

Considerazioni sulla valutazione sperimentale della resistenza meccanica del calcestruzzo

Giovanni Menditto

già professore ordinario di Scienza delle Costruzioni, Università Politecnica delle Marche

Nazzareno Nardone

laboratorio sperimentale autorizzato TE.MA.CO., Vasto San Salvo (CH)

SOMMARIO

La valutazione della resistenza meccanica a compressione (potenziale) di un calcestruzzo deve seguire attualmente le indicazioni del D.M. 09.01.1996 (punto 3, all. 1) e precisamente della UNI 6132 (febbraio 1972) e, dal primo gennaio 2008, la UNI EN 12390-3 e 4 di cui alle “Norme Tecniche per le Costruzioni”. Entrambe le UNI citate prevedono che il campione standard possa essere differentemente preparato (cappatura o rettifica meccanica) per la prova di schiacciamento alla pressa, ritenendo la rettifica meccanica come probante in caso di controversia, concordamente anche a quanto previsto al punto A.3.4 della pEN 13791 (final draft).

Gli Autori hanno intrapreso una campagna di prove sperimentali su strutture realizzate che, con riferimento alla valutazione della resistenza meccanica di un calcestruzzo, hanno l’obiettivo di evidenziare eventuali differenze tra i risultati ottenuti da provini standard cappati o meccanicamente rettificati; di verificare l’equivalenza tra le risultanze ottenute da provini cubici standard e provini cilindrici con rapporto unitario altezza-diametro; di proporre relazioni che consentano di risalire dalla resistenza attuale a quella potenziale.

Si riferisce sui primi risultati ottenuti.

1. INTRODUZIONE

La resistenza meccanica di un conglomerato cementizio viene valutata con lo schiacciamento alla pressa di provini standard (cubici o cilindrici) ricavati da materiale fresco, seguendo le indicazioni di cui al punto 3, all. 1 al D.M. 09.01.1996 (S.O. n° 29 della G.U. dello 05.02.1996, S.G.) e le indicazioni della UNI 6132 (febbraio 1972).

Le “Norme tecniche per le Costruzioni” (punto 11.1.4), emanate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con decreto 14.09.2005 (S.O. n. 159 alla G.U. n° 222 del 23.09.2005, S.G.), che dovrebbero entrare in vigore con il prossimo primo gennaio 2008, e la UNI EN 12390-3 e 4 reiterano le indicazioni della vigente normativa.

In ogni caso, conformemente anche a quanto previsto al punto A.3 della pEN 13791, giugno 2006 (final draft), il campione standard (fig. 1) va preparato mediante cappatura (fig. 2) o rettifica meccanica (fig. 3) ritenendo quest’ultima probante in caso di controversia.



Figura 1 – Provino cilindrico



Figura 2a – Preliminare all'operazione di cappatura



Figura 2b – Dispositivo per l'operazione di cappatura



Figura 2c – Provino allocato nel dispositivo di cattura



Figura 2d – Controllo della regolarità dell'operazione di cattura



Figura 2e – Provino cappato



Figura 3a – Posizionamento provino per l'operazione di rettifica meccanica



Figura 3b – Posizionamento finale del provino per l'operazione di rettifica meccanica



Figura 3c – Macchina operatrice per la rettifica meccanica

Spesso le modalità alternative di preparazione hanno dato luogo a controversie tra confezionatori ed utilizzatori, talvolta anche con conseguenze di rilevanze penali (frode in fornitura), sicché è apparsa l'opportunità di verificare sperimentalmente se le modalità di preparazione abbiano ad incidere ed in quale misura sui risultati dello schiacciamento alla pressa dei vari provini standard.

Inoltre poiché le "Norme tecniche per le costruzioni" indicano l'equivalenza dei risultati ottenuti su provino cubico con quelli di una carota cilindrica avente eguale ad uno il rapporto diametro-altezza, si è ritenuto dover effettuare una verifica di tale proposizione.

