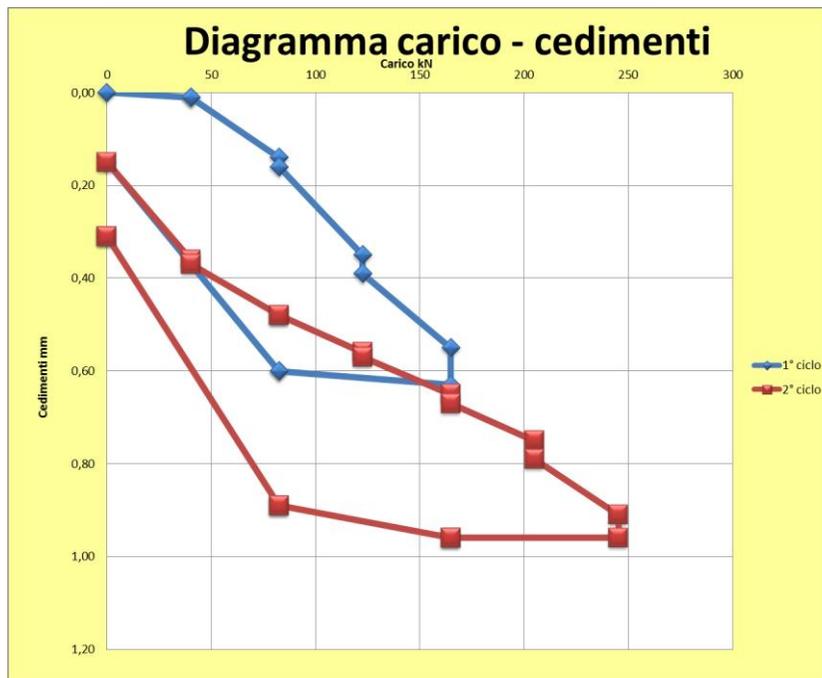


DIAGRAMMA DELLE FORZE MISURATE



Le modalità di esecuzione di una prova di carico su palo sono molteplici e si differenziano per la sequenza e la rapidità di applicazione dei carichi.

Uno dei metodi più frequentemente utilizzati, la **prova mantained load**, prevede che il carico venga applicato al palo in incrementi successivi e ciascun carico progressivamente raggiunto nel corso della prova venga mantenuto costante per un periodo più o meno lungo.

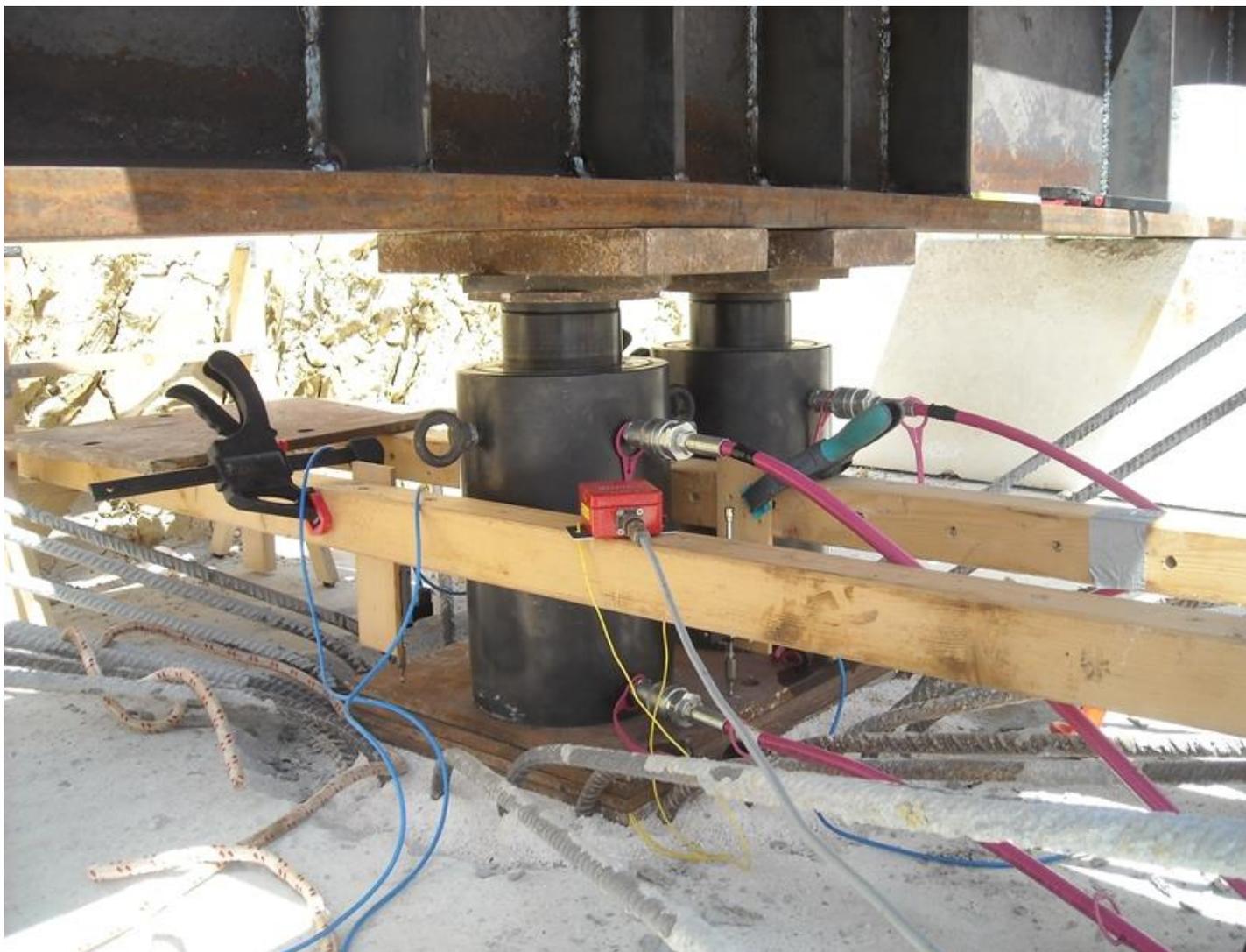




Prova di carico su palo: contrasto costituito dalla base del muro di sostegno



Prova di carico su palo: contrasto costituito dalla platea di fondazione



Prova di carico su palo: contrasto costituito da una trave in acciaio rinforzata, ancorata a due pali adiacenti



Prova di carico su palo: contrasto costituito da una trave in acciaio rinforzata, ancorata a due pali adiacenti



Prova di carico su micropalo: contrasto costituito da una coppia di travi in acciaio ancorata a due micropali adiacenti



Prova di carico su micropalo: contrasto costituito da una coppia di travi in acciaio ancorata a due micropali adiacenti



Prova a spinta di un palo di paratia



Prova a spinta di un palo di paratia



Prova a spinta di un palo di paratia



Prova a spinta su micropalo di berlinese



Prova a spinta su micropalo di berlinese

PROVE DI CARICO SU TIRANTI

I **tiranti di ancoraggio** sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno in grado di sostenere forze di trazione. Tali forze sono, in generale, trasmesse al terreno tramite la fondazione, alla struttura ancorata tramite la testata e dalla testata alla fondazione tramite la parte libera.

