

2011/2012

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI

FACOLTÀ DI

Prof. Ing. Donato Carla

LEZIONE N. 10

LEGISLAZIONE OPERE PUBBLICHE

INDICE

INTRODUZIONE	3
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380.....	3
PRIMA PARTE.....	10
PROVE DI LABORATORIO.....	10
A) Prove e controlli sul calcestruzzo.....	10
1. Resistenza caratteristica	10
2. Controlli di qualità del conglomerato	10
3. Prelievo dei campioni.....	11
4. Valutazione preliminare della resistenza	11
5. Controllo di accettazione.....	11
5.1. Controllo tipo A.....	11
5.2. Controllo tipo B.....	12
5.3. Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo	12
6. Prove complementari.....	13
B) prove e controlli sulle armature.....	13
B1) Controlli in stabilimento	13
B2) Controlli in cantiere.....	14
Simboli frequenti.....	16
IMPIANTI TECNOLOGICI	16
PARTE SECONDA: Le prove sul calcestruzzo.....	17
1. Prove distruttive.....	17
2. Prove di laboratorio	18
Prova a compressione	18
Prova a trazione.....	19
3. Prove in situ	20
Carotaggio e microcaroiaggio.....	20
4. Prove non distruttive	21
5. Metodi meccanici	22
6. Metodi elettromagnetici	25
7. Metodo ottico	27
8. Prove di carico.....	27
Applicazione dei carichi.....	29
9. Monitoraggio	31
PARTE TERZA: Scarto quadratico medio e varianza.....	34
ALLEGATI.....	35
Allegato 1: Denuncia opere in conglomerato cementizio armato.....	35
Allegato 2: Verbale di verifica della resistenza caratteristica del calcestruzzo	38
Allegato 3: Fac-simile della dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico alla regola d'arte	39

INTRODUZIONE

Prima di parlare del collaudo tecnico amministrativo con il quale si conclude il percorso che porta alla realizzazione di un'opera pubblica, occorre parlare di quelle collaudazioni a carattere specialistico che riguardano singole parti di cui la stessa opera si compone, ricordiamo quelle più importanti

A) Collaudo statico

Si esegue quando si realizzano opere le cui strutture portanti, orizzontali e verticali, in elevazione e in fondazione, anche se in parte, sono eseguite in conglomerato cementizio armato e in acciaio, sia in zona sismica che in zona non sismica, **sia pubbliche che private.**

La legge fondamentale che riguarda le procedure attinenti alle opere in cemento armato è il Testo Unico dell'edilizia, D.P.R. del 6 giugno 2001 n. 380, Parte II, Capo II (Disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica) che riportiamo di seguito.

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380

Parte II, Normativa Tecnica per l'edilizia, Capo II Disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

Sezione I - Adempimenti

Art. 64 (L) - Progettazione, direzione, esecuzione, responsabilità

1. La realizzazione delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, deve avvenire in modo tale da assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture e da evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità.
2. La costruzione delle opere di cui all'articolo 53, comma 1, deve avvenire in base ad un progetto esecutivo redatto da un tecnico abilitato, iscritto nel relativo albo, nei limiti delle proprie competenze stabilite dalle leggi sugli ordini e collegi professionali.
3. L'esecuzione delle opere deve aver luogo sotto la direzione di un tecnico abilitato, iscritto nel relativo albo, nei limiti delle proprie competenze stabilite dalle leggi sugli ordini e collegi professionali.
4. Il progettista ha la responsabilità diretta della progettazione di tutte le strutture dell'opera comunque realizzate.

5. Il direttore dei lavori e il costruttore, ciascuno per la parte di sua competenza, hanno la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, dell'osservanza delle prescrizioni di esecuzione del progetto, della qualità dei materiali impiegati, nonché, per quanto riguarda gli elementi prefabbricati, della posa in opera.

Art. 65 (R) - Denuncia dei lavori di realizzazione e relazione a struttura ultimata di opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

1. Le opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, prima del loro inizio, devono essere denunciate dal costruttore allo sportello unico, che provvede a trasmettere tale denuncia al competente ufficio tecnico regionale.

(testo rettificato con comunicato G.U. n. 47 del 25 febbraio 2002)

2. Nella denuncia devono essere indicati i nomi ed i recapiti del committente, del progettista delle strutture, del direttore dei lavori e del costruttore.

3. Alla denuncia devono essere allegati

a) il progetto dell'opera in triplice copia, firmato dal progettista, dal quale risultino in modo chiaro ed esauriente le calcolazioni eseguite, l'ubicazione, il tipo, le dimensioni delle strutture, e quanto altro occorre per definire l'opera sia nei riguardi dell'esecuzione sia nei riguardi della conoscenza delle condizioni di sollecitazione;

b) una relazione illustrativa in triplice copia firmata dal progettista e dal direttore dei lavori, dalla quale risultino le caratteristiche, le qualità e le dosature dei materiali che verranno impiegati nella costruzione.

4. Lo sportello unico restituisce al costruttore, all'atto stesso della presentazione, una copia del progetto e della relazione con l'attestazione dell'avvenuto deposito.

(testo rettificato con comunicato G.U. n. 47 del 25 febbraio 2002)

5. Anche le varianti che nel corso dei lavori si intendano introdurre alle opere di cui al comma 1, previste nel progetto originario, devono essere denunciate, prima di dare inizio alla loro esecuzione, allo sportello unico nella forma e con gli allegati previsti nel presente articolo.

6. A strutture ultimate, entro il termine di sessanta giorni, il direttore dei lavori deposita presso lo sportello unico una relazione, redatta in triplice copia, sull'adempimento degli obblighi di cui ai commi 1, 2 e 3, esponendo:

a) i certificati delle prove sui materiali impiegati emessi da laboratori di cui all'articolo 59;
b) per le opere in conglomerato armato precompresso, ogni indicazione inerente alla tesatura dei cavi ed ai sistemi di messa in coazione;

c) l'esito delle eventuali prove di carico, allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme.

7. Lo sportello unico restituisce al direttore dei lavori, all'atto stesso della presentazione, una copia della relazione di cui al comma 6 con l'attestazione dell'avvenuto deposito, e provvede a trasmettere una copia di tale relazione al competente ufficio tecnico regionale.

8. Il direttore dei lavori consegna al collaudatore la relazione, unitamente alla restante documentazione di cui al comma 6.

Art. 66 (L) - Documenti in cantiere

1. Nei cantieri, dal giorno di inizio delle opere, di cui all'articolo 53, comma 1, a quello di ultimazione dei lavori, devono essere conservati gli atti indicati all'articolo 65, commi 3 e 4, datati e firmati anche dal costruttore e dal direttore dei lavori, nonché un apposito giornale dei lavori.

2. Della conservazione e regolare tenuta di tali documenti è responsabile il direttore dei lavori. Il direttore dei lavori è anche tenuto a visitare periodicamente, ed in particolare nelle fasi più importanti dell'esecuzione, il giornale dei lavori.

Art. 67 (L, comma 1, 2, 4 e 8; R, commi 3, 5, 6 e 7) - Collaudo statico

1. Tutte le costruzioni di cui all'articolo 53, comma 1, la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità devono essere sottoposte a collaudo statico.

2. Il collaudo deve essere eseguito da un ingegnere o da un architetto, iscritto all'albo da almeno dieci anni, che non sia intervenuto in alcun modo nella progettazione, direzione, esecuzione dell'opera.

3. Contestualmente alla denuncia prevista dall'articolo 65, il direttore dei lavori è tenuto a presentare presso lo sportello unico l'atto di nomina del collaudatore scelto dal committente e la contestuale dichiarazione di accettazione dell'incarico, corredati da certificazione attestante le condizioni di cui al comma 2.

4. Quando non esiste il committente ed il costruttore esegue in proprio, è fatto obbligo al costruttore di chiedere, anteriormente alla presentazione della denuncia di inizio dei lavori, all'ordine provinciale degli ingegneri o a quello degli architetti, la designazione di una terna di nominativi fra i quali sceglie il collaudatore.

5. Completata la struttura con la copertura dell'edificio, il direttore dei lavori ne dà comunicazione allo sportello unico e al collaudatore che ha 60 giorni di tempo per effettuare il collaudo.

6. In corso d'opera possono essere eseguiti collaudi parziali motivati da difficoltà tecniche e da complessità esecutive dell'opera, fatto salvo quanto previsto da specifiche disposizioni.

7. Il collaudatore redige, sotto la propria responsabilità, il certificato di collaudo in tre copie che invia al competente ufficio tecnico regionale e al committente, dandone contestuale comunicazione allo sportello unico.

8. Per il rilascio di licenza d'uso o di agibilità, se prescritte, occorre presentare all'amministrazione comunale una copia del certificato di collaudo.

Sezione II - Vigilanza

Art. 68 (L) - Controlli

1. Il dirigente o il responsabile del competente ufficio comunale, nel cui territorio vengono realizzate le opere indicate nell'articolo 53, comma 1, ha il compito di vigilare sull'osservanza degli adempimenti preposti dal presente testo unico: a tal fine si avvale dei funzionari ed agenti comunali.

2. Le disposizioni del precedente comma non si applicano alle opere costruite per conto dello Stato e per conto delle regioni, delle province e dei comuni, aventi un ufficio tecnico con a capo un ingegnere.

