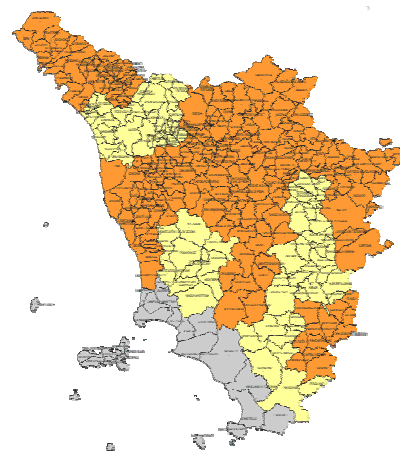


Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003
Primi elementi in materia di criteri generali per la
classificazione sismica del territorio nazionale e di normative
tecniche per le costruzioni in zona sismica

**Valutazione della sicurezza su edifici esistenti
in cemento armato:
livelli di conoscenza, indagini e risultati su un
campione di edifici strategici in c. a.**

REGIONE
TOSCANA



A cura di M. Ferrini , V. Prestifilippo
N. Signorini, A. Tonelli, L. Tovazzi

Regione Toscana - Servizio Sismico Regionale

Ord. PCM n° 3274 del 20.03.2003

**P.to 11 – NORME TECNICHE PER IL PROGETTO, LA
VALUTAZIONE E L'ADEGUAMENTO DEGLI EDIFICI**

**“Edifici esistenti con struttura
in cemento armato”**

Edifici esistenti

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi negli edifici esistenti è affetta normalmente da un grado di incertezza diverso da quello degli edifici di nuova progettazione, perché:

- ➡ la progettazione riflette lo **stato delle conoscenze** del tempo
- ➡ il progetto può contenere **difetti di impostazione** concettuale
- ➡ l'edificio può contenere **difetti di realizzazione**
- ➡ l'edificio può avere subito **danni da terremoti** (o altre azioni accidentali)

Ciò comporta l'impiego di coefficienti di sicurezza parziali adeguatamente modificati, come pure metodi di analisi e di verifica appropriati alla completezza e all'affidabilità dell'informazione disponibile.

11.2.3.1 - Fonti

Le fonti da considerare per l'acquisizione dei dati necessari sono:

- Documenti di progetto;
- Eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione;
- Rilievo strutturale;
- Prove in-situ e in laboratorio.

11.2.3.2 - Dati richiesti

- **Identificazione delle categorie di suolo;**
- **Identificazione delle strutture di fondazione;**
- **Informazioni sulle norme impiegate nel progetto originale;**
- Identificazione dell'organismo strutturale e verifica della regolarità sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in-situ, oppure con un rilievo ex-novo;
- **Informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;**
- Informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- **Informazioni su possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, collegamenti tra le pareti in muratura, collegamenti tra orizzontamenti e pareti murarie, etc.);**
- Rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- **Descrizione della destinazione d'uso attuale e futura dell'edificio con identificazione della categoria di importanza;**
- **Informazione sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.**

11.2.3.3 - Conoscenza e sicurezza

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

La quantità e qualità dei dati acquisiti determina:

➡ il metodo di analisi

➡ i coefficienti parziali di sicurezza γ_m da adoperare come indicato per i diversi materiali di costruzione.

11.2.3.3 - Livelli di conoscenza

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	γ_m
LC1 limitata	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	Aumentati
LC2 adeguata		Disegni costruttivi incompleti + <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto + <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	Invariati
LC3 accurata		Disegni costruttivi completi + <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali + <i>limitate</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	Diminuiti

Tabella 11.3 a Definizione dei livelli di rilievo e prove per gli edifici in c.a

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate 	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese 	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive 	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Proprietà dei materiali

Modalità di misura previste dalla nuova normativa per le proprietà dei materiali:

- **Calcestruzzo:** Estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura
- **Acciaio:** Estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e a deformazione ultima

Raggiungimento dei Livelli di Conoscenza previsti dalla normativa

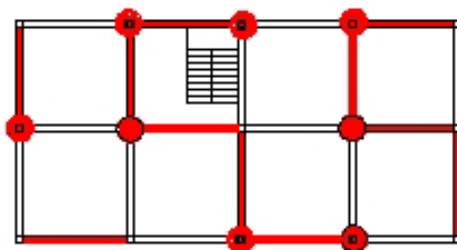
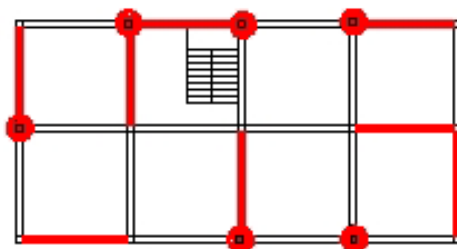
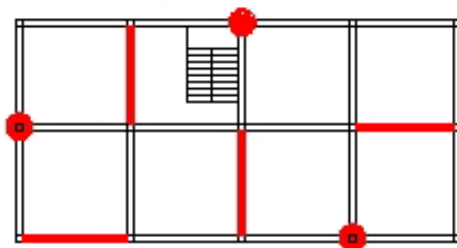
PRINCIPALI PROBLEMATICHE CONNESSE

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

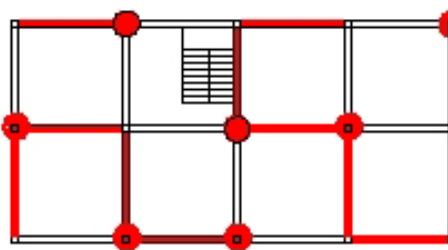
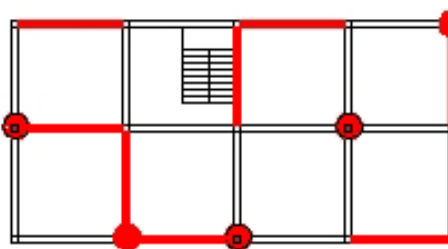
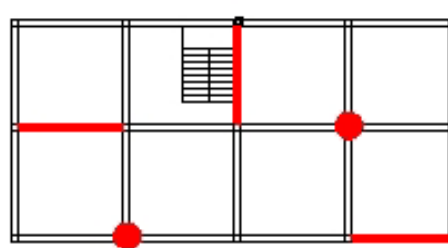
**1. Verifica della
quantità e
disposizione
dell'armatura per
almeno il 15%, 35%,
50% (LC1, LC2,
LC3) di ogni tipo di
elemento “primario”
(trave, pilastro...)**