Le prove di carico per i tiranti si distinguono in **prove preliminari o di progetto** e **prove di collaudo**.

Le prove preliminari sono eseguite sullo stesso sito prima della realizzazione di tiranti previsti in progetto, per verificare la correttezza delle previsioni progettuali e il comportamento dell'insieme ancoraggio/ammasso.



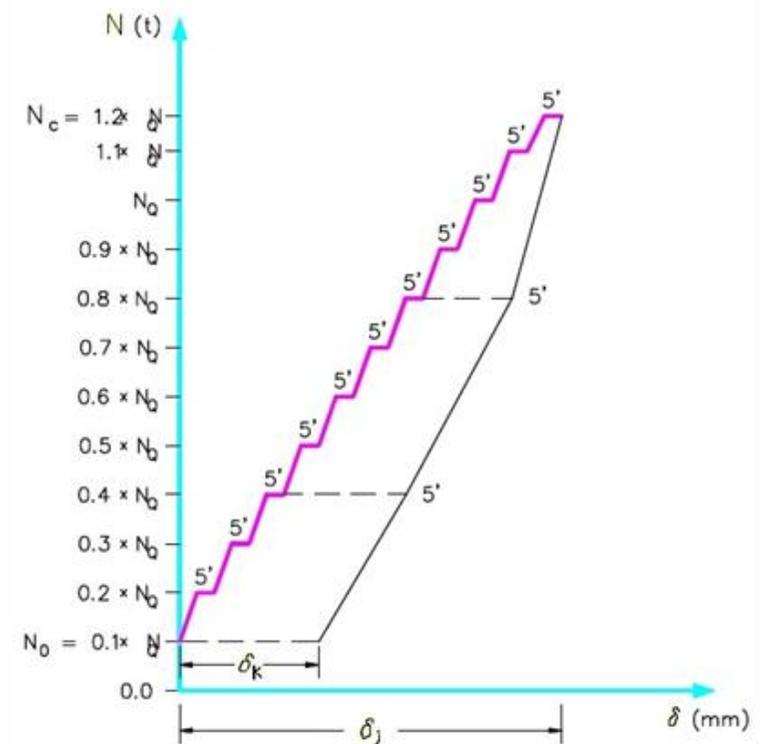
Il numero di **prove di progetto**, secondo le NTC 2008, non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di tiranti è inferiore a 30
- 2 se il numero di tiranti è compreso tra 31 e 50
- 3 se il numero di tiranti è compreso tra 51 e 100
- 7 se il numero di tiranti è compreso tra 101 e 200
- 8 se il numero di tiranti è compreso tra 201 e 500
- 10 se il numero di tiranti è superiore a 500

Le prove di collaudo, o prove di verifica, DEVONO EFFETTUARSI SU TUTTI I TIRANTI.



Consistono in un ciclo di semplice carico e scarico, durante il quale il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1,2 volte quella massima prevista in esercizio: bisognerà verificare che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti in progetto e/o compatibili con le misure eseguite sugli ancoraggi preliminari di prova.





Prova su tirante a barra DYWIDAG

PROVE DI CARICO SU IMPALCATI (SOLAI)

Sono prove che si eseguono per simulare i carichi cui gli impalcati dovranno resistere in piena sicurezza una volta in esercizio.

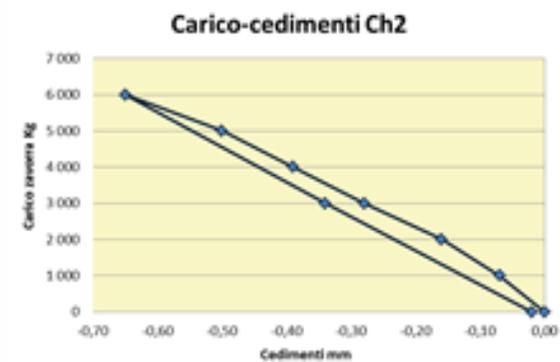
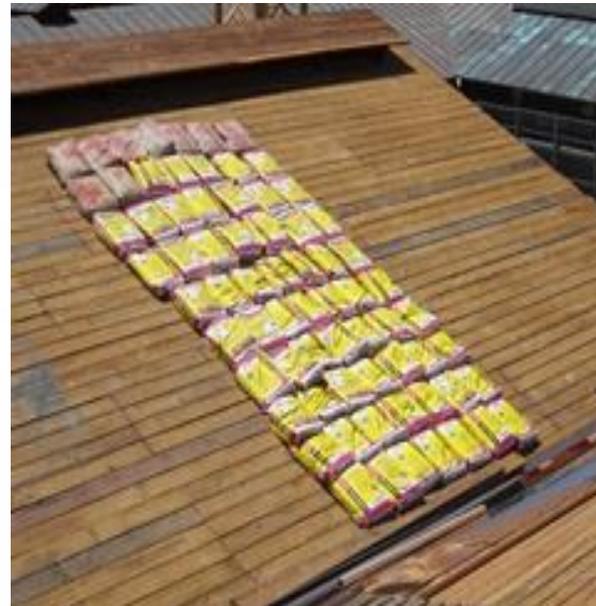
Il valore del carico da simulare con le prove viene estrapolato dalla Tab.3.1.11 delle NTC 2008, la stessa tabella cui ha fatto riferimento il progettista strutturale per i calcoli di dimensionamento e verifica dell'elemento strutturale.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00