Art. 69 (L) - Accertamenti delle violazioni

1. I funzionari e agenti comunali che accertino l'inosservanza degli adempimenti previsti nei precedenti articoli, redigono processo verbale che, a cura del dirigente o responsabile del competente ufficio comunale, verrà inoltrato all'Autorità giudiziaria competente ed all'ufficio tecnico della regione per i provvedimenti di cui all'articolo 70.

Art. 70 (L) - Sospensione dei lavori

1. Il dirigente dell'ufficio tecnico regionale, ricevuto il processo verbale redatto a norma dell'articolo 69 ed eseguiti gli opportuni accertamenti, ordina, con decreto notificato a mezzo di messo comunale, al committente, al direttore dei lavori e al costruttore la sospensione dei lavori.
2. I lavori non possono essere ripresi finché il dirigente dell'ufficio tecnico regionale non abbia accertato che sia stato provveduto agli adempimenti previsti dal presente capo.
3. Della disposta sospensione è data comunicazione al dirigente del competente ufficio comunale perché ne curi l'osservanza.

Sezione III - Norme penali

Art. 71 (L) - Lavori abusivi

1. Chiunque commette, dirige e, in qualità di costruttore, esegue le opere previste dal presente capo, o parti di esse, in violazione dell'articolo 64, commi 2, 3 e 4, è punito con l'arresto fino a tre mesi o con l'ammenda da 103 a 1.032 euro.
2. È soggetto alla pena dell'arresto fino ad un anno, o dell'ammenda da 1.032 a 10.329 euro, chi produce in serie manufatti in conglomerato armato normale o precompresso o manufatti complessi in metalli senza osservare le disposizioni dell'articolo 58.

Art. 72 (L) - Omessa denuncia dei lavori

1. Il costruttore che omette o ritarda la denuncia prevista dall'articolo 65 è punito con l'arresto fino a tre mesi o con l'ammenda da da 103 a 1.032 euro.

Art. 73 (L) - Responsabilità del direttore dei lavori

1. Il direttore dei lavori che non ottempera alle prescrizioni indicate nell'articolo 66 è punito con l'ammenda da 41 a 206 euro.
2. Alla stessa pena soggiace il direttore dei lavori che omette o ritarda la presentazione al competente ufficio tecnico regionale della relazione indicata nell'articolo 65, comma 6.

Art. 74 (L) - Responsabilità del collaudatore

1. Il collaudatore che non osserva gli obblighi di cui all'articolo 67, comma 5, è punito con l'ammenda da 51 a 516 euro.

Art. 75 (L) - Mancanza del certificato di collaudo

1. Chiunque consente l'utilizzazione delle costruzioni prima del rilascio del certificato di collaudo è punito con l'arresto fino ad un mese o con l'ammenda da 103 a 1.032 euro.

Art. 76 (L) - Comunicazione della sentenza

1. La sentenza irrevocabile, emessa in base alle precedenti disposizioni, deve essere comunicata, a cura del cancelliere, entro 15 giorni da quello in cui è divenuta irrevocabile, al comune e alla regione interessata ed al consiglio provinciale dell'ordine professionale, cui eventualmente sia iscritto l'imputato.

Abbiamo evidenziato in giallo l'art. 67 proprio per evidenziare l'obbligo del collaudo statico e i requisiti del collaudatore statico. Gli altri articoli evidenziati mostrano le conseguenze civili e penali che sono a carico dei soggetti quali il committente, l'appaltatore e il direttore dei lavori

Il collaudo statico si riferisce alle opere in c.a. D.P.R. n. 380/2001; in particolare il collaudatore statico verifica la conformità della struttura agli elaborati di progetto, sotto il profilo delle ubicazioni, delle dimensioni, dei materiali impiegati e di ogni altro elemento ritenuto necessario. Verifica altresì le tensioni massime sopportate dalle diverse strutture e la loro rispondenza alle norme tecniche vigenti nonché ai calcoli di progetto. Il collaudo statico è preceduto dall'acquisizione dei certificati delle prove di laboratorio richieste dal direttore dei lavori all'appaltatore, ovvero disposte dal direttore di lavori di propria iniziativa, relative ai materiali impiegati per l'esecuzione delle strutture.

Il collaudatore deve altresì procedere a tutte le verifiche tecniche previste dalle leggi di settore, anche sulla base della documentazione tecnica (compresi i certificati di origine e di garanzia) forniti dall'esecutore.

Il collaudatore statico come prescrive la legge deve essere un ingegnere, un architetto ovvero, per opere di modesta entità, un geometra o un perito, tutti con almeno dieci anni di iscrizione

all' albo professionale, deve svolgere le seguenti attività di verifica e controllo prima di dichiarare l'opera collaudabile dal punto di vista statico e quindi collaudata:

- ESAME DEL PROGETTO STRUTTURALE E SUA RISPONDENZA ALLE NORME VIGENTI e ai criteri dettati dalla Scienza delle Costruzioni con la revisione dei calcoli statici e la verifica delle scelte effettuate sia per quanto attiene ai materiali scelti che alle impostazioni progettuali di calcolo;

Verifica che siano state seguite tutte le procedure previste dalle leggi in materia ;

Verifica dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui materiali utilizzati e dei risultati delle prove in situ e confronti di tali risultati con le ipotesi progettuali e secondo le prescrizioni generali dettate dalle norme tecniche.

Il collaudo di cui all'art. 67 del D.P.R. n. 380/2001, oltre al controllo del corretto adempimento delle prescrizioni formali di cui all'art. 65 della D.P.R. medesimo, nonché dell'art. 66 ove il collaudo sia stato affidato in corso d'opera, dovrà comprendere i seguenti adempimenti tecnici:

a) ispezione generale dell'opera nel suo complesso con particolare riguardo a quelle strutture o parti di strutture più significative da confrontare con i disegni esecutivi depositati in cantiere;

b) esame dei certificati delle prove sui materiali, articolato:

nell'accertamento del numero dei prelievi effettuati e della sua conformità al presente decreto a quanto fissato dagli allegati dello stesso;

nel controllo che i risultati elaborati delle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissati nei sopraccitati allegati;

c) esame dei certificati di laboratorio;

d) controllo dei verbali delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal direttore dei lavori;

e) esame dell'impostazione generale della progettazione strutturale, degli schemi di calcolo e delle azioni considerate.

Inoltre, nell'ambito della propria discrezionalità, il collaudatore potrà richiedere:

di effettuare quegli accertamenti utili per formarsi il convincimento della sicurezza dell'opera, quali:

- prove di carico da eseguirsi secondo le modalità previste successivamente;
- saggi diretti sui conglomerati con prelievi di campioni e controllo delle armature;
- controlli non distruttivi sulle strutture;

B) documentazioni integrative di progetto.

PRIMA PARTE

PROVE DI LABORATORIO

Vanno effettuate sia sul calcestruzzo che sull'acciaio che sono stati adoperati secondo quanto prescrivono le norme tecniche citate.

A) Prove e controlli sul calcestruzzo

1. Resistenza caratteristica

Agli effetti delle presenti norme un conglomerato viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione.

La resistenza caratteristica è definita come la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

Nelle presenti norme, a meno di indicazione contraria, la «resistenza caratteristica» designa quella dedotta dalle prove a compressione a 28 giorni su cubi preparati e confezionati come al punto 3.

La resistenza caratteristica richiesta dal conglomerato R_{ck} dovrà essere indicata dal progettista delle opere.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se la miscela viene confezionata con componenti aventi essenzialmente le stesse caratteristiche di qualità e se i rapporti quantitativi tra i componenti, le attrezzature e le modalità di confezione rimangono praticamente invariati.

2. Controlli di qualità del conglomerato

Il controllo di qualità del conglomerato ha lo scopo di accertare che il conglomerato realizzato abbia la resistenza caratteristica non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

a) **Studio preliminare di qualificazione.**

Serve per determinare, prima dell'inizio delle opere, la resistenza del conglomerato.

Dovrà essere verificato che il conglomerato abbia resistenza caratteristica non inferiore a quella richiesta dal progetto.

b) **Controllo di accettazione.**

Riguarda il controllo del conglomerato durante l'esecuzione delle opere.

c) **Prove complementari.**

Sono prove da eseguire, ove necessario, a completamento delle precedenti prove.

3. Prelievo dei campioni

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri, il calcestruzzo necessario per la **confezione di un gruppo di due provini**.

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 conglomerato.

È obbligo del Direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nella **UNI 6132 (febbraio 1972)**.

4. Valutazione preliminare della resistenza

Prima dell'inizio di una produzione di serie o della costruzione di un'opera, il costruttore deve valutare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato.

Tale valutazione può essere effettuata sulla base delle esperienze acquisite o di valutazioni statistiche, o dell'uno e dell'altro criterio.

Il costruttore resta comunque responsabile della valutazione effettuata, che sarà controllata come al paragrafo seguente.

5. Controllo di accettazione

Il controllo di accettazione viene eseguito di regola secondo le indicazioni di cui al punto 5.1.

Per costruzioni con più di 1500 m³ di getto di miscela omogenea si possono adottare, in alternativa, le indicazioni di cui al punto 5.2.

5.1. Controllo tipo A

Ogni controllo di accettazione è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto.

Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Siano R_1 , R_2 , R_3 le tre resistenze di prelievo, con:

$$R_1 < R_2 < R_3$$

Il controllo è positivo ed il quantitativo di conglomerato accettato se risultano verificate entrambe le disequaglianze.

$$R_m > R_{ck} + 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_1 > R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

in cui:

$$R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

Nelle costruzioni con meno di 1 00 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dell'obbligo di prelievo giornaliero.

5.2. Controllo tipo B

Nelle costruzioni con più di 1500 m³ di miscela omogenea è ammesso il controllo di accettazione di tipo statistico.

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

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

Il controllo è positivo ed il quantitativo di conglomerato accettato, se risultano verificate entrambe le disequazioni:

$$R_m \geq R_{ck} + 1,4 s$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

essendo R_m la resistenza media dei 15 o più prelievi, R_1 il valore minore dei 15 o più prelievi ed s lo scarto quadratico medio.

5.3. 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.

Il Direttore dei lavori dovrà inoltre curare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i provini inviati per le prove ai Laboratori Ufficiali siano effettivamente quelli prelevati alla presenza sua o del tecnico di sua fiducia.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei lavori e dovrà contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Se una prescrizione del «controllo di accettazione» non risulta rispettata, occorre procedere:

- ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante le prove complementari ove esistessero, o con prelievo di provini del calcestruzzo indurito messo in opera (es. carotaggi) o con l'impiego di altri mezzi d'indagine. Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero tranquillizzanti si potrà:
- dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

I «controlli di accettazione» sono assolutamente obbligatori ed il Collaudatore è tenuto a controllarne la validità; ove ciò non fosse, il Collaudatore è obbligato a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del conglomerato, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai «controlli di accettazione».

La procedura prevista è integralmente estesa alla produzione di serie in stabilimento.

Essa dovrà essere documentata dal Responsabile della produzione che assume la responsabilità del rispetto delle norme.

6. Prove complementari

Sono prove che si eseguono al fine di stimare la resistenza del conglomerato ad una età corrispondente a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.).

Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

Tali prove non potranno però essere sostitutive dei «controlli di accettazione» che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni del punto 3.

Potranno servire al Direttore dei lavori od al Collaudatore per dare un giudizio del conglomerato ove questo non rispetti il «controllo di accettazione».

B) prove e controlli sulle armature

Detto innanzitutto che l'acciaio che normalmente utilizzato è quello cosiddetto ad "aderenza migliorata" le prove e i controlli sull'acciaio devono essere fatte sia in stabilimento, dove le barre di acciaio vengono prodotte, che in cantiere dove vengono poste in opera.

B1) Controlli in stabilimento

I produttori delle barre lisce o ad aderenza migliorata, di fili trafilati, di reti e di tralicci elettrosaldati debbono sottoporre la loro produzione , presso i loro stabilimenti a prove di

carattere statistico seguendo le prescrizioni previste dalle norme e secondo le modalità di prelievo previste dalle stesse.

B2) Controlli in cantiere

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico in ragione di **3 spezzoni**, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna partita prescelta, sempreché il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

Le prove si effettuano presso un Laboratorio Ufficiale e riguardano la resistenza e la duttilità. I valori caratteristici delle grandezze f_y o $f(0,2)$ e f_t si valutano detraendo dalla media dei corrispondenti valori, riferiti ad uno stesso diametro, rispettivamente 10 N/mm² per f_y o $f(0,2)$ e 20 N/mm² per f_t .

Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal produttore, il direttore dei lavori disporrà la ripetizione della prova su sei ulteriori campioni dello stesso diametro; in tal caso dalle medie dei nove valori si detraggono rispettivamente 20 N/mm² per f_y o $f(0,2)$ e 30 N/mm². Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al produttore, a 25 campioni.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Analoghe norme si applicano ai controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato: un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi spezzoni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

I valori riportati dai certificati di laboratorio sono confrontati con quelli di progetto per accertare che le tensioni di lavoro siano inferiori a quelle ammissibili di progetto.

Sui solai, sulle rampe delle scale e sulle travi nonché sui pali di fondazione vengono effettuate le **PROVE DI CARICO**.

"Le prove di carico, ove ritenute necessario dal collaudatore, rispetteranno le modalità sotto indicate, e non potranno avere luogo prima che sia stata raggiunta la resistenza che caratterizza la classe di conglomerato prevista e, in mancanza di precisi accertamenti al riguardo, non prima di 28 giorni dalla ultimazione del getto.

Il programma delle prove deve essere sottoposto al direttore dei lavori ed al progettista e reso noto 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 e in particolare per le eventuali puntellazioni precauzionali, è responsabile il direttore dei lavori.

I carichi di prova devono essere, di regola, tali da indurre le sollecitazioni massime di esercizio per combinazioni rare. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo.

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

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si siano prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano 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 accertino che la struttura tenda ad un comportamento elastico;
- la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.(confronto tra la freccia teorica e la freccia sperimentale).

Nel calcolo si terrà conto della eventuale presenza di microfessurazioni del calcestruzzo.

Quando le opere siano ultimate prima della nomina del collaudatore, le prove di carico possono essere eseguite dal direttore dei lavori, che ne redige verbale sottoscrivendolo assieme al costruttore. È facoltà del collaudatore controllare, far ripetere ed integrare le prove precedentemente eseguite.

Altre prove in situ e la visione di una prova di carico sono riportate nel documento allegato alla presente illustrazione.

E' chiaro che identico discorso vale per le strutture in acciaio, per quelle precomprese, per quelle prefabbricate ecc. Per tutte esistono le norme tecniche specifiche alle quali bisogna attenersi sia per il calcolo che per il collaudo ma in questa sede ci siamo limitati a trattare soltanto le strutture in cemento armato.

Si riportano di seguito,per facilitare la comprensione, l'elenco dei simboli più frequenti.

Simboli frequenti

Calcestruzzo

f_c	resistenza cilindrica a compressione
R_c	resistenza cubica
R_{cm}	resistenza media cubica
f_{cm}	resistenza media cilindrica
R_{ck}	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cd}	resistenza di calcolo cilindrica
f_{ct}	resistenza a trazione
f_{ctk}	resistenza caratteristica a trazione
f_{ctd}	resistenza di calcolo a trazione

Acciaio per cemento armato

f_y	tensione di snervamento
f_t	tensione di rottura
f_{yk}	tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	tensione caratteristica di rottura
$f(0,2)$	tensione allo 0,2% di deformazione residua
$f(0,2)_k$	tensione caratteristica allo 0,2% di deformazione residua

Si ricorda ancora che le norme indicano anche i valori dei carichi accidentali che nelle costruzioni civili vanno applicati a seconda della loro destinazione d'uso e a seconda della zona sismica a cui appartiene il sito dove l'opera sia puntuale che in rete viene costruita. Tutto ciò ad esempio sia che si tratti di un edificio, sia che si tratta di una strada, un ponte, un rilevato ecc, sia che si tratti di una ferrovia.

IMPIANTI TECNOLOGICI

Con la legge n° 46 del 5 marzo 1990 e con il successivo regolamento di attuazione di cui al D.P.R. n° 447 del 6 dicembre 1991 sono state definite le norme di sicurezze relative agli impianti tecnologici installati nelle costruzioni.

Entrambi sono stati sostituiti dal D.M. n° 37 del 22 gennaio 2008.

Gli impianti devono essere regolarmente progettati da tecnici abilitati e i progetti devono essere depositati presso gli organi competenti se sono soggetti ad autorizzazioni ovvero presso i Comuni dove sono installati nel caso in cui non sono soggetti ad autorizzazioni.

Le imprese installatrici li devono eseguire a regola d'arte e al termine delle lavorazioni sono tenute a rilasciare al committente la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme di cui al citato D.M. 37/2008

La dichiarazione di conformità è sottoscritta dal titolare dell' Impresa installatrice.

Il Sindaco rilascia il certificato di abitabilità o di agibilità dopo aver acquisito anche la dichiarazione di conformità degli impianti o il certificato di collaudo degli stessi.

PARTE SECONDA: Le prove sul calcestruzzo

Nel campo delle tecniche di diagnosi, in questi ultimi anni hanno assunto maggior peso quei metodi definiti non distruttivi rispetto alle prove distruttive eseguite in laboratorio su campioni prelevati in situ.

In realtà le due tecniche di indagine, prove non distruttive e prove distruttive, non si escludono a vicenda: per un quadro diagnostico completo è opportuno utilizzarle entrambe; infatti le prove non distruttive permettono di definire meglio dove è possibile prelevare campioni significativi (dei vari elementi costituenti l'opera, localizzando eventuali zone degradate, al fine di poter rappresentare la situazione reale dello stato del manufatto analizzato.

I parametri ricavati in laboratorio vanno poi comparati con quelli ottenuti da prove non distruttive, effettuate sugli stessi campioni, da impiegare come riferimento e taratura dei rilievi in situ.

Ciò è utile in quanto la resistenza meccanica ricavata dalla rottura di cubetti può essere solo stimata con le prove non distruttive attraverso la misura di grandezze meccaniche diverse: in questo modo si individuano le curve di correlazione tra la resistenza meccanica e i parametri ottenuti dalla prova non distruttiva.

1. Prove distruttive

Le prove di più largo impiego per il calcestruzzo sono quelle distruttive le quali forniscono un'immediata interpretazione dei risultati. Esse vengono utilizzate per determinare le caratteristiche meccaniche e si dividono in:

- prove di compressione
- prove di trazione.