**PIANO TERRA: 15 PILASTRI
22 TRAVI
0 SETTI**



**PIANO 1: 15 PILASTRI
22 TRAVI
0 SETTI**



**TOTALE: 30 PILASTRI
44 TRAVI
0 SETTI**

**Lc1=15% =>
5 Pilastri
7 Travi**

**Lc2=35% =>
11 Pilastri,
16 Travi**

**Lc1=50% =>
15 Pilastri
22 Travi**

2. Modalità di verifica della quantità e disposizione delle armature



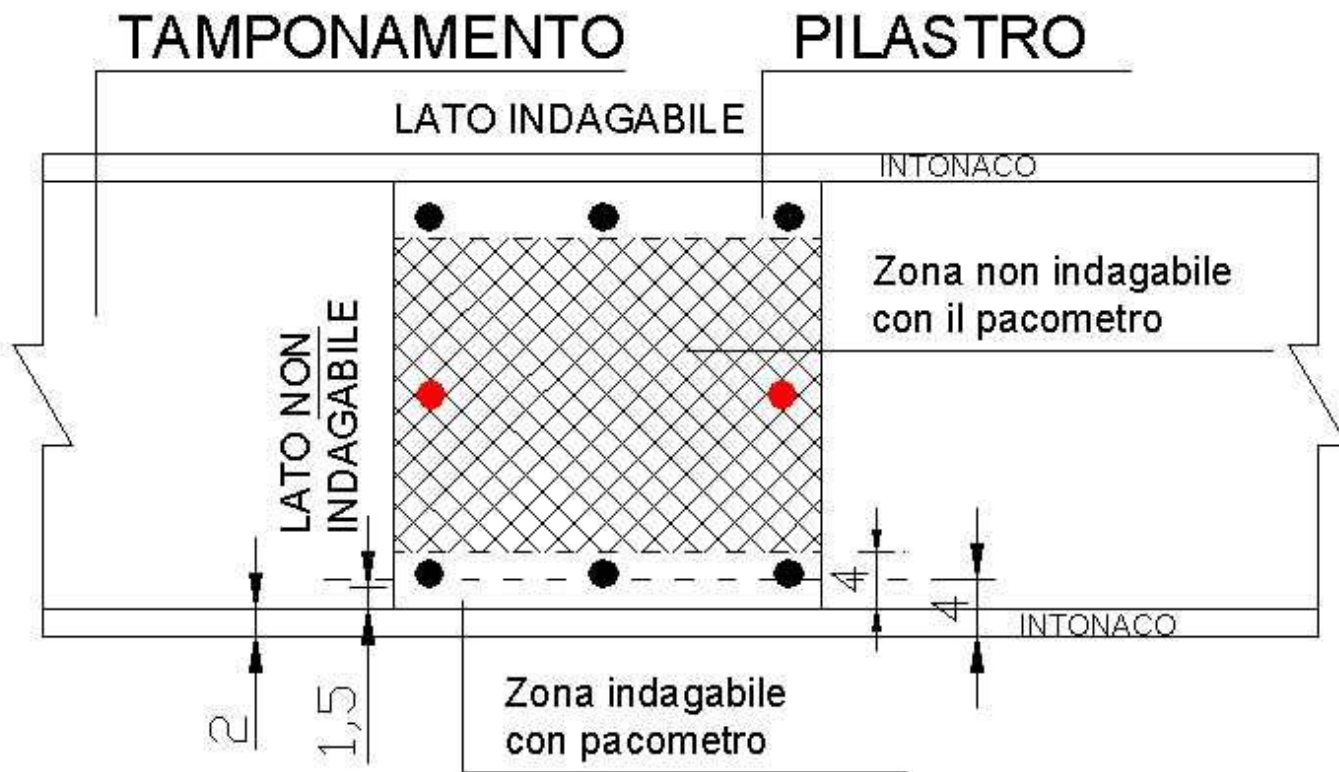
PACOMETRO



CERCAFERRO

consentono di rilevare in maniera non distruttiva la disposizione e la dimensione delle armature, tuttavia:

- tale metodo è efficace solo per armature poste ad una profondità massima di 30-40 mm.



- pianta -



**le informazioni raccolte con questo metodo possiedono un
certo margine d'incertezza**

SAGGI IN SITU



**consentono di rilevare con
certezza:**

- **armatura longitudinale**
quantità dimensione e tipo
- **staffe**
aperte/chiose passo dimensione e tipo
- **inerti**
granulometria e tipo



tuttavia:

**tale metodo è di tipo
distruttivo e pertanto
non applicabile in
maniera estensiva**

DISTACCO DEL COPRIFERRO



**Sede Comunale decentrata
Fornaci di Barga**

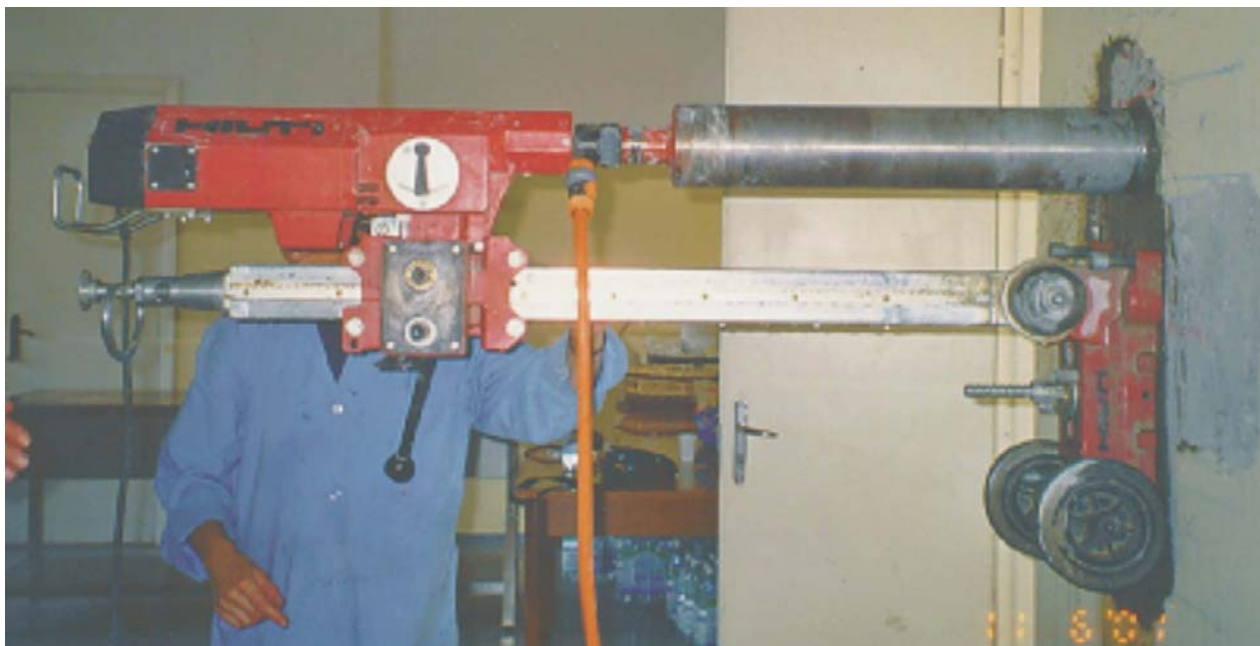
**solo nel caso di situazioni di
degrado avanzato il rilievo dei
dettagli costruttivi richiesto dalla
normativa risulta facilmente
verificabile**



Scuola Materna - Vagli Sotto

PROVE SUI MATERIALI

1. **Prelievo di n°1, 2, 3 (LC1, LC2, LC3)
provini di calcestruzzo per piano
dell'edificio**





**La scelta del diametro
della carota è
subordinata al passo delle
armature, al fine di non
incorrere nel taglio delle
medesime**