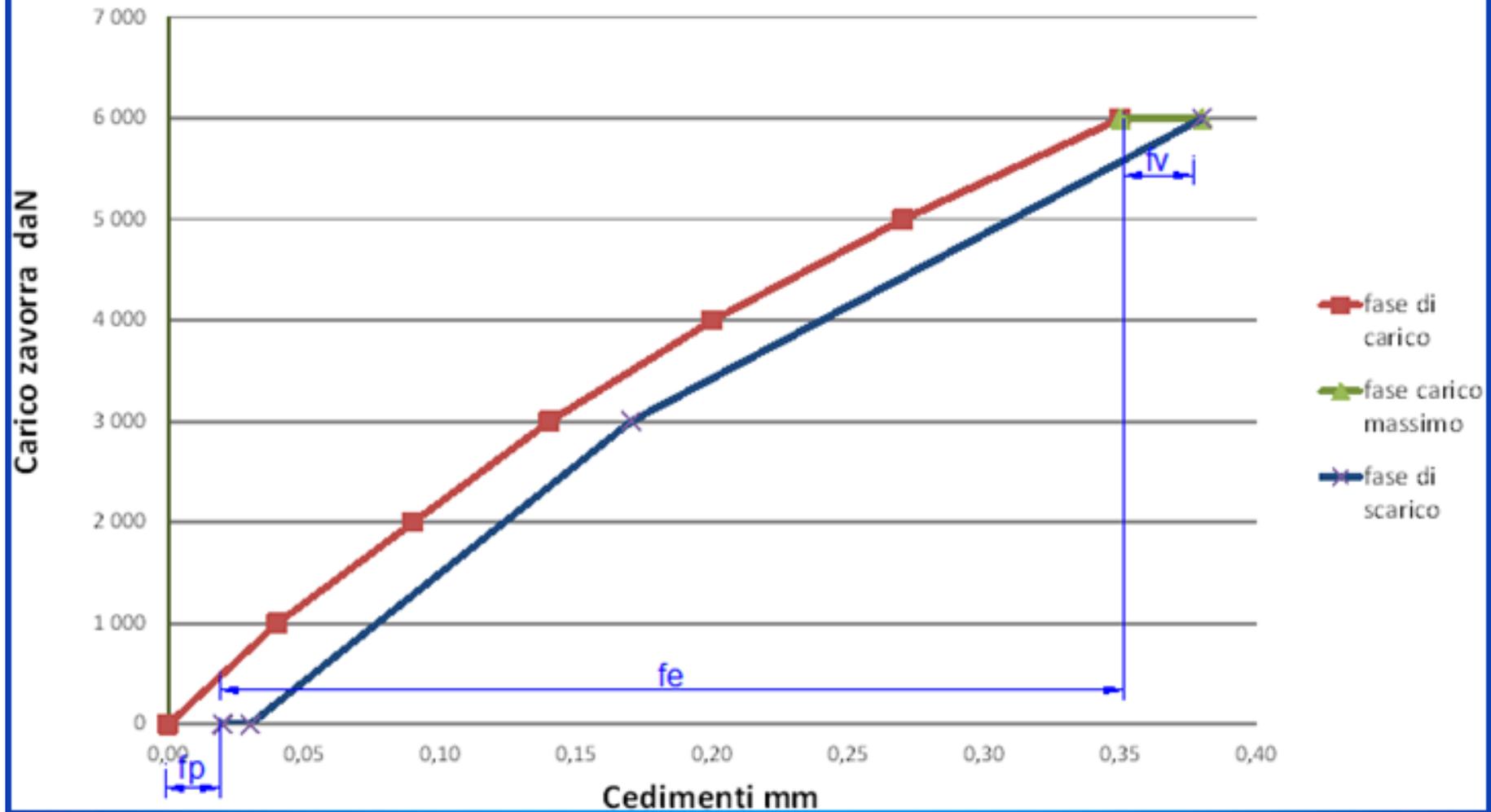
Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —



Possono essere realizzate con carichi distribuiti ovvero con carichi concentrati che producono le medesime sollecitazioni dei carichi distribuiti.