Altro frequente motivo di contestazione è quello delle differenti modalità seguite nella valutazione della resistenza potenziale di un conglomerato a partire da quella attuale ottenuta dall'esito di un carotaggio (o microcarotaggio) sulle strutture in opera (calcestruzzo indurito). In mancanza di una specifica normativa vengono utilizzate formule recepite nella letteratura specialistica (L'Industria Italiana del Cemento [1], la Prefabbricazione [2], In Concreto [3]), in capitolati di appalto (Italferr – Sis – T.A.V. S.p.A.), in normative internazionali (British Standard Institution Concrete Society [4], FEMA [5]), in linee guida proposte da enti nazionali (A.N.A.S. [6], Regione Toscana [7]). Tutte queste relazioni purtroppo difettano di generalizzazione e valutano in modo forfettario l'influenza che i vari fattori (grado di compattazione del conglomerato in opera, ambiente di maturazione, direzione del carotaggio rispetto a quella del getto, azioni di disturbo a seguito delle operazioni di estrazione, età di stagionatura, effetto forma) hanno sull'esito della prova. In genere le formule a disposizione conducono a valutazioni in eccesso dovendo rappresentare tutti i fattori di incidenza nei loro massimi effetti.

Valutazioni più accurate si possono ottenere analizzando l'incidenza quantitativa dell'effetto della coppia torcente nell'estrazione del campione e nella sua successiva preparazione, del grado di compattazione, dell'età di stagionatura [8].

Da quanto rappresentato è scaturita l'opportunità di predisporre un programma di ricerca mirato ad approfondire le tematiche prospettate.

Gli Autori nella presente comunicazione riferiscono sui primi risultati ottenuti per:

- a. - evidenziare eventuali differenze tra gli esiti dei provini standard cubici cappati e quelli meccanicamente rettificati;
- b. - verificare che la caratteristica meccanica del conglomerato cementizio valutata su provini standard cubici coincida con quella ottenuta da carote aventi altezza pari al diametro;
- c. - rilevare in quale rapporto tale coincidenza sia con la classe di resistenza.

2. PRIMI RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI PROVE

I primi risultati della campagna di prove si possono così sintetizzare:

- a. - è stato condotto un confronto della resistenza meccanica a compressione ottenuta saggiando provini standard cubici di 150 mm. di lato e carote cilindriche molate con rapporto altezza-diametro eguale ad uno, sia per un conglomerato cementizio di classe C 25/30 che di classe C 35/45 (secondo EN 206-1).

Gli esiti del confronto sono consegnati rispettivamente nelle Tabb. 1 e 2 e rappresentati nelle figg. 4 e 5.

Tab. 1

Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici, lato mm. 150 e carote molate (h/d = 1), conglomerato C 25/30.



opera	provino cubico mm. 150			carota molata (*)		
	r1	r2	v.m.	r'1	r'2	v.m.'
	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.
1	18,29	22,26	20,28	19,79	22,94	22,39
				23,67	23,14	
2	22,44	23,22	22,83	18,96	14,99	21,01
				13,77	36,32	
3	34,43	18,14	26,29	22,64	22,1	21,65
				22,99	18,87	
4				13,62	16,43	15,89
				16,74	16,77	
5	12,01	11,15	11,58	18	14,98	16,15
				15,72	15,9	
6	18,31	17,01	17,66	16,09	16,57	17,42
				18,02	18,98	
7	18,97	17,96	18,47	14,33	13,26	14,16
				13,3	15,76	
8				25,29	27,46	22,74
				16,96	21,26	
9				32,91	31,99	25,82
				24,82	13,57	
10				21,19	20,29	23,61
				23,29	29,68	

