

**ASSEVERAZIONE DEGLI EDIFICI IN C.A. :
PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI
E INTERPRETAZIONI DEI RISULTATI**



Francesco Biasoli
Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica
Politecnico di Torino

F. Biasoli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Argomenti

- **Quadro normativo e classificazione degli interventi**
- **Raccolta delle informazioni e programmazione delle indagini**
- **Stima delle proprietà dei materiali: un caso pratico**

F. Biasoli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

**QUADRO NORMATIVO
E CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI**

F. Biasoli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

IL QUADRO NORMATIVO

- **DM 14/01/2008 e circ. 617:** Norme Tecniche Costr.
- **EN 12504 1/2/3/4 :** Esecuzione delle prove e prelievo dei campioni di calcestruzzo
- **UNI EN 13791** Valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera
- **CONS SUP LL.PP.** - Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 cap. 8.1 - COSTRUZIONI ESISTENTI

- **Costruzioni la cui struttura è stata realizzata**
se in c.a. : depositata relazione a struttura ultimata;
se in muratura: depositato collaudo statico.
- A differenza delle strutture da realizzare sono definiti (anche se non sempre noti):
- la geometria della struttura
 - i materiali (non si hanno le incertezze legate alla produzione e, per il calcestruzzo, alla messa in opera)
 - i carichi permanenti totali (G_1 e G_2)

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 8.3 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Obbligatoria in caso di significativo peggioramento delle condizioni iniziali o di progetto per riduzione, improvvisa o lenta, della capacità resistente di parti e/o della intera struttura per:

- azioni ambientali (degrado di malte delle murature, corrosione dei materiali)
- azioni eccezionali (incendio, esplosione, terremoto),
- deformazioni indotte da cedimenti del terreno
- cambio di classe o di destinazione d'uso **(segue)**

NT 2008 8.3 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

- provati gravi errori di progetto o costruzione
- azioni volontariamente superiori alle azioni di progetto
- interventi non strutturali che riducono/modificano ANCHE IN PARTE la capacità portante e/o la rigidezza.

La verifica va condotta con esclusivo riferimento agli SLU statici e allo SLV (in alternativa SLC solo per CA e acciaio)
Eventuali verifiche agli SLE e relative prestazioni : da concordare con la Committenza.

NT 2008 cap. 8 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

OBIETTIVO: verificare se l'uso della struttura sia conforme alle NT, per poi decidere se:

1. continuare nella situazione attuale
2. modificare la destinazione d'uso
3. imporre limitazioni specifiche (declassare)
4. prevedere interventi di aumento o di ripristino della capacità portante (OBBLIGATORI se non è garantita la sicurezza per le azioni previste per l'uso corrente)

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 08 cap.8 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La verifica serve, in alternativa, a stabilire :

- se la struttura esistente è in grado di resistere alla combinazione delle azioni di progetto previste dalle NT, oppure
- le azioni massime che una struttura è in grado di sostenere nelle diverse combinazioni di carico (statica, sismica) previste dalle NT (ASSEVERAZIONE).

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008-8 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Se i “difetti” riguardano una parte limitata della costruzione la verifica riguarda i soli elementi interessati dai vari fenomeni + quelli della “catena strutturale” che interagiscono con essi (es. solaio – travi - pilastri - plinti).

Se l'intervento modifica **SOSTANZIALMENTE** il comportamento globale (es. piano rigido in edificio in muratura), la verifica si estende a tutta la struttura.

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Circolare punto 8.3

“...dell'obbligatorietà della verifica è normalmente esclusa la situazione determinata da:

- 1) una variazione delle azioni che intervenga a seguito della revisione della normativa;
- 2) zonazioni che differenzino le zone ambientali (sisma, neve, vento) nel territorio italiano....”

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT08 8.4 - CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

1) ADEGUAMENTO

- a) Sopraelevazioni/ampliamenti/variazione di classe che aumentino i carichi in fondazione più del 10%
- b) Modifica dell'organismo edilizio

Va verificata **TUTTA** la struttura ma **NON** i particolari costruttivi purché se ne dimostri le capacità di resistenza, duttilità e deformabilità richieste dalle NT per i vari SLU

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 8.4 - INTERVENTI – CLASSIFICAZIONE

2) MIGLIORAMENTO

Interventi finalizzati ad aumentare la capacità di resistenza della struttura: si deve valutare l'entità massima delle azioni che possono portare i singoli elementi rinforzati e (in zona sismica) la struttura nel suo insieme.