Il principale inconveniente di questo tipo di prove, già dipende dalla non conoscenza del reale grado di rappresentatività fisica dei provini rispetto al calcestruzzo in opera. Il provino infatti prima di essere sottoposto alla prova, subisce una posa, una vibrazione, una stagionatura

senz'altro diverse da quelle alle quali sono soggette le varie parti della struttura, per esempio travi e pilastri.

La resistenza valutata con campioni standard è rappresentativa di un calcestruzzo avente in comune con quello presente nella struttura solo la composizione della miscela di partenza. La prova è quindi indicativa della formulazione della qualità del calcestruzzo, intesa come buon dosaggio e qualità degli aggregati, e corretto rapporto acqua/cemento, ma non è rappresentativa dello sviluppo e dell'evoluzione della reale resistenza del calcestruzzo all'interno della struttura, anche in relazione agli incrementi di resistenze che si riscontrano nel tempo.

Per poter valutare la resistenza del calcestruzzo in opera, le prove possono essere eseguite anche su campioni prelevati direttamente dalla struttura, usualmente carote di vario diametro.

Quando si eseguono prove di resistenza su carote bisogna tenere sempre presente la zona nell'ambito della struttura di prelievo, considerando il disturbo che si viene a recare nel campione quando viene prelevato tramite la carotatrice.

La resistenza misurata sul campione dipende chiaramente dalla sua forma e dalle sue dimensioni e non costituisce la resistenza intrinseca del materiale, ma una sua rappresentazione di riferimento.

Per ottenere indicazioni più esaurienti e più complete sulle caratteristiche di resistenza dei materiali, e non incorrere in valutazioni limitate è necessario ricorrere anche a prove di altro tipo. La comparazione tra più metodi di prova è una condizione imprescindibile sulla quale il consenso è unanime.

2. Prove di laboratorio

Prova a compressione

Con le prove di compressione in laboratorio su provini si determina la resistenza a compressione in base al carico di rottura per schiacciamento.

In queste prove si usano generalmente tre tipi di provini, di forma, rispettivamente, cubica, cilindrica e prismatica. In Italia e nella maggior parte dei paesi europei, si usano provini di forma cubica (lato 15, 16 e 20 cm) e solo in casi speciali, sono ammessi anche provini di forma cilindrica.

Come richiesto dalle normative le prove di accettazione del calcestruzzo devono essere eseguite su cubetti dopo 28 giorni. Peraltro, come detto precedentemente è estremamente utile poter conoscere in un tempo molto più breve il risultato attendibile a 28 giorni. Per questo, a livello internazionale sono previste prove standardizzate basate su procedimenti di maturazione accelerata.

In Italia è disponibile un'apparecchiatura che consente di ottenere i risultati delle prove a compressione dopo 17 h e 30' con ciclo termico a vapore a bassa pressione (par. 2.4.2), su provini cubici con lato pari a 8 cm. L'estesa sperimentazione eteluita con questa attrezzatura si è basata su prove preliminari condotte su conglomerati con diverse caratteristiche chimiche e fisiche, ma anche su aggregati diversi e a diversa distribuzione granulometrica. e su cementi di varia provenienza, in modo da ottenere, quanto più possibile, valori che interpretino la molteplicità dei casi reali.

Prova a trazione

Nelle usuali verifiche strutturali la resistenza a trazione del calcestruzzo viene trascurata, tuttavia conoscerne il valore è essenziale per prevedere sotto quali carichi iniziano a verificarsi stati fessurativi, che, come noto portano all'aumento della deformabilità, alla riduzione della durabilità senza dimenticare il l'attore estetico.

Le prove sperimentali per la determinazione della resistenza a trazione dei calcestruzzi sono:

- prova di trazione diretta
- prova di trazione indiretta: brasiliana e per flessione.

A queste che sono le più note, si aggiunge la

- prova double-punch.

La prova di trazione diretta (UNI 6135-72) viene effettuata su provini prismatici lesi assialmente, tuttavia la sua realizzazione non è semplice a causa delle sensibili eccentricità e delle sollecitazioni secondarie indotte dalle ganasce.

A causa di queste difficoltà è generalmente preferibile ricavare la resistenza a trazione in modo indiretto con la prova brasiliana o la prova per flessione.

La prova brasiliana (UNI 6135-72) consiste nel porre un normale provino cilindrico in posizione orizzontale tra i piatti di una pressa e di comprimerlo fino a che esso non cede dividendosi in due parti lungo il piano su cui giace il suo diametro verticale.

Recenti sperimentazioni effettuate nell'ambito di un programma di ricerca per la determinazione anticipata delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo, hanno evidenziato che provini di diametro più contenuto (7-8 cm) rispetto ai provini standard (15 cm) comportano minori dispersioni nei risultati. È questo un aspetto assai interessante considerando l'elevata dispersione dei risultati che si ottengono usualmente in questo tipo di prove. Ulteriori approfondimenti sono comunque necessari.

Nella prova per flessione (UNI 6133-72) i provini sono generalmente di forma prismatica e il valore della tensione di rottura dipende dalle dimensioni del provino e, soprattutto, dalle modalità di applicazione del carico. Vengono normalmente usati due metodi diversi:

- applicazione di un solo carico nella sezione di mezzeria. Il momento massimo si verifica in una sola sezione del provino. Questo aspetto rende più complesso il meccanismo di rottura data l'interazione degli effetti del taglio e del momento;
- applicazione di due carichi, simmetrici, rispetto alla luce del provino. Il momento massimo è costante nel tratto compreso tra i due carichi.

La prova *doubu'-ptttifh* è stata proposta sulla base di un vasto programma sperimentale i cui risultati sembrano fornire buone indicazioni.

I valori ottenuti dalla prova brasiliana vengono considerati più aderenti alla resistenza a trazione effettiva del materiale che non i valori ottenuti dalla prova a flessione, e sono più alti della resistenza a trazione diretta.

In ogni caso questi tre metodi possono fornire degli *sensi-biltnenle* divergenti, quindi è bene sempre specificare il procedimento di prova utilizzato.

3. Prove in situ

Per un quadro diagnostico più completo sulle strutture in c.a. e c.a.p. è necessario procedere anche a prove distruttive in situ:

- demolizioni locali con scoprimento delle armature per l'analisi visiva diretta
- prelievo di campioni in calcestruzzo
- prelievo di campioni dei ferri d'armatura.

La scelta delle zone di prelievo si basa principalmente sui risultati delle prove non distruttive.

Carotaggio e microcaroiaggio

Con il carotaggio (UNI 6131-87) e il microcarotaggio si prelevano campioni per eseguire prove in laboratorio per decriminare la resistenza a compressione del calcestruzzo (UNI 6132-72). Con il carotaggio il diametro dei campioni è di 10-5-15 cm mentre con il microcaroiaggio il diametro è di 2-5-3 cm; in questo modo si arreca un danno praticamente trascurabile alla struttura e per questo il metodo è considerato semidistruttivo.

Va segnalato che la tecnica del microcarotaggio fornisce risultati che si discostano dai valori medi fino al 30%, mentre i risultati delle prove su carote si possono discostare da quelli su cubi di circa il 10-¹⁵% (fig. 2).

In laboratorio, su tali campioni verranno eseguiti rilievi microsismici e di indice di Schmid per analizzare l'integrità e la rappresentatività delle carote, per individuare eventuali stratificazioni e soprattutto i parametri di correlazione con le analisi effettuate sull'opera; infine prove di compressione sulle carote che risultano essere significative per la confidenza dei risultati ottenuti.

Una ulteriore considerazione di carattere generale riguarda la minore resistenza del calcestruzzo in opera rispetto allo stesso calcestruzzo sottoposto a prove di laboratorio a 28 gg su campioni prelevati durante il getto e conservati secondo norma a 20 °C e 90% U.R.

È questo un aspetto che incide in modo significativo sulla valutazione della sicurezza complessiva dell'opera in esame.

4. Prove non distruttive

Le metodologie d'indagine non distruttive (figg. 3 e 4) allo stato attuale comprendono:

- le prove non distruttive propriamente dette, che misurano in sito le proprietà meccaniche dei materiali, lo stato delle armature (posizionamento, dimensione, stato di corrosione, ecc.) e altre grandezze caratteristiche della struttura analizzata;
- i metodi strumentali di controllo e misura di eventi che possono inserirsi in momenti anche diversi da quelli di indagine vera e propria in un intervento di restauro. In questo caso si tratta di norma, non più di indagare, ma di controllare e di misurare la dinamica di certi eventi (monitoraggio).