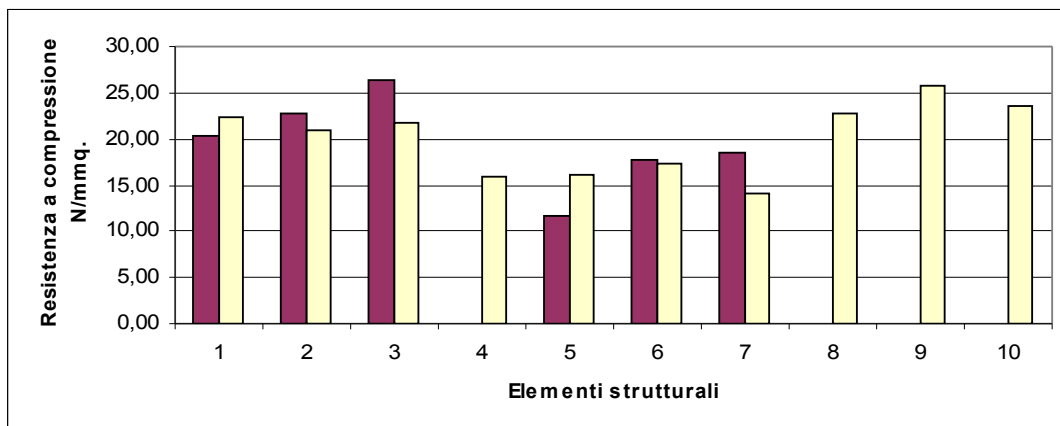


Figura 4 – Confronto della resistenza a compressione su provini cubici e carote molate (C 25/30)

Tab. 2

Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici lato mm. 150 e carote molate (rapporto h/d = 1), conglomerato cementizio C 35/45.

opera	provino cubico mm. 150 (*)			carota molata (*)		
	r1	r2	v.m.	r'1	r'2	v.m.1
	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.
1	20,62	20,76	20,69	22,94	24,23	27,19
				20,37	27,28	
				30,25	30,9	
				34,39	-	
2	31,12	33,1	32,11	36,69	28,98	32,50
				27,15	27,22	
				41,31	33,62	
3	26,38	26,23	26,31	28,61	34,86	30,14
				22,42	28,94	
				35,85	-	
4	31,39	31,21	31,30	23,19	26,72	23,11
				22,6	16,43	
				23,23	26,48	
5	28,81	28,1	28,46	22,34	22,25	24,33
				39,55	24,34	
				21,2	16,32	
6	30,21	31,57	30,89	20,61	27,46	26,37
				27,65	30,09	
				22,99	27,59	
				28,18	-	
7	24,12	18	23,43	22,33	25,76	24,28
	25,79	25,79		20,35	21,97	
				22,01	29,24	
				32,75	19,09	
				25,04	-	
8	30,21	30,33	26,56	30,09	26,17	26,10
	22,26	23,42		32,01	24,67	
				15,99	25,14	
				29,18	26,15	
				25,52	-	

* resistenze determinate tra laboratori diversi

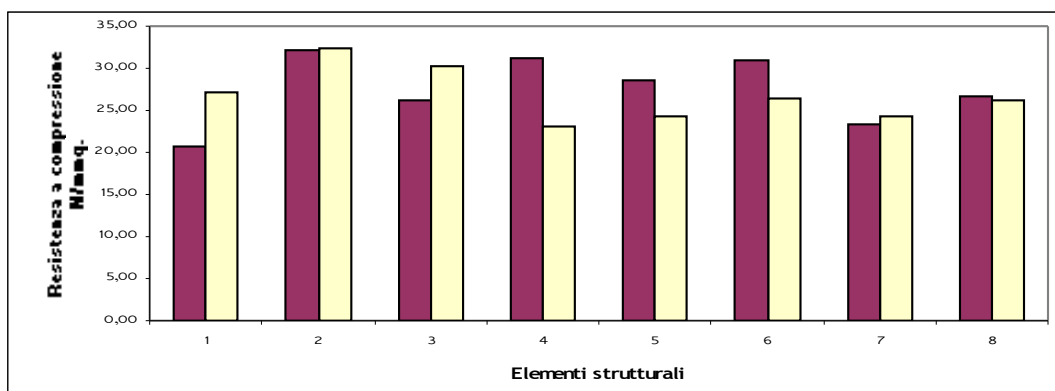


Figura 5 – Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici e carote molate (C 35/45)

L'esame dei risultati conferma che, indipendentemente dalla classe del conglomerato, la resistenza meccanica ottenuta da provini cubici standard coincide con quella fornita da carote cilindriche con rapporto unitario altezza-diametro.

b. - nelle tabb. 3, 4, 5 e nei diagrammi delle figg. 6, 7, 8 è presentato un confronto dell'esito delle prove su provini cubici standard di lato 150 (fig. 9), su carote molate e su carote cappate (entrambe con rapporto unitario altezza-diametro).