E' l'intervento di riferimento nel caso di beni di interesse culturale nelle zone a rischio sismico

1) e 2) richiedono il collaudo statico

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 8.4 - INTERVENTI – CLASSIFICAZIONE

3) RIPARAZIONI (LOCALI)

- Interessano parti limitate della costruzione
- Riguarda solo gli elementi non adeguati alla funzione portante che devono svolgere
- Non devono alterare il comportamento globale della struttura, comportare aumento dei carichi verticali o modificare rigidezze e resistenza del complesso.

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

**RACCOLTA DELLE INFORMAZIONI E
PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI**

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 – LIVELLI E FATTORI

La "QUALITA" dell'indagine determina il
"livello di conoscenza" (LC)
della struttura e dei materiali, da cui dipendono i
"fattori di confidenza" (FC)
da applicare ai valori medi delle resistenze rilevate
per ottenere gli omologhi dei "valori caratteristici"
a cui applicare i coefficienti di sicurezza parziale

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 – RACCOLTA DELLE INFORMAZIONI

- SEMPRE **rilievo geometrico-strutturale**
Scopo: individuare
- l'organismo resistente della costruzione
- i dissesti in atto o stabilizzati (fessure, meccanismi)
e, con livelli diversi di approfondimento
- le proprietà e lo stato di conservazione dei materiali
- i dettagli degli elementi costruttivi (spesso non immediatamente visibili - es. armature c.a.)

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 – RACCOLTA DELLE INFORMAZIONI

- Rilievo geometrico - strutturale di strutture in c.a.
- Sistemi resistenti a forze orizzontali secondo x e y
 - Orditura dei solai, geometria di travi, pilastri, pareti
 - Eccentricità tra travi, pilastri e nodi
 - Armature longitudinali di travi, pilastri e pareti
 - Dettagli armature nei nodi e nelle zone critiche
 - Copriferro, sovrapposizioni delle barre

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Posizione e diametro barre di armatura

Profoscope+ & software Prolink : il report è fatto.....



F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

NT 2008 – AZIONI E RESISTENZE

AZIONI

- Struttura nuova: valori caratteristici delle azioni G e Q
- Struttura esistente: carichi permanenti effettivi (per azione sismica) + carichi variabili di norma

RESISTENZE

- Struttura nuova: resistenze caratteristiche dipendono dalla distribuzione statistica dei risultati , ad esempio

$$R_{ck} \approx R_{cm} - 8$$

- Struttura esistente: si dividono i valori medi per FC funzione di LC

LIVELLI DI CONOSCENZA

LC1/ LC2/ LC3

Conoscenza limitata/ adeguata/accurata

La classificazione è basata su:

- conoscenza della geometria della struttura (da disegni o da rilievo);
- estensione e qualità delle informazioni relative ai dettagli strutturali;
- Limitate/ estese/ esaustive prove sui materiali

LC definisce il metodo di analisi strutturale e i fattori di confidenza FC

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		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	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

**STIMA DELLE PROPRIETA' DEI MATERIALI:
TIPO, NUMERO, MODALITA',
INTERPRETAZIONE DELLE PROVE**

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Stima delle proprietà del calcestruzzo

1. Le caratteristiche meccaniche di riferimento si ottengono da campioni di calcestruzzo (carote) estratti dalla struttura e provati in laboratorio.
2. Sui risultati delle prove a rottura si calibrano i risultati delle prove non distruttive (PND) effettuate in contemporanea negli stessi punti dei prelievi
3. Individuata la calibrazione si prosegue l'indagine effettuando solo prove non distruttive.