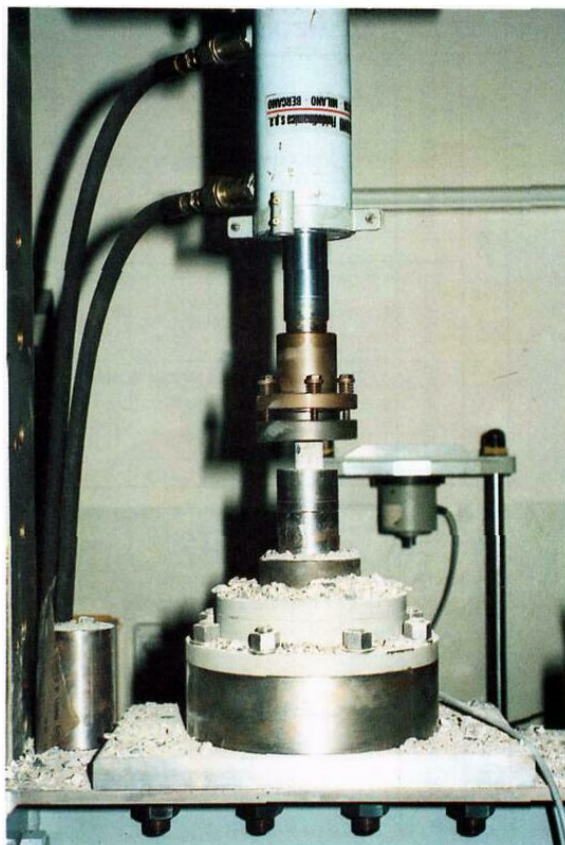


Fig. 1 - Microcarota soggetta a prova di compressione

I vantaggi che comporta l'applicazione di tali tecniche consistono:

- nel mantenimento dell'integrità della struttura indagata senza recare alcun danno alla costruzione e alla sua stabilità,
- nella possibilità di ottenere informazioni su zone limitale o su singoli elementi costituenti, nonché sulla struttura nel suo insieme,
- nella rapidità, in generale, in cui vengono effettuate le misure, nella economia nei materiali e negli apparecchi di prova impiegati.

Una possibile classificazione dei metodi non distruttivi comprende:

- metodi meccanici: puli out, sclerometro, sonda di Windsor, martinetti piatti;
- metodi ultrasonici e dinamici: metodologia microsismica (prove ultrasoniche, prove soniche, tomografia), prove di caratterizzazione dinamica; metodi elettromagnetici: radiografia x o y, termografia, radar, pachometro;

metodi chimici: misura della profondità di carbonatazione, misura della quantità di ioni cloro; /' impiego di tutti quegli strumenti di misura di particolari parametri (come ad esempio deformazioni) e la loro variazione nel tempo: endoscopia, monitoraggio.

5. Metodi meccanici

I metodi d'indagine meccanici sono i controlli non distruttivi più comunemente impiegati per stimare, nelle strutture analizzate, le caratteristiche meccaniche dei materiali. Sono per lo più di semplice applicazione, tuttavia i risultati vanno esaminati con cura in quanto dipendono dalle condizioni superficiali della zona indagata.

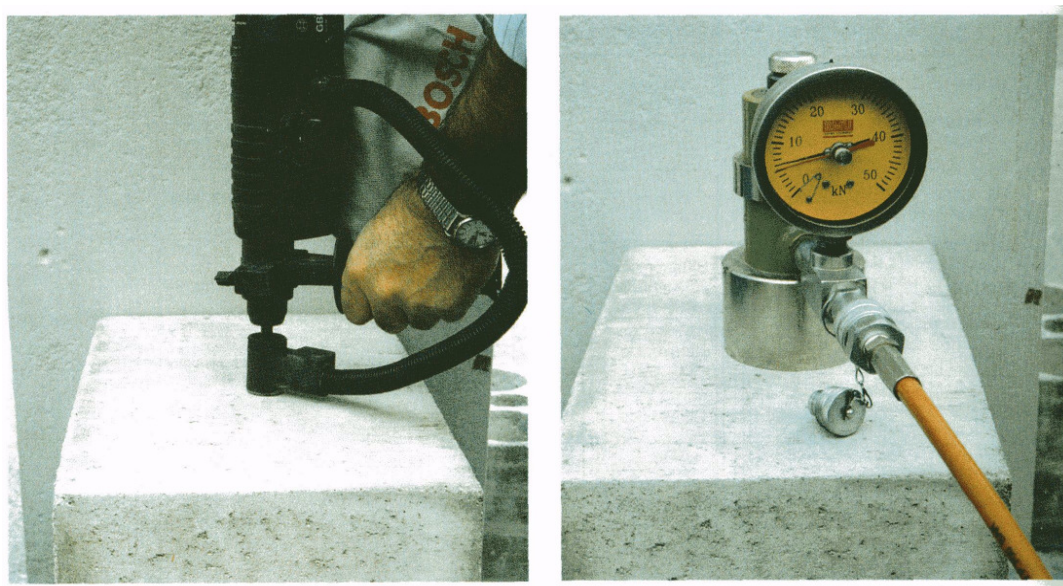


Figura 2 – Preparazione dei fori per l'inserimento dei tasselli (Prova pull out)

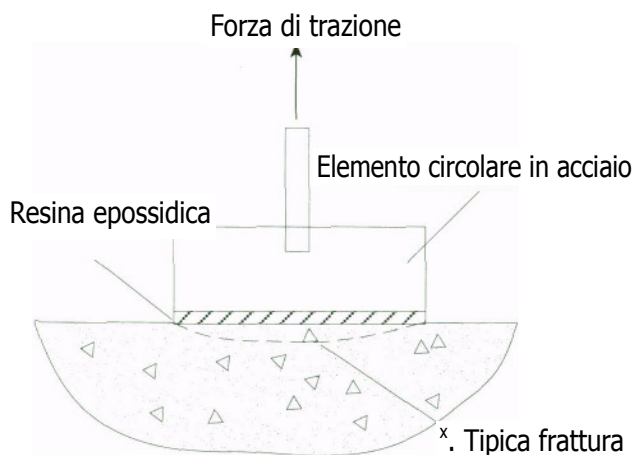


Fig. 3 - Tasselli Fischer per la prova di pull out.

La tecnica della estrazione per espansione è stata ormai affinata e consolidata per quanto riguarda l'analisi dei materiali che si possono ritenere abbastanza omogenei come il calcestruzzo.

La resistenza del materiale viene determinata dalla misura della forza necessaria per estrarre uno stelo di acciaio, annegato nel calcestruzzo in fase di getto o bloccato entro un foro. Il vantaggio che ne deriva è dovuto alla possibilità di poter correlare direttamente le caratteristiche di resistenza superficiale alla forza di estrazione necessaria (fig. 2).

Pull off. Il metodo consiste nel fissare un elemento circolare di acciaio alla superficie di calcestruzzo utilizzando una resina epossidica (figg. 4, 5). Successivamente si esercita, in modo crescente, una forza di trazione e poiché la resistenza a trazione del vincolo è maggiore di quella del calcestruzzo, quest'ultimo cederà per trazione. Conoscendo il valore dell'area di rottura e quello della forza applicata è possibile calcolare la resistenza a trazione del calcestruzzo. I valori sono influenzati dal tipo di aggregato impiegato quindi è necessario elaborare tali valori con opportuni coefficienti correttivi.

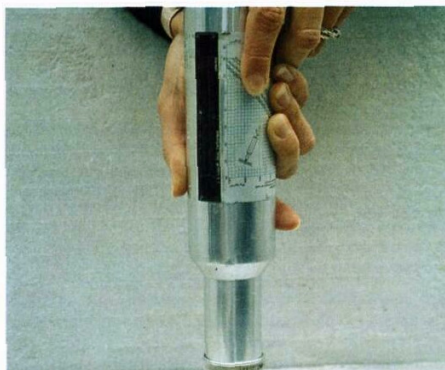


Fig. 4 Attrezzatura per la prova di pull off. Fig. 5 - Sclerometro di Schmidt tipo N

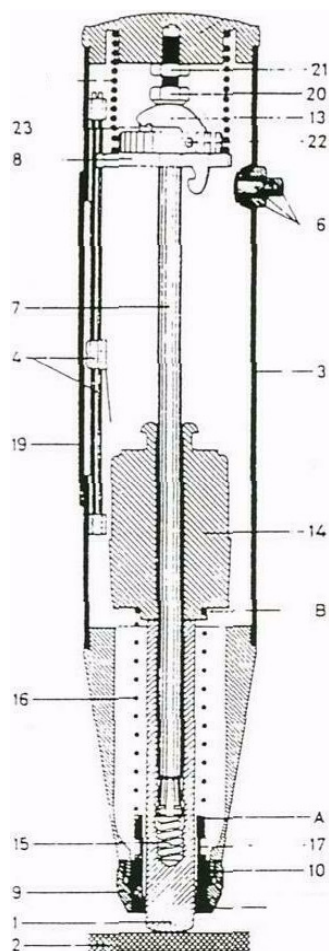


Fig. 6 - (a lato) - Sezione longitudinale di uno sclerometro (Schmidt). Posizione al momento della percussione.
 1. asta di percussione; 3. carcassa; 4. indice con astina, 6. nottolino d'arresto; 7. asta di scorrimento; 8. disco di guida; 9. calotta; 10. segmenti di blocco; 11. coperchio; 12. molla di pressione; 13. gancio; 14. martello; 15. molla ammortizzatore; 16. molla di percussione; 17. ancoraggio molla; 18. rondella di feltro; 19. finestra; 20. vite; 21. contro dado; 22. perno; 23. molla di gancio.