Anche in questi casi non si sono registrate sostanziali variazioni nei risultati (differenze dal 5% al 16%).

Tab. 3

Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici lato mm. 150, carote molate e carote cappate (rapporto $h/d = 1$) su conglomerato cementizio C 35/45 (pali di fondazione).



opera	provino cubico mm. 150			carota molata (*)			carota cappata (*)		
	r1	r2	v.m.	r'1	r'2	v.m.'	r''1	r''2	v.m. ''
	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .	N/mm ² .
1	-	-	-	60,59	51,8	56,20	63,05	55,2	59,13
2	45,64	46,52	46,08	27,28	33,6	30,44	34,16	34,2	34,18
3	38,54	38,9	38,72	46,61	45,9	46,26	49,72	51,1	50,41
4	-	-	-	38,93	40,6	39,77	42,8	41,8	42,30
5	-	-	-	52,4	51,3	51,85	50,62	51,3	50,96
6	38,54	40,59	39,565	45,65	46,6	46,13	48,64	46,9	47,77
7	42,88	41,44	42,16	58,03	59,1	58,57	58,17	62,2	60,19
8	-	-	-	42,63	48,6	45,62	46,56	48,6	47,58
9	39,24	39,32	39,28	37,56	41,7	39,63	37,37	42	39,69
10	39,27	39,73	39,5	45,75	53,8	49,78	49,22	55,8	52,51

(*) resistenze determinate tra laboratori diversi su carote ricavate dallo stesso carotaggio :

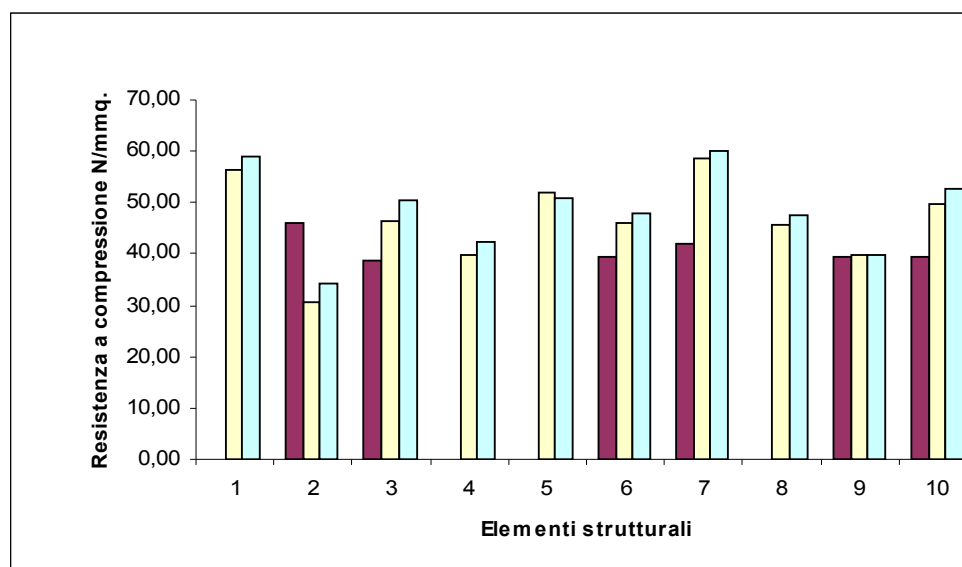


Figura 6 – Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici, carote molate e carote cappate (rapporto altezza – diametro = 1; C 35/45).

Tab. 4

Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici lato mm. 150, carote molate e carote cappate (rapporto $h/d = 1$) su conglomerato cementizio C 35/45 (strutture in elevazione).