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Proprietà dei materiali: tipo prove

PND: Prove Non Distruttive

- **UNI EN 12504 – 2 Sclerometro (REBound hammer): durezza superficiale**
- **UNI EN 12504 – 3 Estrazione (Pull out): resistenza**
- **UNI EN 12504 – 4 Ultrasuoni - ultraSONic pulse velocity: omogeneità e caratteristiche nel volume**
- **Metodo combinato SONREB**

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Voci capitolato delle prove in sito su calcestruzzo

- 1) Prelievo da strutture in c.a. tramite carotatrice secondo norma UNI EN 12504-1 di **provini cilindrici** diam. 100 mm: prova colorimetrica con fenolfaleina per la verifica della profondità di carbonatazione secondo norma UNI EN 14630; preparazione in laboratorio dei provini con spianamento delle superfici di pressione: prova di compressione monoassiale presso Laboratorio Ufficiale secondo norma UNI EN 12390-3.
- 2) Esecuzione di **prove sclerometriche** secondo norma UNI EN 12504-2 su elementi strutturali in c.a. mediante la misura della durezza superficiale del cls tramite sclerometro a massa battente dotato di stampante grafica degli indici di rimbalzo: verranno effettuate almeno 10 battute per ogni elemento strutturale indagato.
- 3) Esecuzione di **prove di Pull-out** secondo norma UNI EN 12504-3 per la verifica in situ della resistenza meccanica del calcestruzzo su elementi strutturali in c.a. mediante almeno n° 3 estrazioni per ogni zona indagata di tasselli meccanici (post inseriti) con martinetto oleodinamico fino alla rottura di un cono di cls.
- 4) Esecuzione di **indagini microsismiche** secondo norma UNI EN 12504-4 tramite l'individuazione delle caratteristiche di propagazione di onde ultrasoniche con metodologia diretta eseguite su elementi strutturali in c.a. con apparecchiatura ad ultrasuoni costituita da due sonde e da una unità di rilevazione dati: sono previste n° 3 letture per ogni zona dell'elemento strutturale indagato.

Proprietà dei materiali: numero prove

Tabella C3A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) b)(c)
	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 300 m2 di 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 300 m2 di 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 300 m2 di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Fino a un max del 50% delle prove vale "3PND x 1D"

Resistenza del calcestruzzo in opera

Simbologia:

NTC: f_{opera} EN: $f_{c, \text{is}}$ ("in situ") Linee Guida: f_c

f_{ck} : elaborazione statistica delle resistenze di prova, modificate per tenere conto del disturbo del materiale legato al prelievo e del valore minimo delle resistenze di prelievo.

Resistenza caratteristica: minore delle resistenze ottenute applicando entrambi i criteri – resistenza minima e elaborazione statistica.

Resistenza minima

NTC 2008 Nessuna indicazione

Linee Guida $f_{ck} = f_{\text{opera, min}} + 4$

EN13791 $f_{c, \text{is}} = f_{\text{is, lowest}} + 4$ ("lowest" = minima)

Le Linee Guida sono basate sulla versione preliminare (prEN) della EN 13791.

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

Interpretazione risultati per controllo tipo A

Controllo di tipo A		Età S/N		Rck					
		5		progetto	30				
				effettiva	28				
				N/mm ²					
Getto	Certif.	Coef	Classe	R_k	$R_{k, \text{min}}$	$R_{k, \text{max}}$	$R_{k, \text{min}} + 3,5$	$R_{k, \text{max}} - 3,5$	$R_{k, \text{max}}$
	n.	prova	cm	N/mm ²	N/mm ²	giorni	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Parete da quota 0,35	37130	1/3	30/4	32,5	35,08	35,41	35,25	60	31,25
		5/3	30/4	32,5	36,06	35,11	35,59	56	31,84
	37131	11/3	30/4	32,5	35,02	35,50	36,26	50	32,95
		18/3	3/5	32,5	35,32	34,72	35,02	46	32,21
		25/3	3/5	32,5	34,53	35,67	35,10	39	33,12
	31/3	3/5	32,5	35,35	34,56	34,96	33	33,92	
Getti vari	46451	10/4	4/6	42,5	39,81	40,84	40,33	55	37,54
		17/4	4/6	42,5	39,38	39,98	39,68	48	37,40
		22/4	4/6	42,5	34,90	35,39	35,15	43	33,49
Getti vari	46451	10/4	4/6	52,5	39,81	40,84	40,33	55	38,08
		17/4	4/6	52,5	39,38	39,98	39,68	48	37,85
	22/4	4/6	52,5	34,90	35,39	35,15	43	33,81	