Curva carico - spostamenti



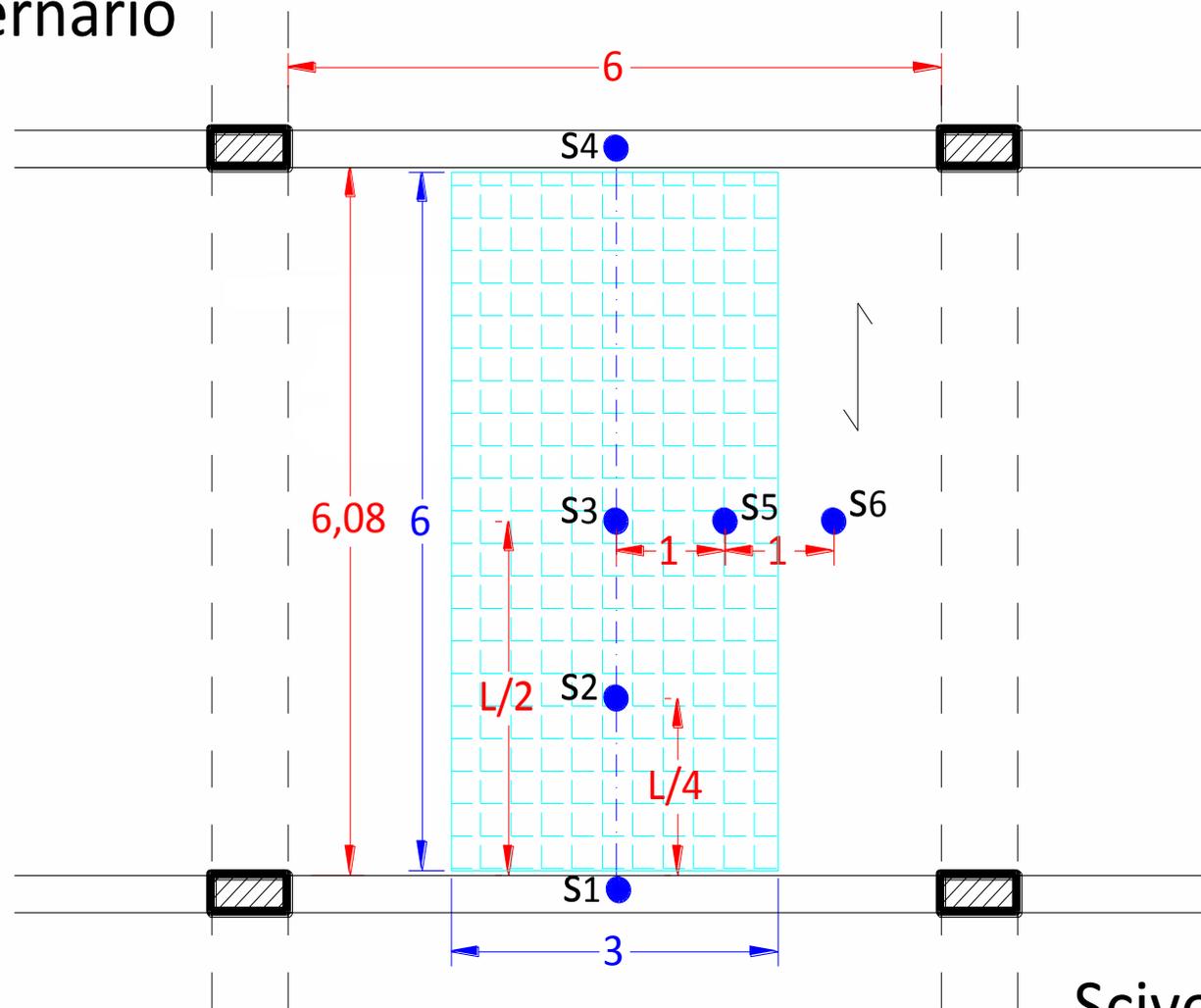


Esempio di prova di carico: serbatoio zavorra



Esempio di prova di carico: disposizione trasduttori di spostamento

Lucernario



Scivolo

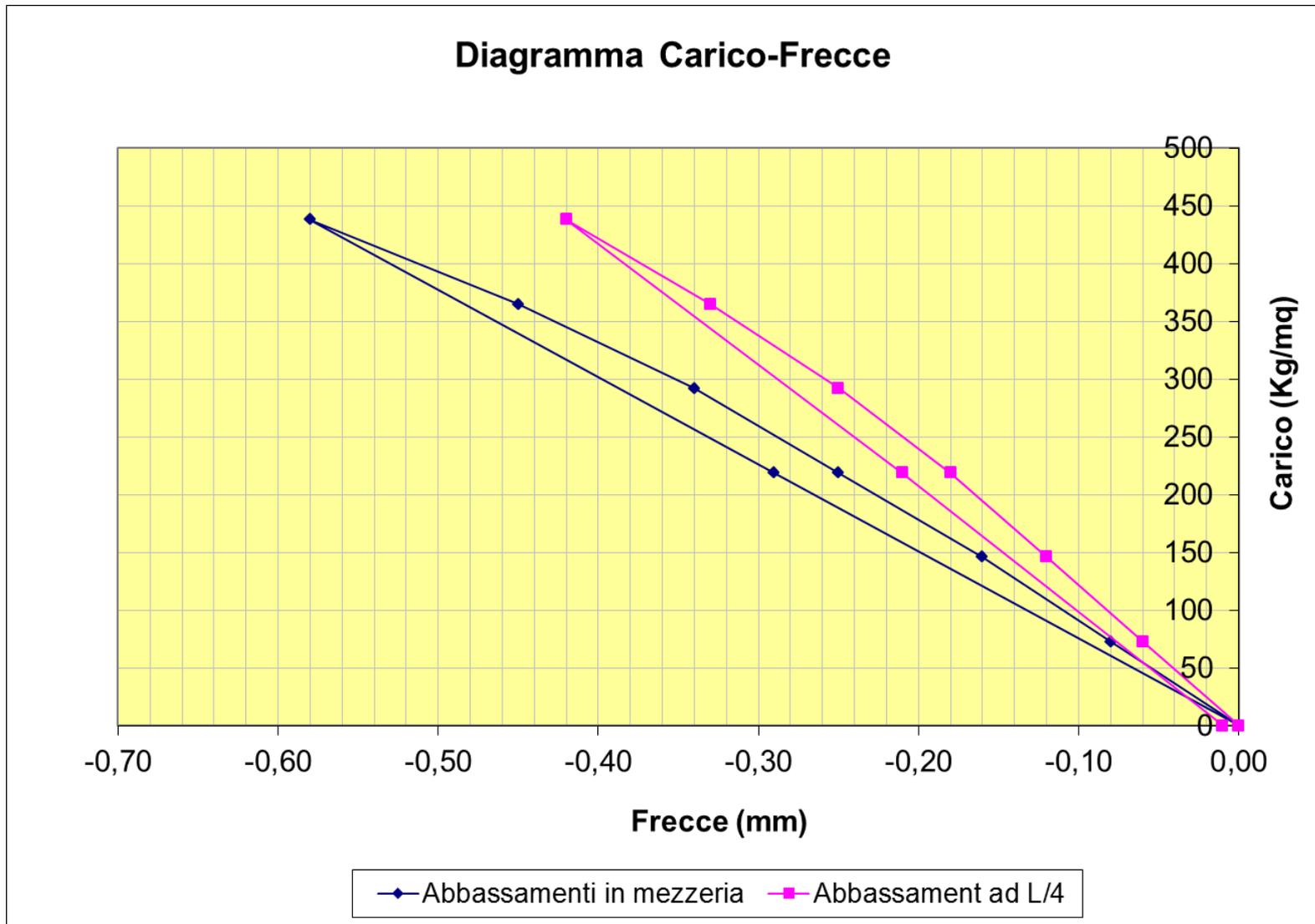
Esempio di prova di carico: graficizzazione posizione serbatoio e tasduttori



Step	Q _{step} (litri)	Frecche misurate ai trasduttori (mm)						Frecche epurate dell'abbass. della trave (mm)				B _{step} (m)	q _{step} (Kg/mq)
		f1	f2	f3	f4	f5	f6	fa	fb	fc	fd		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,38	0,00
1	1.500	-0,05	-0,11	-0,13	-0,03	-0,08	-0,08	-0,08	-0,03	-0,03	-0,06	3,38	72,99
2	3000	-0,11	-0,23	-0,27	-0,09	-0,22	-0,18	-0,16	-0,11	-0,07	-0,12	3,38	145,98
3	4.500	-0,17	-0,35	-0,42	-0,15	-0,35	-0,27	-0,25	-0,18	-0,1	-0,18	3,38	218,97
4	6000	-0,24	-0,49	-0,58	-0,21	-0,48	-0,36	-0,34	-0,24	-0,12	-0,25	3,38	291,97
5	7.500	-0,3	-0,63	-0,75	-0,28	-0,63	-0,48	-0,45	-0,33	-0,18	-0,33	3,38	364,96
6	9000	-0,4	-0,82	-0,98	-0,4	-0,87	-0,62	-0,58	-0,47	-0,22	-0,42	3,38	438,04
7	4500	-0,26	-0,47	-0,55	-0,25	-0,49	-0,37	-0,29	-0,23	-0,11	-0,21	3,38	218,97
8	0	-0,11	-0,12	-0,11	-0,12	-0,12	-0,11	0	-0,01	0	-0,01	3,38	0,00