opera	provino cubico mm. 150			carota molata (*)			carota cappata (*)		
	r1	r2	v.m.	r'1	r'2	v.m.'	r''1	r''2	v.m. "
	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.
1				34,89		34,89	40,93		40,93
2				35,22		35,22	35,29		35,29
3	43,9	42,63	43,27	34,21		34,21	34,57		34,57
4	40,35	38,54	39,45	36,14		36,14	37,11		37,11
5	39,92	38,91	39,42	37,77		37,77	41,07		41,07
6	45,7	48,1	46,90	39,93		39,93			
7	42,33	39,16	40,75						
8	40,89	39,22	40,06	35,62		35,62	37,34		37,34
9				45,66		45,66			
10	38,72	39,34	39,03						
11	42,66	40,01	41,34						
12				34,39		34,39			
13				34,22		34,22			
14	38,45	38,48	38,47						
15	51,9	55,3	53,60	39,76		39,76			
16	44	44,9	44,45	43,55		43,55			
17	44,16	42,99	43,58						
18				28,64		28,64			
19	38,97	39,79	39,38						
20	46,4	47,6	47,00	40,45		40,45			
21	46,8	44,9	45,85	39,04		39,04			
22	40,63	40,16	40,40						
23									
24	40,24	42,76	41,50	37,85		37,85			
25	44,44	44,07	44,26						

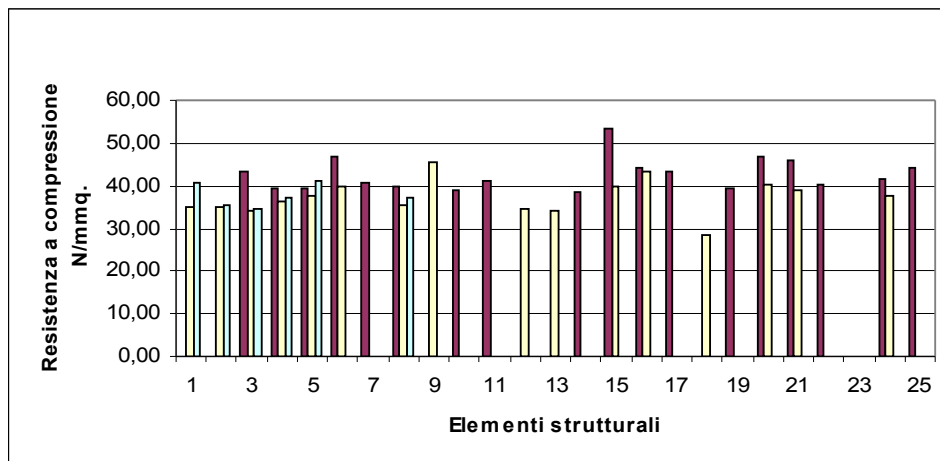


Figura 7 – Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici, carote molate e carote cappate (rapporto altezza – diametro eguale ad 1; C 35/45).

Tab. 5

Confronto delle resistenze a compressione su provini cubici lato mm. 150, carote molate e carote cappate (rapporto h/d = 1) su conglomerato cementizio C 35/45.



opera	provino cubico mm. 150			carota molata (*)			carota cappata (*)		
	r1	r2	v.m.	r'1	r'2	v.m.'	r''1	r''2	v.m.''
	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.	N/mmq.
4	41,7	44,4	43,05	27,56	29,77	30,23			
				30,65	32,92				
11				37,27	36,26	36,77			
12	42,5	42,2	42,35	31,83	30,96	31,40			
13	49,2	50,5	49,85	41,33	43,36	42,35			
13'	39,34	39,99	39,67	42,13	43,37	42,75			
14	43,13	43,58	43,36	41,82	39,36	40,59			
19	41,74	42,1	41,92	36,31	35,12	35,72			
24	44,67	43,88	44,28	35,17	37,05	36,11			