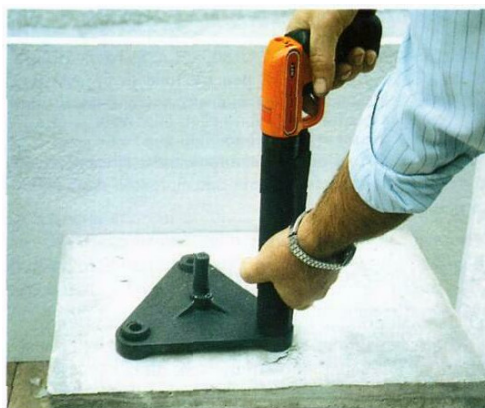


Fig. 7 - Pistola di Windsor e piastra guida per l'inserimento di tre sonde nel calcestruzzo

Quando viene utilizzata questa metodologia bisogna avere diversi accorgimenti:

- attenzione alla preparazione della superficie prima di fissare la sonda di acciaio;
- prima di applicare il carico l'adesivo deve essere fatto maturare in modo adeguato per poter raggiungere una resistenza adesiva superiore alla resistenza a trazione del calcestruzzo.

Dopo la prova (come anche per il pull out) la superficie del calcestruzzo risulta leggermente danneggiata e i dati della prova sono relativi alle zone superficiali.

Sclerometro (UNI 9189/88). Con questo metodo si misura la durezza superficiale del calcestruzzo per correlarla, se necessario, con opportune curve di taratura alle caratteristiche di resistenza del calcestruzzo stesso. Le misure si fanno misurando l'impronta (diametro o profondità), o più semplicemente il rimbalzo di una massa metallica normalizzata che con una data energia urta contro la superficie del calcestruzzo in esame. La prova sclerometrica è un metodo d'analisi molto pratico e rapido, ma ha anche un grosso svantaggio cioè quello di saggiare solo strati superficiali che naturalmente potrebbero risultare alterati (figg. 5 e 6).

Con l'utilizzo di questo strumento si riesce a valutare l'omogeneità in situ del materiale e quindi l'evoluzione qualitativa delle caratteristiche meccaniche. Comunque i risultati sono sensibili ad alcuni parametri quali umidità, carbonatazione, presenza di armature e la dimensione degli inerti.

Le normative specificano chiaramente che questo metodo non è da intendersi come metodo alternativo per la determinazione della resistenza a compressione di un calcestruzzo.

Sonda di Windsor (ASTM C 803). La resistenza viene valutata dalla profondità di penetrazione di un'asta metallica che viene infissa nel calcestruzzo dall'esplosione di una carica.

Il metodo è di facile applicazione e indaga la resistenza in strati meno superficiali, ma con notevole dispersione dei risultati (fig. 7).

6. Metodi elettromagnetici

Si basano su principi noti e già sviluppati, ma la loro applicazione nel settore civile in alcuni casi presenta notevoli problemi, soprattutto strumentali, attualmente risolti solo in parte e che vengono ora affrontati da alcuni gruppi di ricerca. Sono diverse le tecniche che sfruttano lo stesso fenomeno fisico: le onde elettromagnetiche con le caratteristiche di assorbimento, emissione, diffusione. Ciò che cambia fra radiazioni x o gamma, infrarossa o

un'uncia radar è essenzialmente la frequenza, cioè il numero di oscillazioni al secondo della radiazione elettromagnetica.

Radiografia raggi x o gamma. Questa metodologia si basa sul principio dell'attenuazione selettiva dei fotoni attraverso la materia cioè l'attenuazione che le radiazioni elettromagnetiche subiscono quando incontrano una discontinuità nel loro percorso attraverso il materiale. Con questa tecnica di indagine si possono ottenere delle immagini radiografiche del manufatto analizzato, di difetti non visibili a occhio nudo (come la presenza di guaine di cavi di precompressione non iniettate).

I principali limiti sono sostanzialmente i seguenti:

- l'esame radiografico richiede l'osservazione dei requisiti di sicurezza imposti per la manipolazione di sorgenti di radiazioni x e -y;
- l'esame si basa sulla rilevazione di differenze di densità in un oggetto, pertanto piccole discontinuità che non siano orientate parallelamente al fascio di radiazioni non sono rilevabili;
- il metodo radiografico è uno dei più costosi metodi non distruttivi.

Termografia La termografia all'infrarosso consente la rappresentazione grafica della distribuzione dell'emissività termica della superficie della struttura in analisi, legata alla distribuzione delle temperature superficiali. A tale scopo si utilizza la misura del flusso termico compreso in un certo intervallo di lunghezza d'onda situato nell'infrarosso.

La differenza tra i valori della conducibilità termica e del calore specifico dei diversi componenti di una muratura (pietre, mattoni, malta, ecc.) portano i componenti stessi ad assumere differenti temperature sotto sollecitazione termica (ad esempio l'irraggiamento solare). Un possibile impiego, ad esempio, è quello di definire la struttura muraria di una parete interamente intonacata o rilevare la differenza di umidità in diverse parti della struttura.

Le apparecchiature apparse recentemente sul mercato permettono di applicare questa tecnica con profitto, soprattutto se abbinata ad altri metodi.

Radar. Questo metodo è stato impiegato solo di recente nel campo dell'analisi dei materiali e delle strutture. Le conoscenze e le apparecchiature di base sono state acquisite dal campo geotecnico per poi essere perfezionate e adattate agli scopi particolari: individuare e rilevare la presenza di discontinuità, lesioni, vuoti all'interno degli elementi esaminati.

Pacometro. È uno strumento che consente il rilevamento di materiali ferromagnetici nascosti, quindi ferri di armatura superficiali; il principio utilizzato è quello dell'induzione.



Fig. 8- Prova di carbonatazione su un campione di calcestruzzo prelevato tramite carotaggio con viraggio dell'indicatore (fenolftaleina).

7. Metodo ottico

Endoscopia. È un sistema ottico di ispezione: con l'ausilio di strumenti/ione di diverse dimensioni, costruita con tecnologie diverse, permette di raggiungere cavità, /one altrimenti inaccessibili, e quindi effettuare verifiche dirette.

Particolarmente efficace è il suo impiego in combinazione con l'analisi termografica.

8. Prove di carico

Le prove di carico si dividono in n. 2 categorie: prova di verifica e prova di analisi.

Le prove di verifica hanno lo scopo di verificare la corrispondenza sperimentale con quella teorica e si eseguono sulle strutture di nuova costruzione, o meglio, su strutture di cui si conoscano, con buona affidabilità, gli elementi costituenti (per esempio tipo di solaio, dimensione della trave) e i parametri caratteristici della forma (momento d'inerzia) e del materiale (modulo d'elasticità E) oltre a poter supporre con buona approssimazione le condizioni di vincoli.

Le prove di analisi hanno lo scopo di determinare le effettive caratteristiche di resistenza in quelle strutture di cui non si conosce nulla (progetto, disegni, calcoli) che per una serie di

motivi (lesioni apparenti, incendi, vetustà, ecc.) le caratteristiche di progetto non sono garantite.



Fig. 20 - Prova di carico: prova a spinta.

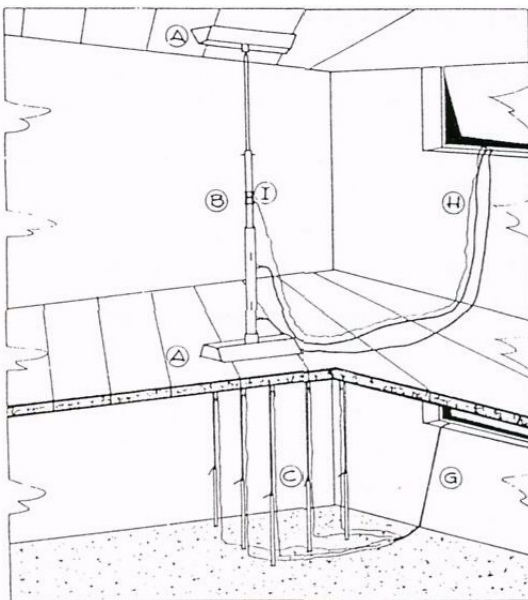


Fig. 20.1 - Prova di carico: prova a spinta schema

Legenda

a) Schema applicazione

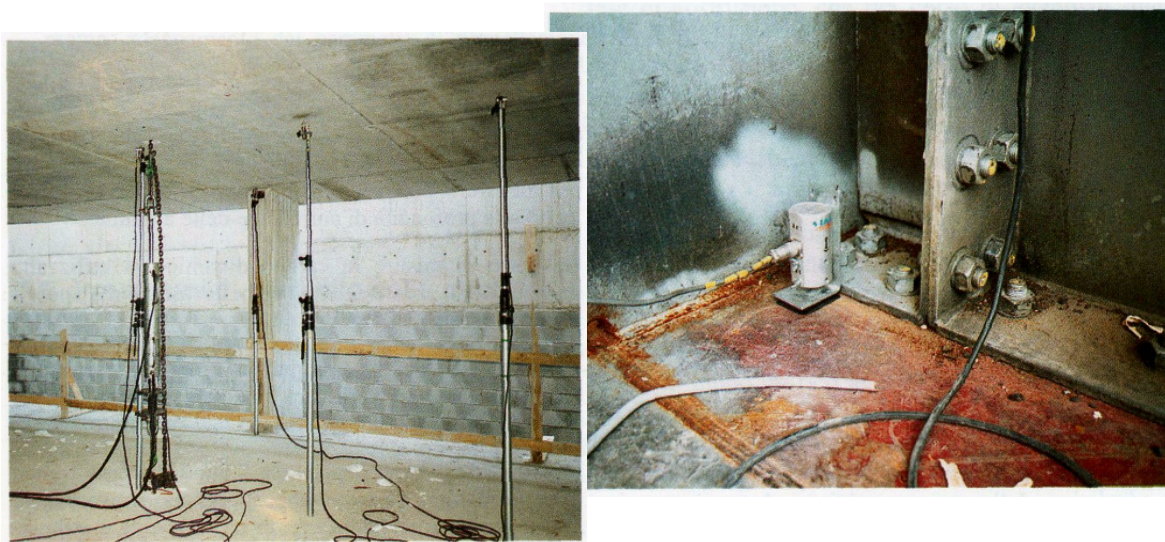
A) Putrelle / B) Pistone / C) Sensori / D) Collaudatore / E) Centralina oleodinamica / F) Personal computer, G) Cavi elettrici collegati con D) / H) Cavi idraulici collegati con E) / I) Cella di carico

b) Applicazione in sito.