**Le carote devono avere un
diametro pari almeno a 3 volte la
dimensione massima dell'inerte di
maggiori dimensioni**

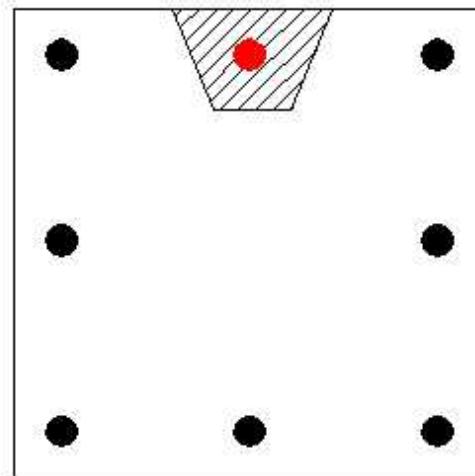
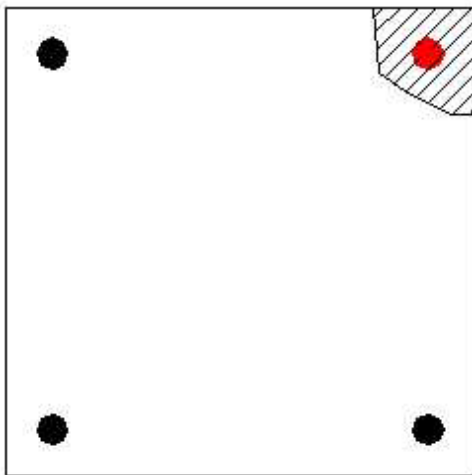


**specifiche
Uni EN 12504-1 ;2002
Uni 6131;2002**

**affinché il valore di rottura del provino
non sia influenzato dalle caratteristiche
di resistenza degli inerti**



2. Prelievo di 1, 2, 3 (LC1, LC2, LC3) campioni di armatura per piano dell'edificio



**Prelievo possibile previa verifica dello stato
tensionale della struttura**

La normativa NON consente l'impiego di *Metodi di prova non distruttivi* in sostituzione a quelli sopra descritti (prelievi di campioni)

Sono ammessi *Metodi d'indagine non distruttivi* di documentata affidabilità

La normativa tuttavia non fornisce indicazioni su:

- **Modalità di esecuzione delle prove**
- **Formule da impiegare per l'interpretazione dei dati**
- **Confronto tra i risultati dei metodi indiretti e diretti**

L'ATTIVITA' DELLA REGIONE TOSCANA

Edifici esistenti in cemento armato: PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ D'INDAGINE SU EDIFICI PUBBLICI STRATEGICI IN ZONA SISMICA

**-vulnerabilità e diagnostica –
(L.R. 74/96 E DELIBERA G.R.T 797/02 e succ.)**

1995 : EVENTO SISMICO IN LUNIGIANA E GARFAGNANA



PROVVEDIMENTI: Legge Regionale 74/96 -art.8

Il Servizio Sismico della Regione Toscana, nell'ambito degli interventi di riparazione dei danni e di adeguamento/miglioramento sismico degli edifici pubblici strategici della Garfagnana e Lunigiana, avvia una **campagna d'indagini diagnostiche volte a determinare la qualità del calcestruzzo**

LABORATORI COINVOLTI: in possesso della concessione rilasciata dal Ministero Infrastrutture e Trasporti come previsto dall'art.20 della L.1086/71

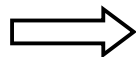
ORIENTAMENTO

- Elaborazione di uno specifico indirizzo metodologico sulla base dei riferimenti scientifici esistenti, considerato:

- il carattere ancora sperimentale dell'interpretazione dei dati acquisiti con tale tipologia d'indagini

- la totale assenza di una normativa tecnica di riferimento che indichi una metodologia per operare nel campo dell'esistente e per interpretare i valori ottenuti delle prove.

SCOPO



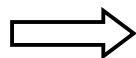
- sviluppo delle conoscenze sulla qualità dei materiali e loro comportamento d'insieme

- acquisizione di dati relativi alla vulnerabilità sismica

- elaborazione di una metodologia generale ed univoca nella raccolta delle informazioni, di riferimento per gli operatori del settore

- trasferimento dell'elaborazione dell'attività d'indagine dalla R.T. a professionisti incaricati dagli Enti Locali

STRUMENTI



- collaborazioni con Enti di Ricerca ed Istituti Universitari presenti sul territorio nazionale (art. 4, Ord.PCM 3274)

- utilizzo di personale assunto con Borse di Studio

- **SCHEDA PROVE QUALITA' CLS**, predisposta per la raccolta delle informazioni sugli edifici oggetto d'indagine e dei dati derivanti dalle prove eseguite dai vari Laboratori autorizzati.

Per la raccolta delle informazioni sugli edifici indagati il S.S.R della R.T ha predisposto una scheda apposita “*SCHEDA PROVE QUALITA' CLS*”, utile anche per l’acquisizione di dati relativi alla valutazione della vulnerabilità sismica.



ALL. H

SCHEDA N° _____

SCHEDA PROVE QUALITA' CALCESTRUZZO

Data e luogo della prova _____
 Operatore _____
 Condizioni di prova - presenza di umidità ☐ SI ☐ NO
 Strumento adoperato per rimozione intonaco _____
 Spessore intonaco rimosso mm _____

ELEMENTO STRUTTURALE
 PIANO N° _____ Foto n° _____ Codice Elemento: _____
PILASTRO N° _____ **TRAVE** N° _____ N° _____
☐ Interno ☐ di bordo
☐ esterno ☐ interna
ARMATURE
 N° _____ (2) FERRI
 STAZI: 07 _____
 PIANO: 01 _____
 COPRIFERRO: _____
 VERIFICA CHIUSURA STAZI: ☐ SI ☐ NO ☐ _____
 PRESSIONE: NODI A _____ cm
 PRESSIONE: NODI B _____ cm
 Foto n° _____ Foto n° _____
 Foto n° _____ Foto n° _____

SEZIONE **PROSPETTO**

Posizione dell'elemento e condizioni dello strato superficiale di c.l.s.	Qualità (da esame visivo) del cls	Tipologia di inerti
☐ esterno con intonaco	☐ cls friabile alla molatura	☐ affioranti
☐ esterno senza intonaco	☐ cls resistente alla molatura	☐ non affioranti
☐ interno con intonaco	☐ presenza rilevante di asperità	☐ ciottoli di fiume
☐ interno senza intonaco	☐ presenza modesta di asperità	☐ inerte di cava
		☐ dimensioni cm _____

DATI DI LETTURA METODO SONREB (SCLEROMETRO + ULTRASUONI)

LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE A **ZONA DI INDAGINE 1**

VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Indici di rimbalzo scartati _____ Scarto quadratico Medio _____ Indice di rimbalzo medio _____
 MAX _____ MIN _____

LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE A' **ZONA DI INDAGINE 2**

VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Indici di rimbalzo scartati _____ Scarto quadratico Medio _____ Indice di rimbalzo medio _____
 MAX _____ MIN _____

VELOCITÀ ULTRASUONI [M/SEC] / TEMPO [SEC] DISTANZA TRA LE SONDE [M]