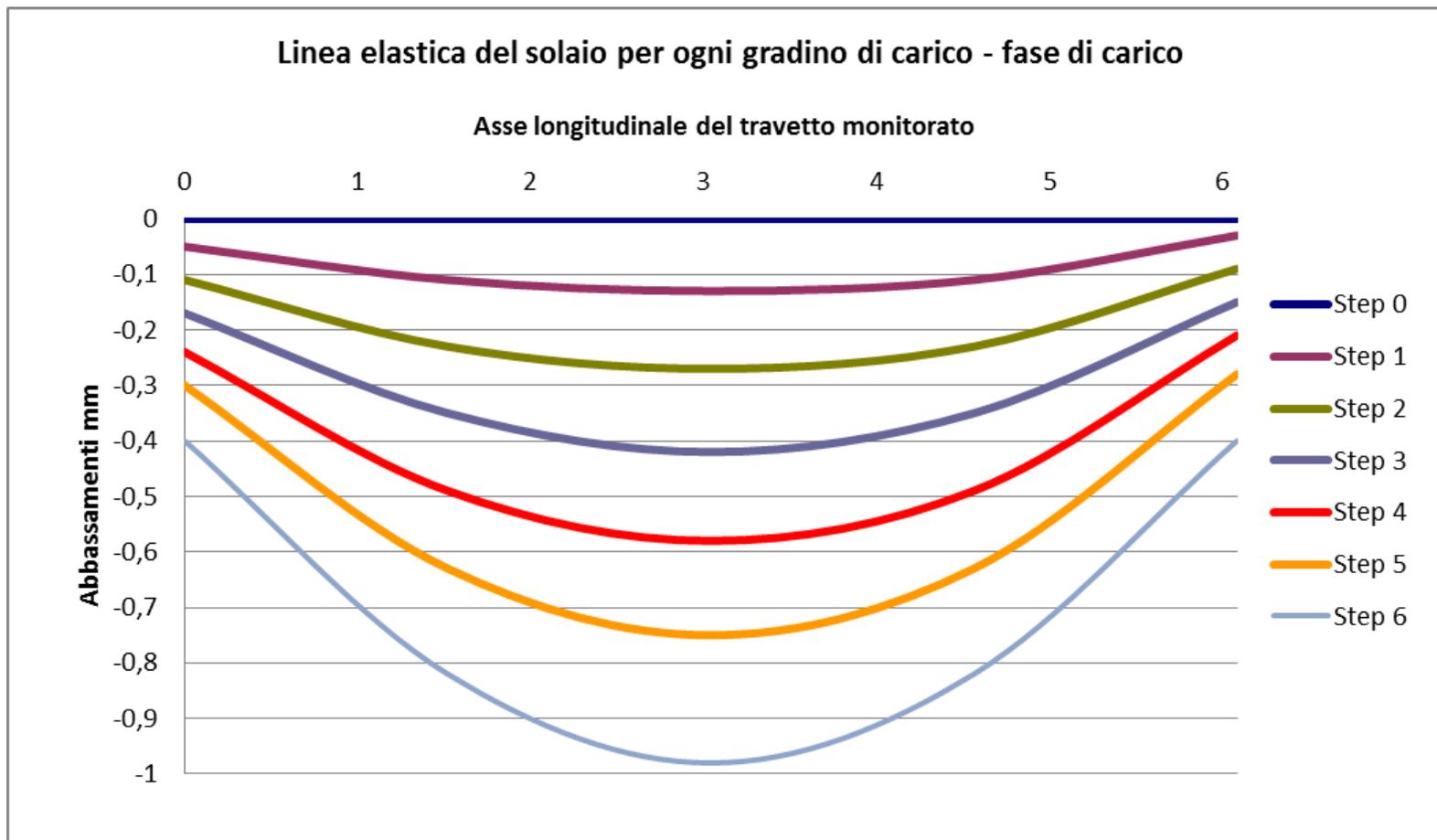
Esempio di prova di carico: tabella dati acquisiti durante la prova





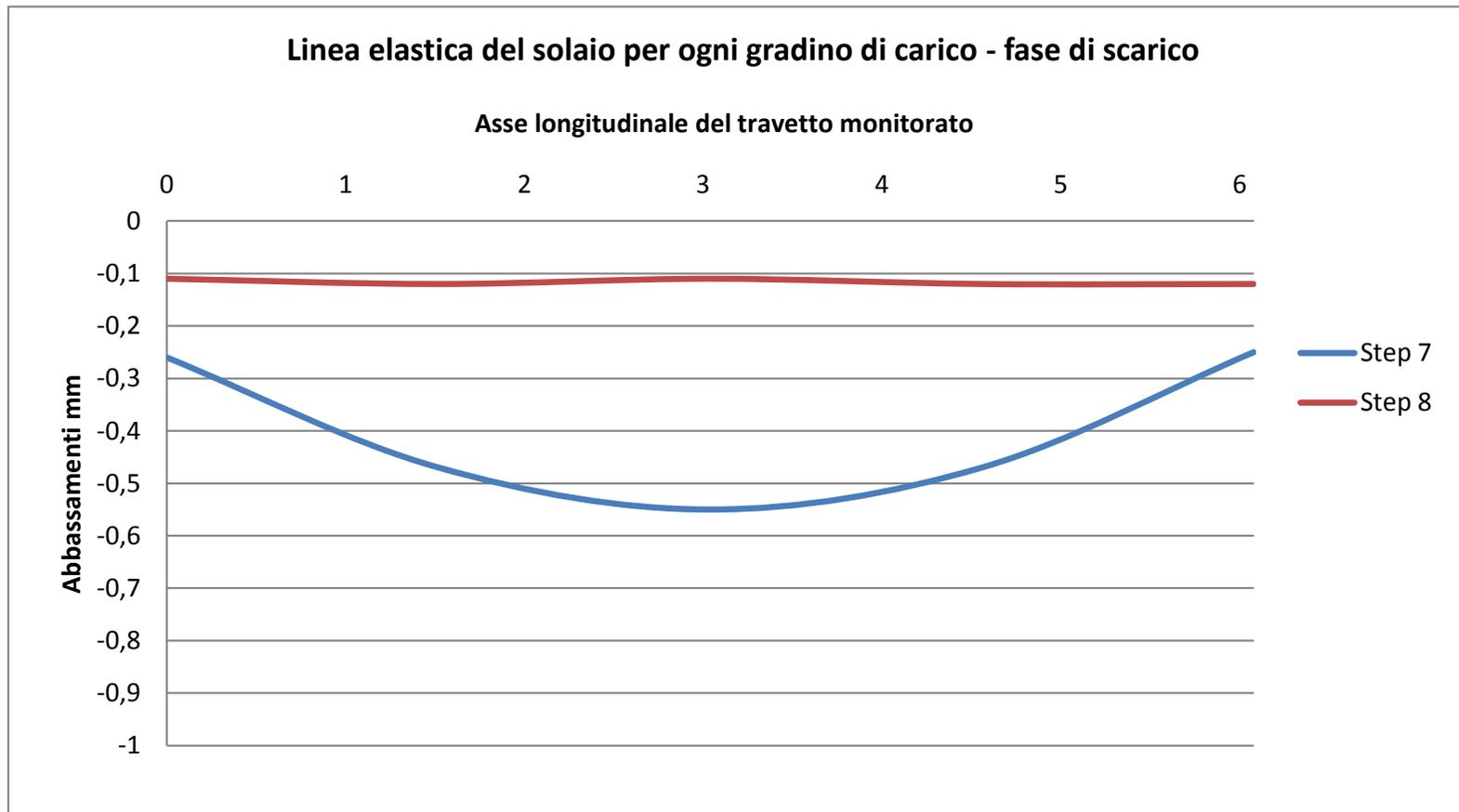
Esempio di prova di carico: diagrammi carico frecce