Applicazione dei carichi

Le prove di carico si differenziano inoltre in prove a spinta e prove a tiro, in funzione di come vengono applicate le sollecitazioni per effettuare le prove di carico, che variano a seconda delle caratteristiche strutturali delle opere da analizzare e delle difficoltà operative.

- La prova a spinta consiste nel creare su una striscia di struttura, generalmente al centro, una forza concentrata sfruttando l'espansione di alcuni martinetti fra la struttura di prove e quella superiore di contrasto (fig. 20). Tale metodo è possibile fino a quando la struttura di contrasto è in grado, mediante il momento positivo dovuto al peso proprio, di sopportare senza il minimo danno uno stesso sforzo, ma in senso opposto a quello di prova.
- La prova a tiro consiste nel creare su una striscia di struttura, generalmente al centro, una forza concentrata attraverso il tiro della struttura stessa, provocato dall'accorciamento di uno o più martinetti ancorati sulla struttura inferiore (mediante tasselli) o su normali pesi (camion, carichi). La forza applicata viene distribuita attraverso opportune putrelle su una linea trasversale alla struttura e lo sforzo che ne deriva può essere considerato perfettamente concentrato. Tale metodo viene adottato soprattutto quando il confronto dei carichi, di prova e di contrasto, non è accettabile oppure quando non esiste assolutamente contrasto, come nel caso di ultimi piani o capriate (in questo caso si applicano forze su più nodi).



Figg. 21 - 21.1 - Prova di carico: prova a tiro.

Legenda

a) Schema applicazione

A) Putrelle / B) Pistoni / C) Sensori / D) Collaudatore / E) Centralina oleodinamica / F) Cavi elettrici collegati con D) / G) Cavi idraulici collegati con E) / H) Inclinatori / I) Sensori di tensione / L) Cella di carico

b) Applicazione in sito. Aste telescopiche con sensori di freccia poste sotto solaio in prova

Le **prove di verifica** hanno lo scopo di verificare la corrispondenza sperimentale con quella teorica e si eseguono sulle strutture di nuova costruzione, o meglio, su strutture di cui si conoscano, con buona affidabilità, gli elementi costituenti (per esempio tipo di solaio, dimensione della trave) e i parametri caratteristici della forma (momento d'inerzia) e del materiale (modulo d'elasticità E) oltre a poter supporre con buona approssimazione le condizioni di vincoli. Le *prove di analisi* hanno lo scopo di determinare le effettive caratteristiche di resistenza in quelle strutture di cui non si conosce nulla (progetto, disegni, calcoli) che per una serie L'attrezzatura che si utilizza per il rilievo delle deformazioni si compone di sensori elettronici di rilevanza (trasduttori diffusionali) collegati tramite cavi a unità elettronica che registra gli abbassamenti dei vari punti, quindi il comportamento della struttura.

Di particolare interesse la *tecnica inclinometrica* è una delle diverse metodologie disponibili per l'individuazione delle inflessioni su elementi strutturali.

Grazie all'elaborazione computerizzata dei dati ricavati dalla misura con inclinometri, si riesce a rilevare la deformata e di conseguenza studiare l'evolversi del comportamento flessionale.

Questa metodologia si basa quindi sull'uso di strumenti inclinometrici che forniscono un segnale elettrico legato alla rotazione rilevata e questo segnale a sua volta, viene digitalizzato e trasferito ad un sistema computerizzato per le opportune elaborazioni.

Le caratteristiche degli inclinometri, che si possono utilizzare, sono:

- *linearità*, generalmente compresa $\pm 0,1-5-1\%$ del fondo scala, esprime la percentuale di variazione del segnale rispetto al valore esatto, valutato sul fondo scala. Se si utilizzano sistemi computerizzati per l'interpretazione del segnale, tale valore può essere ridotto praticamente a zero;
- *risoluzione*, generalmente compresa tra $\pm 0,05^\circ-K),0001^\circ$, è una caratteristica propria della tipologia di un sensore e rappresenta il gradiente fisico minimo al quale corrisponde una variazione del segnale;
- *sensibilità trasversale*, incide per il $\pm 0,5-5-2\%$ sul segnale d'uscita, rappresenta la variazione percentuale di segnale a causa di una rotazione del sensore trasversale rispetto alla direzione di misura;
- *sensibilità termica*, generalmente compresa tra $+0,001^\circ-5-0,00017^\circ\text{C}$, corrisponde alla variazione assoluta del segnale al variare della temperatura;
- *tempo di risposta*, generalmente compresa tra $0,5-5-0,0005$ sec., corrisponde al tempo che intercorre tra variazione d'angolo e risposta;

- ripetibilità, generalmente compresa tra $\pm 0,002^\circ\text{-K}$, $0,0002^\circ$ rappresenta la deviazione assoluta del valore letto al ripristino della stessa posizione dopo una variazione significativa.

I campi di applicazione di questa metodologia vanno dalla misura della deformata di ponti, viadotti o capriate sottoposte a carico oppure misura della deformazione di torri o alti camini, sia come rilevazione in fase di prova, sia in caso di monitoraggio.

9. Monitoraggio

Il monitoraggio si inserisce tra le tecniche volte alla verifica del reale comportamento delle strutture di nuova e o di vecchia realizzazione, per poter valutare alcuni parametri funzionali e strutturali dell'opera stessa; informazioni più particolareggiate rispetto a quelle che si possono ricavare da comuni prove di carico. La complessità di un sistema di monitoraggio è variabile a seconda dell'importanza dell'opera e di altre considerazioni sia tecniche che economiche, e può andare dalla misura di un singolo parametro (come la dilatazione di una fessura) ad un sistema su parecchi punti di misura e protratto per lungo tempo. Con sistema di monitoraggio si intende l'assemblaggio di tutti quei dispositivi di acquisizione, di elaborazione e trasmissione dati per il controllo nel tempo di una data struttura.

Dall'adozione di un monitoraggio possono essere ricavate informazioni:

- in campo statico,

in particolare: reazioni vincolari, temperature, umidità, stato di tensione a determinati carichi (di esercizio o particolari), deformazioni e variazioni geometriche in genere, potenziale elettrochimico di corrosione;

- in campo dinamico,

in particolare le frequenze e ampiezze di oscillazione, variazioni di carico.

Nel primo caso gli strumenti impiegati consistono in: celle di carico, trasduttori di fattori meteorologici e ambientali, trasduttori estensimetrici (per le microdeformazioni), di spostamento lineare, angolare (inclinometri) o relativo (livellometri), sonde ed elettrodi per rilevare il potenziale elettrochimico del ferro, la velocità o la profondità di corrosione delle armature.

Nel caso di misure in campo dinamico si utilizzano trasduttori di accelerazione, velocità (geofoni), spostamento e di forza.

L'installazione del sistema può avvenire sia in strutture in costruzione, per verificare i dati di progetto, sia per opere già esistenti, di cui mancano dati specifici.

Importanza rilevante, specie se i punti di misura sono parecchi e le informazioni che si vogliono ricavare sono numerose, assume l'adozione di un efficiente e ottimizzato apparato di acquisizione e trasmissione dati e, se necessario e opportuno, del telecontrollo, cioè la gestione dell'intero sistema lontano dall'opera sottoposta a controllo. L'attrezzatura che si utilizza per il rilievo delle deformazioni si compone di sensori elettronici di rilevanza (trasduttori diffusionali) collegati tramite cavi a unità elettronica che registra gli abbassamenti dei vari punti, quindi il comportamento della struttura.

Di particolare interesse la tecnica inclinometrica è una delle diverse metodologie disponibili per l'individuazione delle inflessioni su elementi strutturali.

Grazie all'elaborazione computerizzata dei dati ricavati dalla misura con inclinometri, si riesce a rilevare la deformata e di conseguenza studiare l'evolversi del comportamento flessionale.

Questa metodologia si basa quindi sull'uso di strumenti inclinometrici che forniscono un segnale elettrico legato alla rotazione rilevata e questo segnale a sua volta, viene digitalizzato e trasferito ad un sistema computerizzato per le opportune elaborazioni.