1	2	3	4	5	6

 Velocità Media _____

Note sulla lettura degli ultrasuoni _____

LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE B **ZONA DI INDAGINE 1**

VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Indici di rimbalzo scartati _____ Scarto quadratico Medio _____ Indice di rimbalzo medio _____
 MAX _____ MIN _____

LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE B' **ZONA DI INDAGINE 2**

VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Indici di rimbalzo scartati _____ Scarto quadratico Medio _____ Indice di rimbalzo medio _____
 MAX _____ MIN _____

VELOCITÀ ULTRASUONI [M/SEC] / TEMPO [SEC] DISTANZA TRA LE SONDE [M]

1	2	3	4	5	6

 Velocità Media _____

Note sulla lettura degli ultrasuoni _____

TIPO SCLEROMETRO _____ **TIPO ULTRASUONI** _____

TIPO CAROTATRICE

Tipo di prelievo N° GIRI/MIN _____ Ø LORDO CORONA _____ Ø NETTO CAROTA _____
☐ carota orizzontale ☐ TEMPO IMPEGATO MIN _____
☐ carota verticale ☐ passante ☐ ALLEGGERITA CAROTA _____
☐ non passante ☐ rottura della carota _____

CONDIZIONI DEL PROVINO DI C.L.S. DOPO L'ESTRAZIONE	QUALITÀ (DA ESAME VISIVO) DEL CLS DEL PROVINO	TIPOLOGIA DI INERTI DEL PROVINO
☐ Superficie liscia	☐ cls friabile	☐ dimensioni medie elevate cm _____
☐ Superficie disturbata	☐ cls resistente	☐ presenza di inerti grossi cm _____
☐ rottura di n. _____ ferri	☐ aderenza matrice inerte ☐ Buona ☐ Scarsa	☐ ciottoli di fiume
☐ presenza di lesioni longitudinali superficiali		☐ inerte di cava
☐ presenza di lesioni longitudinali passanti		

Tale documento è contenuto nella versione aggiornata delle **ISTRUZIONI TECNICHE REGIONALI D.2.4.**, approvate con Delibera di G.R.T. n. 796 del 04.08.03.

RISULTATI DELLE INDAGINI QUALITATIVE

LUNIGIANA

NORMATIVA VIGENTE ALL'EPOCA DI COSTRUZIONE	EDIFICI	BLOCCHI	BLOCCHI CHIUSI	BLOCCHI APERTI	DEMOLIZIONE TOTALE	DEMOLIZIONE PARZIALE	MODIFICA PROGETTO ORIGINARIO (con Rck=Rck in situ)	ESITO POSITIVO	ESTENSIONE INDAGINI	INDAGINI DA ESEGUIRE (programma trasmesso)
R. D. 2229/39 (*)	24	14	7	4	1	3	4		1	2
L.1684/1962		16	3	10		1	2	8	2	1
D.M. 3/3/1975		10	1	5			3	2		4
DM. 19/06/1984										
DM. 24/01/1986										
DM. 16/01/1996										
TOTALI	24	40	11	19	1	4	9	10	3	7

GARFAGNANA e MEDIA VALLE DEL SERCHIO

NORMATIVA VIGENTE ALL'EPOCA DI COSTRUZIONE	EDIFICI	BLOCCHI	BLOCCHI CHIUSI	BLOCCHI APERTI	DEMOLIZIONE TOTALE	DEMOLIZIONE PARZIALE	MODIFICA PROGETTO ORIGINARIO (con Rck=Rck in situ)	ESITO POSITIVO	ESTENSIONE INDAGINI	INDAGINI DA ESEGUIRE (programma trasmesso)
R. D. 2229/39 (*)	33	9	2	3				3	3	1
L.1684/1962		19		17				17		2
D.M. 3/3/1975		22		15				15	1	6
DM. 19/06/1984										
DM. 24/01/1986		2								2
DM. 16/01/1996										
TOTALI	33	52	2	35	0	0	0	35	4	11

(*) normativa sui materiali (non sismica)

ATTUALE ATTIVITA' D'INDAGINE DELLA R.T.



Programma delle attività d'indagini su edifici pubblici in cemento armato in zona sismica - Vulnerabilità e diagnostica - (Delibera 797 del 30.7.02 e succ.)

Edifici pubblici strategici in c.a. gettato in opera costruiti prima del 1996:

**AMBITO
TERRITORIALE
E DI
APPLICAZIONE**



I FASE: nei comuni della **LUNIGIANA, GARFAGNANA e MEDIA VALLE DEL SERCHIO**

II FASE: Estensione alle altre zone del territorio regionale ad elevato rischio sismico (**VALTIBERINA, CASENTINO, AMIATA, MUGELLO**)

STRUMENTI



Scheda-progetto: predisposta dall'Ufficio *Area S.S.R.* per raccogliere informazioni sulle caratteristiche strutturali e d'uso degli edifici.

**EVENTI SISMICI
OTTOBRE 2002
IN SICILIA E
MOLISE**



Richiesta di valutazione di vulnerabilità sismica sugli edifici scolastici dei Comuni di Garfagnana e Media Valle del Serchio che ha portato ad un'intensificarsi dell'attività d'indagine già intrapresa a partire da luglio 2002

REPERIMENTO ELABORATI STRUTTURALI (presso gli uffici competenti) **135**

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI **135**

verifica corrispondenza degli elaborati di progetto con lo stato di fatto mediante sopralluoghi, verifica della quantità e disposizione dell'armatura, con pacometro e/o rimozione del copriferro

DEFINIZIONE DEL PROGRAMMA D'INDAGINE **135**

Descrizione storico-strutturale dell'edificio, definizione dei ruoli e competenze, verifica degli elementi individuati per le indagini con calcolo dei tassi di lavoro

EROGAZIONE CONTRIBUTI AGLI ENTI LOCALI **135**

La R.T. finanzia le attività d'indagine fino al 75% del costo effettivo al fine di consentire alle Amm.ni locali l'immediato affidamento dei lavori ai Laboratori autorizzati.

CONTROLLO IN CORSO D'OPERA DELL'ATTIVITA' DEL LABORATORIO **91**

Esercitato dai tecnici regionali durante l'esecuzione delle prove per garantire il rispetto della normativa regionale in materia, al fine dell'acquisizione di dati tra loro confrontabili pur se derivanti da campagne d'indagine differenti.