Esempio di prova di carico: andamento linea elastica nella fase di carico





Esempio di prova di carico: andamento linea elastica nella fase di scarico



DISPOSITIVI ANTISISMICI

Per dispositivi antisismici si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, ad esempio:

- incrementando il periodo fondamentale della struttura,
- modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali,
- incrementando la dissipazione di energia,
- limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica.



I dispositivi devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità alla documentazione depositata.

Il collaudo statico delle strutture con isolamento o dissipazione deve essere effettuato in corso d'opera; al riguardo si segnala che di fondamentale importanza è il **controllo della posa in opera** dei dispositivi, nel rispetto delle tolleranze e delle modalità di posa prescritte dal progetto, nonché la **verifica della completa separazione tra sottostruttura e sovrastruttura e tra quest'ultima ed altre strutture adiacenti**, con il rigoroso rispetto delle distanze di separazione previste in progetto.

Il collaudatore può disporre l'esecuzione di speciali prove per la caratterizzazione dinamica del sistema di isolamento atte a verificare, nei riguardi di azioni di tipo sismico, che le caratteristiche della costruzione corrispondano a quelle attese.



PONTI STRADALI

Si dovrà controllare che le deformazioni sotto i carichi di prova, in termini di abbassamenti, rotazioni ecc, siano **comparabili con quelle previste in progetto** e che le **eventuali deformazioni residue dopo il primo ciclo di carico, non risultino superiori al 15%** di quelle massime misurate, ovvero successive prove di carico dimostrino che le deformazioni residue tendano ad esaurirsi.



Prova di carico su ponte stradale a campata unica in c.a.p. – Fonte CIMENTO S.r.l.



Prova di carico su ponte stradale a campata unica in acciaio – Fonte CIMENTO S.r.l.

Per i **ponti a campata multipla**, la prova di carico deve essere eseguita su **almeno un quinto delle campate**.



Per le opere di significativa rilevanza, le **prove statiche** andranno **completate da prove dinamiche**, che misurino la rispondenza del ponte all'eccitazione dinamica, **controllando che il periodo fondamentale sperimentale sia confrontabile con quello previsto in progetto**.



CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO

Il certificato di collaudo statico deve contenere tutte le informazioni previste dal capitolo 9 delle norme tecniche per le costruzioni NTC 2008, in particolare:

- **verbali delle visite** effettuate con la descrizione delle operazioni di controllo svolte (prove di carico, controlli non distruttivi o distruttivi sulle strutture in opera, etc.)
- **relazione sul progetto strutturale** e sui documenti esaminati e sulle eventuali attività integrative svolte
- **giudizio di collaudabilità o non collaudabilità delle strutture** e della loro ispezionabilità ai fini della manutenzione, con riferimento all'intero periodo della loro vita utile o vita nominale

VITA NOMINALE di un'opera strutturale il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.



Il certificato deve essere prodotto in duplice copia di cui una in bollo e firmato dal solo collaudatore statico.

Per le opere pubbliche, il certificato di collaudo statico, che è un allegato del certificato di collaudo tecnico-amministrativo, deve essere firmato dal solo collaudatore statico.

Gli intervenuti o gli invitati alle operazioni di collaudo statico possono sottoscrivere i verbali di visita.

Legge 1086/72 - Art. 7. – Commi 5 e 6 - (*Collaudo statico*)

Il collaudatore deve redigere due copie del certificato di collaudo e trasmetterle all'ufficio del genio civile, il quale provvede a restituirne una copia, con l'attestazione dell'avvenuto deposito da consegnare al committente.

Per le opere costruite per conto dello Stato e degli enti di cui all'ultimo comma dell'art. 4 (regioni, delle province e dei comuni, aventi un ufficio tecnico con a capo un ingegnere), gli obblighi previsti dal terzo (comunicazione al genio civile del collaudatore) e dal quinto comma del presente articolo non sussistono.



MODELLO DI COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO

(Legge 5 novembre 1971, n. 1086, legge 2 febbraio 1974, n.64, D.M. 14 gennaio 2008; legge regionale

Relazione - Verbale di visite - Certificato di collaudo statico

RELAZIONE

A.1. Elaborati progettuali

Il progetto esecutivo delle strutture è stato redatto in conformità al paragrafo 10.1. delle norme tecniche per le costruzioni, e comprende i seguenti elaborati:

- relazione sui materiali;
- relazione di calcolo;
- elaborati grafici strutturali, particolari costruttivi – Tav n.;
- elaborati grafici architettonici – Tav. n.;
- relazione geologica;
- relazione geotecnica;
- piano di manutenzione della parte strutturale.

A.2. Collaudatore statico delle opere

Del collaudo statico delle opere in cemento armato è stato incaricato, con nota protocollo n. del dal, il sottoscritto il quale non è intervenuto in alcun modo nella progettazione, nella direzione e nella esecuzione dei lavori in appalto.