Le caratteristiche degli inclinometri, che si possono utilizzare, sono:

- linearità, generalmente compresa $\pm 0,1-5-1\%$ del fondo scala, esprime la percentuale di variazione del segnale rispetto al valore esatto, valutato sul fondo scala. Se si utilizzano sistemi computerizzati per l'interpretazione del segnale, tale valore può essere ridotto praticamente a zero;
- risoluzione, generalmente compresa tra $\pm 0,05^\circ-K$, $0,0001^\circ$, è una caratteristica propria della tipologia di un sensore e rappresenta il gradiente fisico minimo al quale corrisponde una variazione del segnale;
- sensibilità trasversale, incide per il $\pm 0,5-5-2\%$ sul segnale d'uscita, rappresenta la variazione percentuale di segnale a causa di una rotazione del sensore trasversale rispetto alla direzione di misura;
- sensibilità termica, generalmente compresa tra $+0,001^\circ-5-0,00017^\circ\text{C}$, corrisponde alla variazione assoluta del segnale al variare della temperatura;
- tempo di risposta, generalmente compresa tra $0,5-5-0,0005$ sec., corrisponde al tempo che intercorre tra variazione d'angolo e risposta;

- ripetibilità, generalmente compresa tra $\pm 0,002^\circ$ -K), $0,0002^\circ$ rappresenta la deviazione assoluta del valore letto al ripristino della stessa posizione dopo una variazione significativa.

I campi di applicazione di questa metodologia vanno dalla misura della deformata di ponti, viadotti o capriate sottoposte a carico oppure misura della deformazione di torri o alti camini, sia come rilevazione in fase di prova, sia in caso di monitoraggio.

PARTE TERZA: Scarto quadratico medio e varianza

Lo *scarto quadratico medio* σ (sigma) di una distribuzione è la media quadratica degli scarti dei singoli dati dalla loro media aritmetica M .

Indicati con x_1, x_2, \dots, x_n i dati, con M la media aritmetica e con σ lo scarto quadratico medio si ha:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - M)^2 + (x_2 - M)^2 + \dots + (x_n - M)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M)^2}{n}}$$

Lo scarto quadratico medio è un numero sempre positivo ed è nullo solo se tutti i valori sono uguali tra loro.

Sostituendo alla media aritmetica M un qualunque altro valore medio (media geometrica o mediana) si otterrà un valore maggiore dello scarto quadratico medio; questo accade perché la somma dei quadrati degli scarti della media aritmetica M è minima rispetto alla somma dei quadrati degli scarti da un qualunque altro valore.

Anche il quadrato dello scarto quadratico medio, cioè σ^2 , viene a volte usato come indice di variabilità e prende il nome di varianza. La formula è

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M)^2}{n}$$

ALLEGATI

Allegato 1: Denuncia opere in conglomerato cementizio armato

Spett.le Comune di
Ufficio
.....

Oggetto: D.P.R. 6/6/2001 n. 380

Denuncia lavori per la costruzione di in vian°

Il sottoscrittonella sua qualità di costruttore, ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. 6/6/2001 n. 380 depositata presso codesto Comune la presente denuncia, con i relativi allegati, costituenti il progetto (completo) (parziale) (di variante) della struttura in:

- struttura metallica
- c.a./c.a.p. in opera
- c.a./c.a.p. prefabbr. occasionale
- c.a./c.a.p. prefabbr. in serie dichiarata
- c.a./c.a.p. prefabbr. in serie controllata

relative ai lavori di costruzione in oggetto, indica di seguito i nomi e recapiti di:

a) Committente:
residente a in via n°

b) Progettista architettonico dell'opera:
residente a in via n°
iscritto all'Albo della Provincia di al n°

c) Progettista delle strutture da realizzarsi in opera:
residente a in via n°
iscritto all'Albo della Provincia di al n°

d) Direttore dei lavori delle strutture da realizzarsi in opera:
residente a in via n°
iscritto all'Albo della Provincia di al n°

e) Progettista delle strutture:

- prefabbricato occasionale
- prefabbricate in serie dichiarata
- prefabbricate in serie controllata
- struttura metallica

residente a in via n°
iscritto all'Albo della Provincia di al n°

g) Direttore dei lavori per il montaggio delle strutture prefabbricate/metalliche (art. 65):

residente a in via n°
iscritto all'Albo della Provincia di al n°

h) Costruttore delle strutture da realizzarsi in opera:

residente a in via n°
iscritto alla Camera di Commercio di al n°

i) Ditta produttrice delle strutture prefabbricate occasionali:

- c.a./c.a.p.
- metalliche

residente a in via n°
iscritto alla Camera di Commercio di al n°

l) Ditta produttrice dei prefabbricati in serie:

- dichiarata
- controllata
- metallica

residente a in via n°
iscritto alla Camera di Commercio di al n°

[indicare gli estremi della comunicazione al Min. LLPP sulla produzione dei manufatti o gli estremi dell'autorizzazione ministeriale della produzione in serie

m) Ditta responsabile del montaggio delle strutture:

- prefabbricate
- metalliche

Il costruttore assume con la presente tutte le responsabilità di legge per quanto riguarda l'indicazione delle figure professionali segnalate.

Ditta responsabile del montaggio
strutture prefabbricate

.....

Il Costruttore

.....

ALLEGATI n° comprendenti:

1. Il progetto dell'opera, in duplice copia, firmato dal progettista, dal quale risultano in modo chiaro ed esauriente le calcolazioni eseguite, l'ubicazione, il tipo, le dimensioni delle strutture e quant'altro occorre per definire l'opera, sia nei riguardi dell'esecuzione sia nei riguardi della conoscenza delle condizioni di sollecitazione;
2. La relazione illustrativa, in duplice copia, firmata dal progettista e dal direttore dei lavori, dalla quale risultano le caratteristiche, le qualità, e le dosature dei materiali che verranno impiegati nella costruzione;
3. La relazione geologico - geotecnica.

Allegato 2: Verbale di verifica della resistenza caratteristica del calcestruzzo

ENTE / AZIENDA

(Provincia di)

LAVORI:

IMPRESA:

CONTRATTO:

VERBALE DI VERIFICA DELLA RESISTENZA CARATTERISTICA DEL CALCESTRUZZO

L'anno il giorno del mese di in alla presenza del sottoscritto in qualità di Direttore dei lavori, e del Sig. in qualità di delegato dell'Impresa, si è proceduto alla determinazione della resistenza del calcestruzzo mediante prova con sclerometro sul manufatto situato

Sono state eseguite n. serie di misurazioni da n. 10 (dieci) battute ciascuna, in corrispondenza seguenti elementi del manufatto (inserire descrizione elementi su cui è stata effettuata la verifica ad esempio: pareti, soletta ecc.):

.....

Le battute sono state effettuate su una rosa di cm. 10 di diametro, previa pulizia dei residui superficiali.

In base alla tabella di lettura riportata sullo strumento si sono rilevati i seguenti valori di resistenza caratteristica del calcestruzzo:

Prova eseguita su:

N° battuta: Rck (N/mm²)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Scartati il valore massimo ed il valore minimo relativi alle battute n. e n., il valore medio della resistenza Rck risulta pari a N/mm².

In tutti i casi sopra riportati i casi il valore medio della resistenza Rck risulta maggiore di (Normalmente 25 o 30) N/mm², per cui il calcestruzzo impiegato nell'esecuzione della struttura della cameretta risulta conforme alle specifiche di cui all'art. di Elenco Prezzi.

IL DIRETTORE DEI LAVORI

L'APPALTATORE

Allegato 3: Fac-simile della dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico alla regola d'arte (Art. 18 - Legge 5 marzo 1990, n. 46) ora **Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37**

II sottoscritto

titolare o legale rappresentante dell'impresa (*ragione sociale*)

..... operante nel settore elettrico

con sede in via n. comune..... (prov.)

tel. part. IVA

- iscritta nel registro delle ditte (*R.D. 20-9-1934, n. 2011*) della camera C.I.A.A. di.....

n.....

- iscritta all'albo provinciale delle imprese artigiane (*legge 8-8-1985, n. 443*), di

.....

n.....

esecutrice dell'impianto (*descrizione schematica*)

inteso come:

- nuovo impianto;
- trasformazione,
- ampliamento;
- manutenzione straordinaria;
- altro (1)

commissionato da

installato nei locali siti nel comune di (prov.)

via n. scala piano interno

di proprietà di (*nome, cognome, o ragione sociale e indirizzo*)

in edificio adibito ad uso:

- industriale;
- civile (2);
- commercio;
- altri usi;

Dichiara

sotto la propria personale responsabilità, che l'impianto è stato realizzato in modo conforme alla regola dell'arte, secondo quanto previsto dall'art. 7 della

legge n. 46/1990, tenuto conto delle condizioni di esercizio e degli usi a cui è destinato l'edificio, avendo in particolare:

-rispettato il progetto (per impianti con obbligo di progetto, ai sensi dell'art. 6 della legge n. 46/1990); **Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37**

seguito la normativa tecnica applicabile all'impiego

.....
installato componenti e materiali costruiti a regola d'arte e adatti al luogo di installazione;
controllato l'impianto ai fini della sicurezza e della funzionalità con esito positivo, avendo eseguito le verifiche richieste dalle norme e dalle disposizioni di legge.

Allegati obbligatori:

- progetto (solo per impianto con obbligo di progetto);
- relazione con tipologie dei materiali utilizzati e schema elettrico unifilare con evidenziale l'impianto di protezione e di messa a terra;
- schema di impianto realizzato;
- riferimento a dichiarazioni di conformità precedenti o parziali, già esistenti (7);
- copia del certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali.

Allegati facoltativi:

.....

Declina

ogni responsabilità per sinistri a persone o a cose derivanti da manomissione dell'impianto da parte di terzi ovvero da carenze di manutenzione o riparazione.

Il dichiarante

Dalla

.....