NT 11.2.5					
$R_k \geq R_{k, \text{max}} - 3,5 \Rightarrow R_{k, \text{max}} < R_k + 3,5$					
$R_k \geq R_{k, \text{min}} + 3,5 \Rightarrow R_{k, \text{min}} > R_k - 3,5$					
t_0	$f_c(t_0)$ (per CEM)	$E_c(t_0)$ (per CEM)	$f_c(t)$	$E_c(t)$ (per CEM)	$f_c(28)$
3	0,68	0,78	0,82	0,89	0,93
7	0,85	0,90	0,92	0,95	0,97
14	0,95	0,98	0,99	1,00	1,00
28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
90	1,18	1,12	1,09	1,05	1,03
180	1,26	1,16	1,11	1,07	1,05
360	1,30	1,19	1,15	1,08	1,05
1000	1,37	1,23	1,18	1,10	1,06

$$\frac{f_c(t)}{f_c(28)} = e^{\left[1 - \sqrt{28/t}\right]}$$

Applicazione della correlazione a altra zona

Elemento	Data getto	Data prova	Direz.	Indice di rimbalzo R_i									$R_{mediana}$	Esito prova	f_{ck} N/mm ²	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9				
C1A	15/7	14/1	O	38,2	39,7	40,8	40,7	41,6	40,3	40,0	38,1	40,4	40,3	SI	40,3	61,4
C1B	15/7	14/1	O	37,2	37,0	35,5	34,8	36,1	32,0	33,4	34,6	37,0	35,5	SI	35,5	53,0
C2A	15/7	14/1	O	33,2	32,7	36,3	36,3	37,5	40,4	35,0	36,8	35,2	36,3	SI	36,3	54,4
C2B	15/7	14/1	O	32,0	33,8	35,5	33,1	32,9	30,9	31,0	34,6	32,0	32,9	SI	32,9	48,5
C3A	15/7	14/1	O	35,2	36,6	36,1	35,9	35,1	35,6	34,8	37,0	35,1	35,6	SI	35,6	53,2
C3B	15/7	14/1	O	33,5	36,8	34,3	34,6	37,9	34,2	32,2	32,5	31,5	34,2	SI	34,2	50,8
C4A	15/7	14/1	O	36,1	36,1	36,8	38,0	36,9	36,0	36,2	35,8	37,5	36,2	SI	36,2	54,3
C4B	15/7	14/1	O	37,3	35,8	35,8	36,7	34,7	35,2	36,9	35,1	37,8	35,8	SI	35,8	53,6
SOLL1A	15/7	14/1	A	40,8	43,0	41,7	43,1	47,0	49,7	41,0	53,1	43,7	43,1	NO	-	-
SOLL1B	15/7	14/1	A	44,7	43,7	40,5	48,9	47,7	52,1	41,7	49,0	42,2	44,7	SI	40,7	62,1

Resistenza caratteristica - EN13791 par. 7.3

Metodo	n	appr.	$f_{ck,mini}$ N/mm ²	$f_{ck,maxi}$ N/mm ²	$f_{ck,1,485/K}$ N/mm ²	$f_{ck,k}$ N/mm ²	$f_{ck,0,95}$ N/mm ²	età giorni	$f_{ck,28}$ N/mm ²	$f_{ck,28}$ N/mm ²	$f_{ck,28}/0,85$ N/mm ²	
Sclerom.	9	B	48,5	52,5	54,6	6	48,6	48,6	183	1,13	43,0	50,6

In questa zona il calcestruzzo ha R_{ck} 50 N/mm²

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011

ASSEVERAZIONE DEGLI EDIFICI IN C.A. : PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI E INTERPRETAZIONI DEI RISULTATI

Grazie per l'attenzione!



Francesco Biasioli
Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica
Politecnico di Torino

F. Biasioli – Seminario Tecnico CIAS – Varese, 8/4/2011