INTERPRETAZIONE DEI DATI DI PROVA **69**

Elaborazione e mediazione dei dati di prova contenuti nel certificato emesso dal laboratorio e raccolti anche nelle "*Scheda Prove Materiali*" della R.T., mediante formulazioni presenti in letteratura, vista la totale assenza di uno standard normativo di riferimento a livello nazionale, e **determinazione del relativo Rck.**

INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DA INDAGARE

- Criteri generali -

L'individuazione degli elementi strutturali da indagare deve essere effettuata in maniera tale da ottenere un campione significativo di elementi, in grado di rappresentare le caratteristiche medie dei getti di cls della struttura nella loro interezza

CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DA INDAGARE

- **Estendere l'indagine a tutti i telai costituenti la struttura**
- **Privilegiare l'indagine di elementi non soggetti alle maggiori sollecitazioni sia per soli carichi verticali che in fase sismica (elementi verticali dei piani terra, ed elementi soggetti ad azioni torcenti di bordo o d'angolo)**
- **Non arrecare troppi danni alle strutture (numero eccessivo di prelievi)**
- **Contenere i costi sia delle indagini (numero di prove proporzionato alle dimensioni dell'edificio) sia del ripristino (evitare di indagare elementi difficilmente accessibili per le indagini)**
- **Limitare i margini d'incertezza dei dati di prova operando con metodi diversi confrontabili tra loro (metodi diretti ed indiretti)**
- **Verificare che le dimensioni dell'elemento e la disposizione delle barre d'armatura consentano il prelievo di campioni ($\varnothing$ min. carota richiesto da R. T, per garantire il rispetto delle Norme UNI sul rapporto $\varnothing$ carota/ $\varnothing$ inerte max > 3 , = $80 \div 100$ mm.)**
- **Evitare il carotaggio di elementi verticali che presentano tassi di lavoro particolarmente elevati (in genere la sezione resistente si riduce del 30% circa)**

Modello di calcolo per la verifica dei tassi di lavoro di elementi strutturali verticali

- Caratteristiche geometriche
- Tipologie costruttive
- Pesi propri e accidentali
- Aree di influenza solai



TASSO DI LAVORO (%)

Calcolo tassi di lavoro per campagna di indagini Edifici Garfagnana				
PILASTRO N.	2	Piano Terra		
MATERIALE				
Classe di Resistenza del cls [N/mmq]	15			
Analisi dei carichi				
PESO PROPRIO	Solaio di piano	Solaio di Copertura		
SOLAIO	250	300		
MASSETTO (h=10cm)	100	50		
PAVIMENTAZIONE (s=3cm)	30	0		
INTONACO INTRADOSSO (s=1.5cr)	20	30		
QUOTA TRAMEZZI	0	0		
IMPERMEABILIZZAZIONE	0	20		
MASSETTO PENDENZE	0	100		
EMBRICI - COPPI	0	0		
CONTROSOFFITTO	0	0		
	400	500		
PESO ACCIDENTALE				
SCUOLA				
PESO TOTALE	400	500		
TAMPONAMENTI				
Peso specifico [Kg/mq]	1600			
Altezza tamponamento [m]	3			
Spessore tamponamento [m]	0,15			
DIMENSIONI GEOMETRICHE DELLE TRAVI				
	Sopra	Sotto	Destro	Sinistro
Luce netta	0	0	3,5	3,5
Altezza	0	0	0,46	0,46
larghezza	0	0	0,36	0,36
Tamponamenti	0	0	1260	2016
Peso totale per piano	0	0	1984,5	2740,5
DIMENSIONI GEOMETRICHE DEL PILASTRO				
A [cm]	36			
B [cm]	36			
AREA [cm q]	1296			
Numero di piani soprastanti	2			
Altezza di interpiano	310			
Peso dei pilastri	1928,45			
AREE DI INFLUENZA				
Quadrante	CAMPO DI SOLAIO		AREA DI INFLUENZA	
	X [m]	Y [m]		
SINISTRO - SOPRA	3,5	6,3	5,51	
SINISTRO - SOTTO	3,5	3,5	3,06	
DESTRO - SOPRA	3,5	6,3	5,51	
DESTRO - SOTTO	3,5	3,5	3,06	
AREA DI INFLUENZA			17,15	
CARICO DI COMPRESSIONE AGENTE AL PIEDE DEL PILASTRO [Kg]				26813,45
TENSIONE AL PIEDE DEL PILASTRO [Kg/cmq]				20,69
Tensione di rottura della carota [Kg/cmq] - trattato				87,10
TENSIONE AMMISSIBILE NEL CLS [Kg/cmq]				42,00
TASSI DI LAVORO [%]		rispetto alla tensione di rottura		23,75
		rispetto alla tensione ammissibile		49,26

SCELTA DELLA ZONA DI INDAGINE

PILASTRO

- Scegliere zone soggette a modeste sollecitazioni flessionali: zona ad $h/2$ ($M=0$)
- Prediligere elementi strutturali confinati da pannelli di tamponatura
- Evitare gli estremi dell'elemento in quanto potrebbero dare luogo a risultati falsati dalla segregazione dei componenti il getto
- Il prelievo di provini avverrà previa verifica dei tassi di lavoro
- Effettuare prelievi passanti al fine di ottenere campioni il più possibile indisturbati
- Rispetto delle Norme UNI sul rapporto $\emptyset$ carota/ $\emptyset$ inerte max > 3

TRAVE

- Eseguire preferibilmente prove di tipo indiretto
- Per prove dirette: scegliere zone soggette a modeste sollecitazioni flessionali: zona a $l/5$ dai nodi (per evitare armatura ai nodi)
- Evitare zone con presenza di barre per l'assorbimento delle sollecitazioni taglianti
- Rispetto delle Norme UNI sul rapporto $\emptyset$ carota/ $\emptyset$ inerte max > 3

I criteri di progettazione di recente concezione hanno introdotto il concetto di duttilità locale e globale della struttura con l'obiettivo di stabilire una gerarchia nella formazione delle cerniere plastiche (CAPACITY DESIGN) che conducono al meccanismo di collasso di una struttura intelaiata in fase sismica

MECCANISMO DI COLLASSO PIU' FAVOREVOLE: TRAVI DEBOLI E COLONNE FORTI

MECCANISMO DI COLLASSO PIU' PROBABILE: TRAVI FORTI E COLONNE DEBOLI

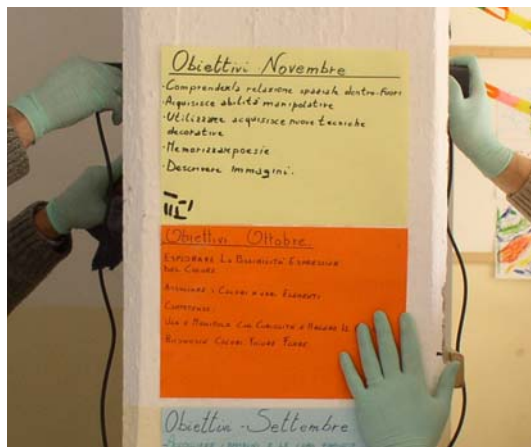
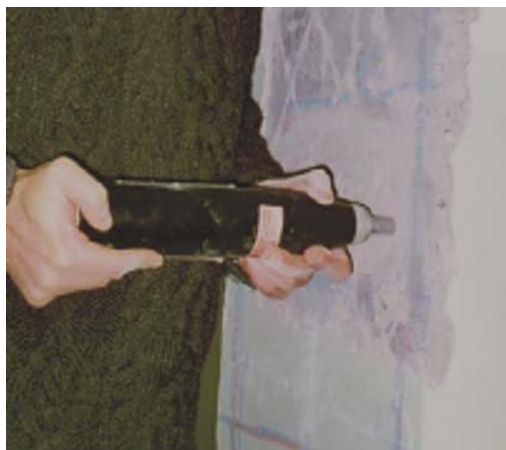
Tenendo conto che:

➤ la **duttilità di una sezione in c.a.** dipende in maniera determinante dall'efficacia del confinamento del calcestruzzo operato dalla staffatura, oltre ad altri fattori (quantitativo di armatura, etc) e che la presenza di compressione nei pilastri riduce la **duttilità disponibile** e la **capacità di dissipare energia** durante le oscillazioni rispetto a quanto invece è disponibile nelle travi che convergono nello stesso nodo

➤ la maggior parte degli edifici a struttura intelaiata esistenti sono progettati senza adottare il criterio suddetto e non presentano accorgimenti tecnici nella disposizione delle armature principali e della staffatura (chiusura delle staffe a 135° , diminuzione del passo in corrispondenza dei nodi)

nella scelta degli elementi strutturali da indagare occorre privilegiare l'elemento pilastro rispetto all'elemento trave

METODI D'INDAGINE UTILIZZATI DALLA R. T.