A.3. Inizio e ultimazione dei lavori

I lavori concernenti le strutture in cemento armato sono iniziati il ultimati il

A.4. Andamento dei lavori

Da quanto risulta agli atti contabili, i lavori inerenti l'esecuzione delle strutture in cemento armato si sono svolti in base al progetto esecutivo, agli ordini di servizio e alle ulteriori disposizioni impartite dal direttore dei lavori.

A.5. Esame del progetto dell'opera

Oggetto del collaudo statico sono state le strutture in cemento armato relative ai lavori di

I calcoli e le verifiche delle strutture sono stati condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite secondo le norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008. Per l'esecuzione dei calcoli strutturali è stato impiegato il software

Lo studio geologico ha interessato una zona significativamente estesa in relazione al tipo di opera e al suo contesto geologico.

Si condividono l'impostazione del progetto strutturale delle opere anche per gli aspetti geotecnici. La scelta dei mezzi di indagine geotecnica, effettuata in fase di progetto dell'indagine, è stata verificata durante lo svolgimento dell'indagine stessa.

I parametri geotecnici impiegati sono coerenti con la successione stratigrafica, con il regime delle pressioni interstiziali, con le caratteristiche meccaniche dei terreni e con tutti gli altri elementi significativi del sottosuolo, nonché con le proprietà dei materiali da impiegare per la costruzione di opere in materiali sciolti.



Durante l'esecuzione dei lavori è stata verificata anche la corrispondenza tra le previsioni progettuali e lo stato di fatto, infatti l'esecuzione dei lavori di fondazione non ha richiesto il ricorso ad alcuna variante ai lavori in appalto.

La scelta delle fondazioni del tipo *indiretta su pali* è stata supportata dai seguenti parametri geotecnici, ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in situ. Con riferimento ai superiori parametri, all'interazione terreno struttura e alle prestazioni attese è stata operata dal progettista la scelta delle opere di fondazione, del tipo *fondazione profonda su pali diametro \square 1000 mm*, tale scelta è parsa coerente con le modalità di esercizio del manufatto, come si evince dai calcoli di verifica allegati alla relazione geotecnica di progetto.

A.6. Caratteristiche dei materiali strutturali

I materiali strutturali impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

a) calcestruzzo per le strutture di fondazione

- classe di resistenza a compressione
- classe di esposizione ambientale calcestruzzo XC
- rapporto acqua cemento massimo a/c
- dosaggio minimo cemento:
- classe di consistenza a getto S
- diametro massimo dell'aggregato:mm
- copriferro nominale: mm; copriferro minimo: mm; tolleranza: mm
- acciaio tipo B450C conforme al D.M. 14 gennaio 2008.

b) calcestruzzo per le strutture in elevazione

- classe di resistenza a compressione



- classe di esposizione ambientale calcestruzzo XC
- rapporto acqua cemento massimo a/c
- dosaggio minimo cemento:
- classe di consistenza a getto S
- diametro massimo dell'aggregato:mm
- copriferro nominale: mm; copriferro minimo: mm; tolleranza: mm
- acciaio tipo B450C conforme al D.M. 14 gennaio 2008.

I solai hanno struttura mista in latero cemento di altezza pari a cm oltre la soletta di ... cm, interasse cm, realizzato con travetti in calcestruzzo armato precompresso di dimensioni x cm, blocchi interposti in laterizio collaboranti/non collaboranti e armatura metallica a corredo; armatura di ripartizione

L'acciaio per cemento armato lavorato è stato fornito dal centro di trasformazione

VISITE DI COLLAUDO

I sopralluoghi in corso d'opera per il collaudo statico, ai sensi della legge n.1086/1971 e dalle norme tecniche per le costruzioni, sono stati effettuati nei giorni alla presenza dei signori:

.....	Impresa
appaltatrice;.....	Direttore dei
lavori;.....	Ispettore di
cantiere;.....	Direttore operativo.

I verbali delle verifiche di collaudo sono allegati al presente certificato di collaudo statico (allegati n.)



Durante il corso delle visite, dall'ispezione generale è stata constatata la rispondenza delle opere realizzate a quella del progetto strutturale, eseguendo il rilievo dimensionale di un campione significativo di elementi strutturali in conformità alla norma UNI EN 13670-1, ai fini della loro rispondenza geometrica al progetto approvato e al rispetto delle tolleranze contrattualmente ammesse.

La struttura è stata esaminata attentamente e non sono stati rilevati difetti, lesioni e deformazioni di particolare rilievo. Le strutture non presentano difetti superficiali dovuti a difetti della miscela o di esecuzione del getto e relativa compattazione.

È stata controllata la documentazione acquisita dalla direzione dei lavori durante la fase esecutiva, in particolare:

- 1) documentazione di accompagnamento della fornitura di calcestruzzo confezionato dall'impianto con sede in dotato di sistema di controllo della produzione (paragrafo 11.2.8. norme tecniche per le costruzioni); verbale di prelievo in cantiere n. del; certificati di prove a compressione nn. del, rilasciato dal laboratorio ufficiale/autorizzato, relativo ai controlli d'accettazione della fornitura di miscela di calcestruzzo per le opere di (vedi allegato)
- 2) documentazione di accompagnamento delle forniture di acciaio per cemento armato nn. del , rilasciata dal centro di trasformazione con sede in (paragrafo 11.3.1.7. norme tecniche per le costruzioni); verbali di prelievo in cantiere nn. del; certificati di prova a trazione, piegamento e raddrizzamento n. ... del ... rilasciati dal laboratorio ufficiale/autorizzato relativi ai controlli di accettazione della fornitura di barre d'acciaio tipo B450C per le opere di (vedi allegato)
- 3) prove di carico su pali di fondazione nn. in data eseguite da
- 4) prove di carico su solai dei impalcati, compresi tra i pilastri eseguite da
- 5) prova di caratterizzazione dinamica del sistema di isolamento e/o dissipazione per verificare che le caratteristiche della costruzione corrispondono a quelle ipotizzate (paragrafo 7.10.8. norme tecniche per le costruzioni);



- 6) i documenti di origine, forniti dal produttore dei dispositivi di isolamento e/o dissipazione, unitamente ai certificati relativi alle prove sui materiali e alla qualificazione dei dispositivi, nonché i certificati relativi alle prove di accettazione in cantiere disposte dalla direzione dei lavori (paragrafo 7.10.8. norme tecniche per le costruzioni).