PROVE NON DISTRUTTIVE O INDIRETTE

METODO SONREB:

combinazione di indagini
sclerometriche ed ultrasoniche

Vantaggio: non reca danni alla struttura

Svantaggio: incertezza del dato per fattori
perturbativi intrinseci ai metodi stessi

PROVE DISTRUTTIVE O DIRETTE

CAROTAGGIO: prelievo di
campioni di cls da sottoporre
a schiacciamento

Vantaggio: certezza del dato

Svantaggio: reca un danno
limitato alla struttura

da eseguire sulla stessa area d'indagine

METODO SONREB (sclerometro+ultrasuoni)

Metodo sclerometrico

Lo sclerometro è uno strumento “a massa battente” con cui si misura la durezza superficiale dell’elemento strutturale.

La durezza superficiale è collegata alla resistenza e durabilità dei materiali esaminati, ma viene evidentemente influenzata vari fattori quali:

- stato di carbonatazione dello strato superficiale di cls
- presenza di lesioni
- età del calcestruzzo
- inerti affioranti

Tale metodo, se impiegato singolarmente per calcestruzzi datati risulta inaffidabile e quindi non accettato dalla R.T.

La prova prevede le seguenti fasi :



Battute sclerometriche

- Preparazione dell'elemento strutturale (rimozione dell'intonaco avendo cura di lasciare indisturbato lo strato superficiale del cls);
- Molatura della superficie
- Rilevazione della disposizione delle barre d'armatura mediante pacometro e loro segnatura sull'elemento strutturale indagato; (ferri longitudinali e staffe)
- Esecuzione delle battute sclerometriche in una zona compresa tra due staffe consecutive; (n° 12 per ogni faccia dell'elemento)
- Documentazione fotografica della prova e dell'elemento strutturale dopo la prova in modo da evidenziare l'area d'indagine

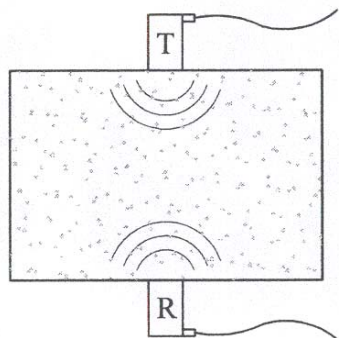
METODO SONREB - (sclerometro+ultrasuoni)

Metodo ad ultrasuoni

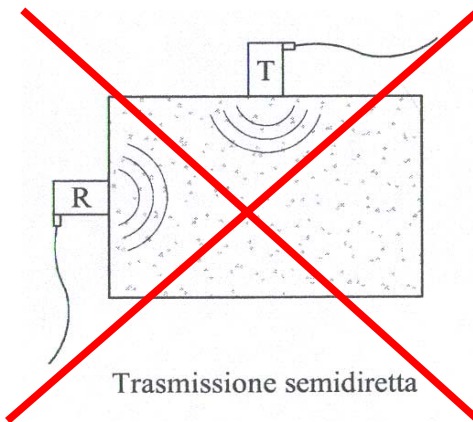
Consiste nella misurazione del **tempo di attraversamento T** di un impulso sonico ad alta frequenza emesso da un trasmettitore e ricevuto da una sonda ricevente dopo aver attraversato lo **spessore L noto di cls**, da rilevarsi con la massima accuratezza da parte dei tecnici del Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove.

La **velocità di propagazione** del treno di onde dipende dalle proprietà elastiche e dalla densità del materiale (**evitare zone difettose**)

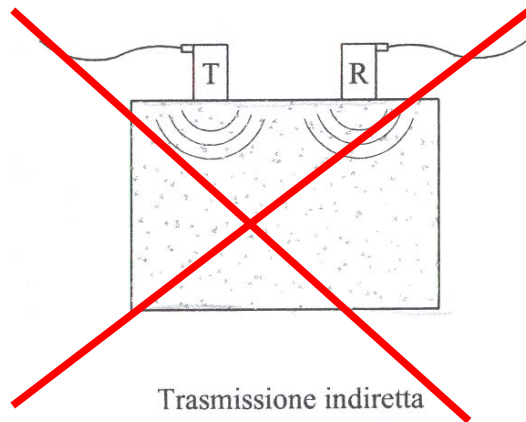
E' inoltre necessario eseguire **prove per trasparenza** ovvero dirette e nelle medesime zone su cui è stata effettuata la prova sclerometrica



Trasmissione diretta



Trasmissione semidiretta



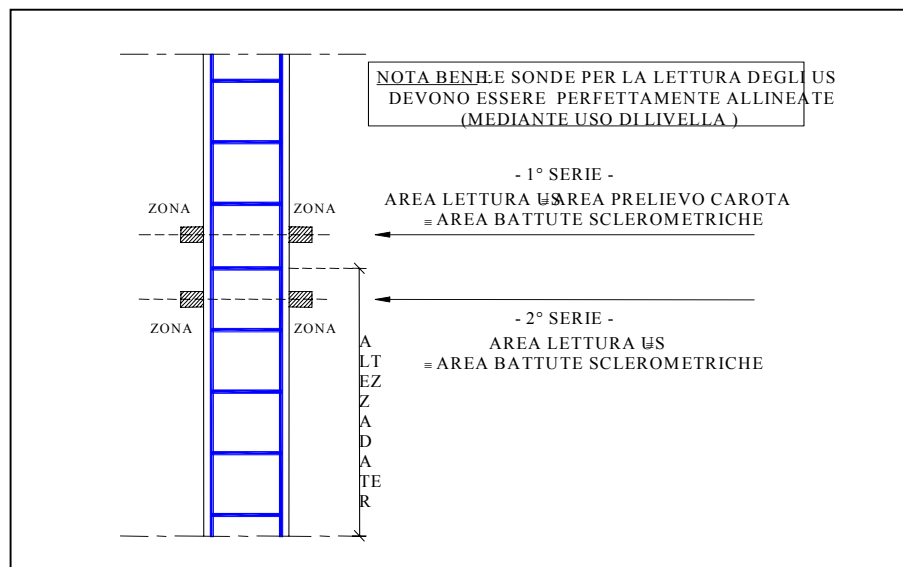
Trasmissione indiretta

La prova ad ultrasuoni, da eseguirsi dopo le battute sclerometriche e nella stessa area d'indagine, prevede le seguenti fasi :



- Esecuzione di foro per passaggio di cavi su pannelli di tamponatura adiacenti l'elemento strutturale oggetto di indagine
- Individuazione della zona di indagine: compresa tra due staffe consecutive, preventivamente preparata per la prova sclerometrica;
- Applicazione di vaselina al fine di migliorare l'aderenza sonda-superficie cls ed eliminare le microasperità ed i vuoti;
- Misurazione della distanza tra i due trasduttori;
- Esecuzione di n° 3 letture del tempo di attraversamento (in microsecondi) per punto di prova;
- Documentazione fotografica della prova e dell'elemento strutturale dopo la prova in modo da evidenziare che l'area di indagine è la stessa della prova sclerometrica e che non sono state intercettate barre di armatura

METODO SONREB



Esecuzione delle letture ultrasoniche.

Si evidenzia l'importanza dell'allineamento delle sonde e la loro applicazione su superfici complanari

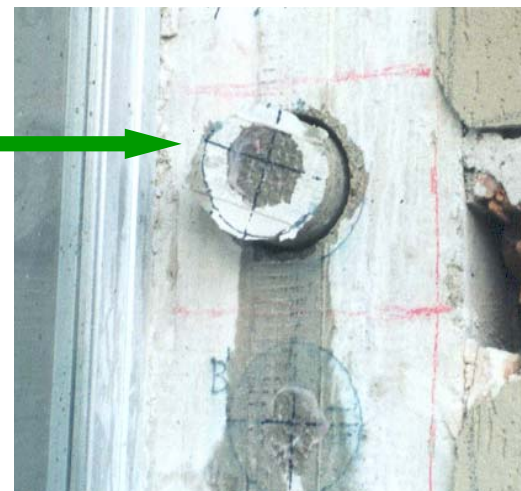


CAROTAGGIO

Consiste nel prelievo di un campione di calcestruzzo mediante uso di carotatrice ad acqua a sola rotazione, senza percussione.

La carota sarà estratta in una delle due aree precedentemente già indagate con Metodo Sonreb,

con diametro netto della carota pari circa a mm100, compatibilmente alla presenza di ferri di armatura ravvicinati



L'esecuzione della prova prevede le seguenti fasi:

- **Preparazione dell'elemento strutturale (eseguita preventivamente);**

- **Rilevazione della disposizione delle armature in modo tale da non incorrere nel taglio di porzioni di armatura durante la prova**

- **Esecuzione del carotaggio nella stessa zona precedentemente indagata con il metodo Sonreb**

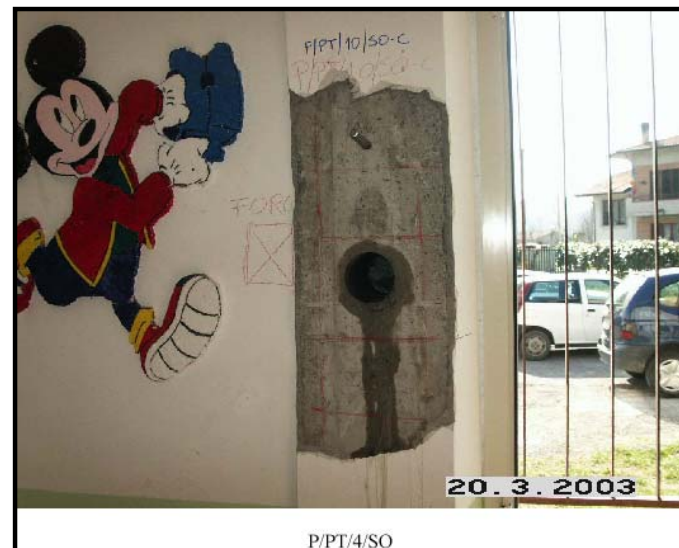
- **Carotaggio passante in modo da consentire il prelievo di un provino indisturbato**

- **Estrazione della carota, protezione conservazione e successiva consegna al laboratorio**



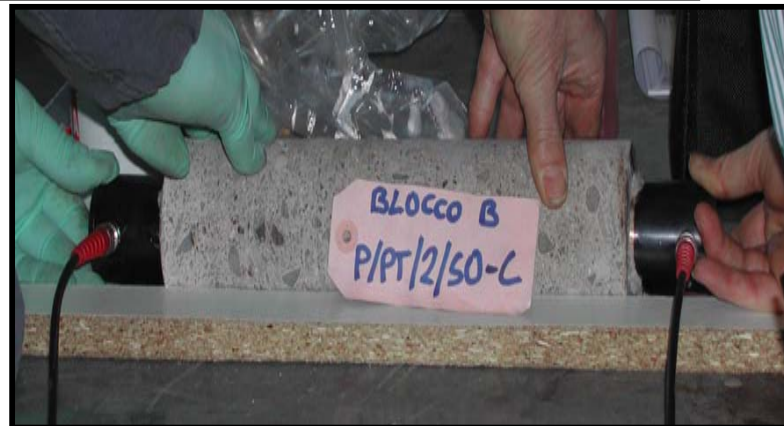
Estrazione carota P/PT/2

- **Compilazione della Scheda**
- **Documentazione fotografica della prova e dell'elemento strutturale dopo la prova in modo da evidenziare che l'area di indagine è sempre la stessa e che non sono state intercettate barre di armatura**
- **Ripristino del foro con malta antiritiro in modo da garantire la perfetta integrazione dei getti**
- **Prove di compressione secondo la norma UNI 6132 da parte del laboratorio**
- **Rilascio del certificato**



PROVE DI LABORATORIO

La carota dopo l'estrazione e la prova ad ultrasuoni



Prova a compressione sui provini



Valore di resistenza $R_{car} \neq$ Resistenza cubica convenzionale

Fattori che influenzano R_{car} :

- 1. Rapporto lunghezza /diametro**
- 2. Direzione di perforazione rispetto ai getti (trave)**
- 3. Dimensione del campione**
- 4. Posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale**

Fattori che determinano le variazioni di resistenza tra carote e cubi / cilindri standard:

- 1. Disturbo conseguente al prelievo**
- 2. Presenza di armature**
- 3. Passaggio da R_{cub} a R_{cil}**
- 4. Modalità di preparazione dei provini dalle carote e stagionatura**
- 5. Età del calcestruzzo prelevato**

INTERPRETAZIONE DEI DATI DI PROVA

L'interpretazione dei dati di laboratorio, riportati nei certificati, è un problema che non trova soluzione in alcuna norma

poiché

**non esiste uno standard nazionale di
riferimento in materia.**

METODO SONREB - INTERPRETAZIONE DEI DATI DI PROVA

- **ARTICOLO J. GASPARIRIK**, “*Prove non distruttive in edilizia*“, Quaderno didattico A.I.P.N.D., Brescia 1992

$$R_{c1} = 0.0286 * S^{1,246} * V^{1,85} \quad (\text{con } R_c \text{ in N/mm}^2 \text{ e } V \text{ in Km/sec})$$

- **ARTICOLO A. DI LEO, G. PASCALE**, “*Prove non distruttive sulle costruzioni in cemento armato*“, Convegno Sistemaa Qualità e Prove non Distruttive per l’Affidabilità e la Sicurezza delle Strutture Civili, Bologna, Saie ’94, 21 ottobre 1994

$$R_{c2} = 1.2 * 10^{-9} * S^{1,058} * V^{2,446} \quad (\text{con } R_c \text{ in N/mm}^2 \text{ e } V \text{ in m/sec})$$