PROVE DI CARICO E CONTROLLI SULLE STRUTTURE IN OPERA

A conferma dei risultati delle prove di carico fatte eseguire dal direttore dei lavori, il sottoscritto collaudatore statico ha fatto eseguire le seguenti ulteriori prove:

- 1) prova di carico su palo di fondazione n., in data eseguita da (vedi allegato)
- 2) prova di carico su solaio del impalcato, compreso tra i pilastri eseguita da (vedi allegato)
- 3) prova di carico su sbalzo del impalcato, compreso tra i pilastri eseguita da (vedi allegato)
- 4) controlli mediante carotaggio, misura della velocità di propagazione degli ultrasuoni per verificare l'omogeneità del calcestruzzo in opera, prove di estrazione (pull-out) e di misura dell'indice di rimbalzo in diversi elementi strutturali per valutare la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera secondo le indicazioni della norma UNI EN 13791; le prove sono state eseguite da L'interpretazione dei risultati, in conformità alla UNI EN 13791, ha confermato i valori di resistenza a compressione rilevati con i controlli di accettazione (tipo A o tipo B) eseguiti dal direttore di lavori in occasione dei getti di calcestruzzo, pertanto si ritengono conformi alle prescrizioni contrattuali le miscele omogenee di calcestruzzo poste in opera dall'esecutore (vedi allegato)
- 5) verifica della posizione e della dimensione delle armature in un campione significativo di elementi strutturali mediante prova pacometrica (vedi allegato);
- 6) verifica dei limiti dimensionali nei solai misti, accertato che:



- a. la larghezza delle nervature è risultata non minore di 1/8 del loro interesse e comunque non inferiore a 80 mm;
 - b. l'interasse delle nervature non è maggiore di 15 volte lo spessore della soletta;
 - c. la dimensione massima del blocco di laterizio non è maggiore di 520 mm.
- 7) Verifica dei dispositivi di vincolo rigidi (o flessibili) degli impianti alle strutture come previsto dal paragrafo 7.2.4. delle norme tecniche per le costruzioni. Contestualmente sono stati verificati i dispositivi di sostegno dei corpi illuminanti per impedirne il distacco in caso di terremoto;
- 8) verifica, per i dispositivi di isolamento e/o dissipazione, della completa separazione tra la sottostruttura e la sovrastruttura e tra quest'ultima e le altre strutture adiacenti. È stata verificata anche la modalità di accesso per la manutenzione e l'eventuale sostituzione dei dispositivi (paragrafo 7.10.8. norme tecniche per le costruzioni).

Tutti gli atti richiamati nella presente relazione si intendono parte integrante del presente certificato

CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO

Premesso quanto sopra:- vista la legge 5 novembre 1971, n. 1086

- vista la legge 2 febbraio 1974, n.64
- visto il D.M. 14 gennaio 2008 (Norme tecniche per le costruzioni)
- vista la C.M. 2 febbraio 2009, n.617 C.S.LL.PP.
- visto l'art. 141, D.Lgs 12 aprile 2006, n.163 (Codice degli appalti)
- visto l'art. 216, comma 8, del nuovo Regolamento sugli appalti pubblici
- vista la legge regionale

il sottoscritto collaudatore statico



considerato

- che dall'esame del progetto dell'opera, dell'impostazione generale schemi di calcolo utilizzati e delle azioni considerate la progettazione nei suoi aspetti strutturali e geotecnici è da ritenersi conforme alla vigente normativa tecnica emanata con D.M. 14 gennaio 2008. In particolare, le indagini geotecniche per la progettazione strutturale hanno interessato un volume significativo di terreno influenzato direttamente o indirettamente dall'opera edificata;
- che le indagini eseguite nelle fasi di progettazione e di costruzione sono da ritenersi conforme alla vigente normativa tecnica emanata con D.M. 14 gennaio 2008;
- che le dimensioni degli elementi strutturali sono conformi al progetto esecutivo, redatto nel rispetto della normativa tecnica emanata con D.M. 14 gennaio 2008;
- che i risultati dei controlli di accettazione, relativi alle miscele omogenee di calcestruzzo e all'acciaio per armature, eseguiti in corso d'opera dal direttore dei lavori in conformità al D.M. 14 gennaio 2008, hanno avuto esito positivo;
- che gli ulteriori controlli non distruttivi per la stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera, secondo le indicazioni della norma UNI EN 13791, hanno confermato i risultati dei controlli in accettazione eseguiti in corso d'opera dal direttore dei lavori e, quindi, la conformità delle miscele omogenee di calcestruzzo poste in opera;
- che durante le prove di carico degli elementi strutturali interessati:
 - o le deformazioni si sono accresciute all'incirca proporzionalmente ai carichi agenti;
 - o nel corso delle prove non ci sono prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti tali da compromettere la sicurezza o la conservazione dell'opera;
 - o le deformazioni residue dopo la prima applicazione del carico massimo non hanno superato una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova;



- la deformazione elastica non è risultata maggiore di quella teorica calcolata nelle condizioni di carico applicate durante la prova;
- che gli elementi strutturali, sulla base di un'ispezione generale visiva, non presentano carenze o difetti costruttivi evidenti;
- che le opere strutturali sono agevolmente ispezionabili ai fini della loro manutenzione con riferimento al previsto periodo di vita utile della struttura in anni

Il sottoscritto collaudatore statico

certifica

che le opere in calcestruzzo armato, inerenti lavori di, eseguite dall'impresa affidataria, sono collaudabili è, in effetti, con il presente atto le

collauda

con esito favorevole.

..... li

Il collaudatore

.....

Elenco degli allegati

Allegato 1 :

Allegato 2 :



BIBLIOGRAFIA

D.M. 14 gennaio 2008 *“Norme tecniche per le costruzioni”*

S. Lombardo, G. Mirabella *“Collaudo tecnico amministrativo”* Dario Flaccovio Editore

S. Lombardo, V. Venturi *“Collaudo statico delle strutture”* Dario Flaccovio Editore

A. Zizzi, S. Mineo, S. Bufarini, V.D’Aria *“Controlli e verifiche delle strutture di calcestruzzo armato in fase di esecuzione”* EPC Editore

S. Bufarini, V.D’Aria, S. Mineo, D. Squillacioti *“Monitoraggio delle strutture – Degradi dissesti ed analisi dei quadri fessurativi”* – Casa Editrice EPC Roma.

Altre fonti:

www.diagnosticastrutturale.it - www.csip.it

Contatti:

santomineo@diagnosticastrutturale.it



LA PRESENTAZIONE E' LIBERAMENTE
SCARICABILE DAL SITO

www.diagnosticastrutturale.it

ALLA SEZIONE

FreeDownload