- **ARTICOLO R. GIACCHETTI, L. LACQUANITI**, “*Controlli non distruttivi su impalcati da ponte in calcestruzzo armato*” Nota tecnica 04, 1980, Università degli Studi di Ancona, Facoltà di Ingegneria, Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni

$$R_{c3} = 7,695 * 10^{-10} * S^{1,4} * V^{2,6} \quad (\text{con } R_c \text{ in Kg/cm}^2 \text{ e } V \text{ in m/sec})$$

In cui: V = velocità di propagazione degli ultrasuoni

S = Indice medio di rimbalzo

Rc = Resistenza cubica convenzionale del calcestruzzo standard

Le formulazioni presenti in letteratura per l'elaborazione dei dati di prova tengono conto dei fattori correttivi da applicare al valore di **Rcar** consentendo di ottenere sia il valore di **resistenza del cls in situ**, sia quello relativo alla **resistenza cubica convenzionale**

1. **Rcar = Resistenza alla rottura a compressione della carota.** Il valore viene fornito dalla prova di compressione effettuata dal Laboratorio
2. **Rcil = Resistenza di un provino cilindrico standard (H/D=2).** Si ottiene applicando coefficienti correttivi ad **Rcar** e viene stimato con formule presenti in letteratura (**BS 1881Part.120 – Concrete Society – Cestelli -Guidi**)
3. **Reff cub in situ = Resistenza effettiva di un provino cubico standard al momento del carotaggio sulla struttura esaminata.** Si ottiene da **Rcil** e viene stimato con formule presenti in letteratura (**BS 1881Part.120 – Concrete Society – Cestelli-Guidi – D.M. 2/1992 “Resistenze di calcolo”**)
4. **Rcub convenzionale = Resistenza convenzionale, ovvero del cls a 28gg., ottenuta da cubi confezionati al momento del getto in opera e maturati in condizioni standard.** Si ottiene dalla rottura di cubi confezionati al momento del getto in opera e si ricava incrementando **Reff cub in situ**. Viene stimata con formule presenti in letteratura (**Concrete Society – art. Cestelli-Guidi – D.M.9/01/96**)

Valutazione della sicurezza su edifici esistenti in cemento armato: livelli di conoscenza e indagini

Valori al di sotto della soglia minima del cls strutturale, dovuti a velocità degli ultrasuoni al di fuori del dominio della curva di correlazione del Metodo Sonreb.

- la difficoltà di operare una valutazione univoca nel caso di valori di prova incongruenti
- l'utilizzo di un valore finale di resistenza MEDIO vista l'assenza, ancor oggi, di riferimenti legislativi in merito all'interpretazione dei dati di prova

Si ricorda che la normativa tecnica italiana

- non richiede espressamente l'utilizzo di una delle formule presenti in letteratura,
- non specifica se utilizzare come riferimento la
 - Resistenza cubica in situ (resist. al momento del carotaggio)
 - Resistenza cubica convenzionale (resist. a 28 gg.)

L'Area — Servizio Sismico regionale ritiene preferibile **considerare il valore ottenuto dalla Resistenza cubica in situ**, che fornisce un dato più vicino alla reale condizione del calcestruzzo in opera.

INTERPRETAZIONE DEI DATI DI PROVA

Tre tipi di Formule relativamente alle Prove sia Dirette che Indirette:

- **Valori Minori:** Scelta cautelativa => Verifiche non soddisfatte, rischio chiusura, costi d'intervento maggiori,...
- **Valori Maggiori:** Scelta non cautelativa => Verifiche soddisfatte, costi d'intervento minori, minore sicurezza? ...
- **Valori Medi:** L'Area Servizio Sismico della R. T. , attualmente adotta i valori medi ottenuti dalle formule precedentemente esposte.

INTERPRETAZIONE DEI DATI DI PROVA

La normativa non fornisce indicazioni circa le MODALITÀ DI CONFRONTO fra i risultati ottenuti dai metodi distruttivi e non distruttivi

L'ORIENTAMENTO DELLA REGIONE TOSCANA

procedere alla definizione della resistenza del calcestruzzo prevalentemente mediante prove distruttive, perché ritenute più affidabili.

GLI ELEMENTI STRUTTURALI CAROTATI sono sempre preventivamente SOTTOPOSTI A METODO SONREB nella stessa area di indagine.



C. Differenza % eccessiva e non costante = > dato Sonreb INATTENDIBILE

B. Differenza % costante = > dato Sonreb DA MODIFICARE %

A. Differenza % minima = > dato Sonreb ATTENDIBILE

ANCHE PER ELEMENTI NON SOTTOPOSTI A PROVA DISTRUTTIVA

LIVELLI DI CONOSCENZA RAGGIUNTI DALLA R. T.

SECONDO L'ALL. 2 ORD. P.C.M. 324

**GEOMETRIA
(CARPENTERIE)**



Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo completo

**LC1, LC2
LC3**

Disegni costruttivi incompleti + limitate verifiche in situ

PILASTRI : LC1-LC2

oppure

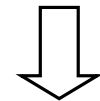
TRAVI : < LC1

**DETTAGLI
STRUTTURALI**



(travi, pilastri...)

estese verifiche in situ



Verifiche effettuate ricorrendo a rilevatori di ferro (posizione e numero delle armature) o a rimozione del copriferro per verifica chiusura staffe e tipologia delle barre (lisce o ad aderenza migliorata)

< LC1

**PROPRIETA'
DEI
MATERIALI**

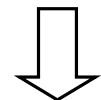


Verifiche in situ

CLS:
Estese/Esaustive

CLS : LC2-LC3
ACCIAIO : < LC1

ACCIAIO: Assenti
(Difficoltà prelievo)



< LC1

PROPOSTA di CHIUSURA

INTEGRAZIONE con ULTERIORI INDAGINI INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE

Se di ESITO negativo

APERTI SENZA PROVVEDIMENTI

Verifica carichi verticali

Dove si è riscontrato $R_{ck} < 150 \text{ kg/cmq}$ nella maggior parte degli elementi strutturali indagati

Valutazione degli effetti locali dei terreni con fornitura dati inerenti il fattore di amplificazione dei terreni attraverso analisi di modellazione

PROPOSTA di CHIUSURA

Laddove si è riscontrato $R_{ck} > 150 \text{ kg/cmq}$ sulla maggior parte degli elementi indagati

La **verifica per carichi verticali** fornisce una prima indispensabile valutazione nella definizione della sicurezza delle strutture, cui vanno aggiunte valutazioni relative alla vulnerabilità della struttura soggetta ad azioni sismiche

CONCLUSIONI

Per la riuscita di un intervento di riparazione o di rinforzo di elementi strutturali in cemento armato è necessario acquisire preliminarmente una buona conoscenza dello stato del materiale esistente, sul quale dovrà eseguirsi l'intervento medesimo

Spetta al professionista incaricato o all'ufficio tecnico competente valutare e adottare le formulazioni più consone allo stato di fatto per la valutazione delle caratteristiche di resistenza del calcestruzzo in opera.