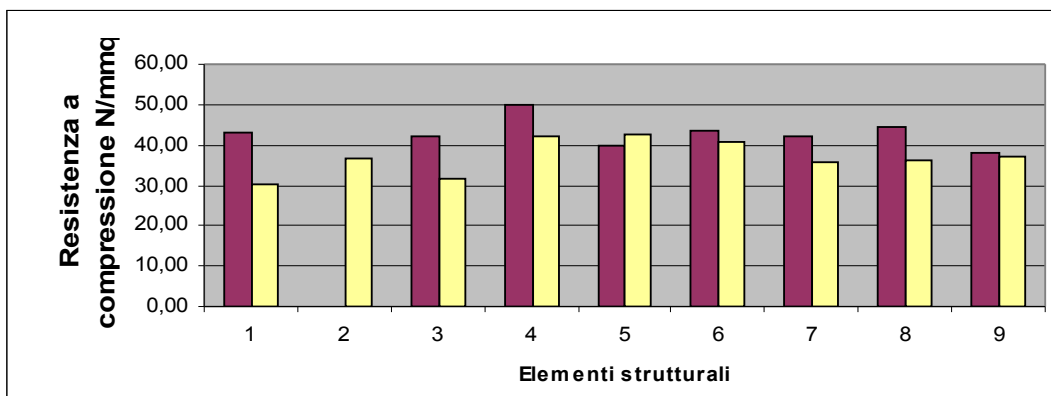


Figura 8 – Confronto tra resistenza a compressione su provini cubici, carote molate e carote cappate (rapporto altezza – diametro eguale ad 1; C 35/45).

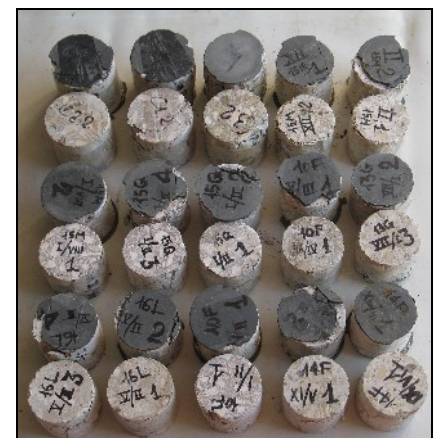
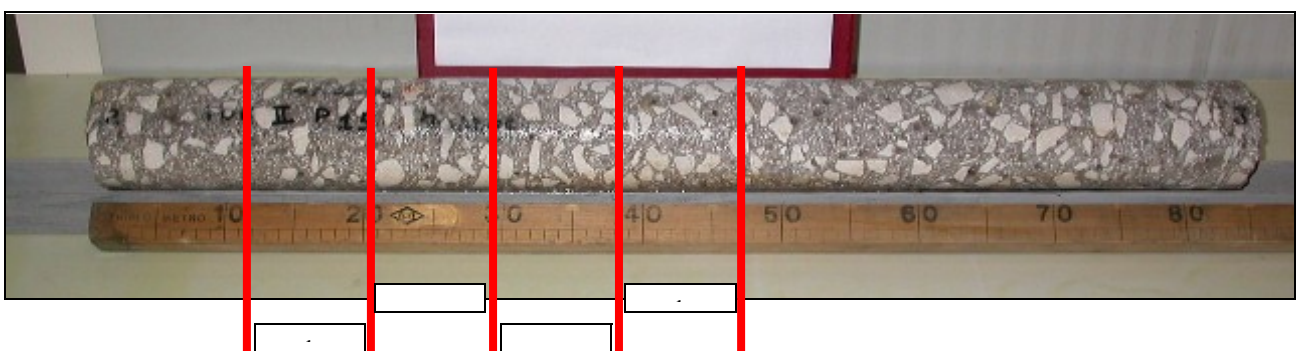


Figura 9 – Carote saggate.

3. CONCLUSIONI

Dai primi risultati dell'indagine programmata si può dedurre:

- i) - la valutazione della resistenza meccanica di un calcestruzzo ottenuta su provini cubici standard di lato 150 mm. o su carote cilindriche aventi rapporto altezza-diametro eguale ad uno porta agli stessi valori e tale coincidenza è indipendente dalla classe del conglomerato;
- ii) - risultano irrilevanti le differenze tra i valori meccanici ottenuti da provini cappati e da quelli rettificati.

4. BIBLIOGRAFIA

1. M. Cestelli Guidi, G. Morelli - "Valutazione delle resistenze dei calcestruzzi su strutture finite". L'Industria italiana del cemento n. 3, 1981, pp. 195-205.
2. P. Bocca - "Sul microcarotaggio – Basi teoriche e prime esperienze". La Prefabbricazione, novembre 1986, pp. 651-664.
3. "Prescrizioni per il calcestruzzo. Caratteristiche dei costituenti e delle miscele. Produzione. Trasporto. Controllo. Posa in opera e stagionatura del calcestruzzo". In Concreto n° 25, ottobre 1998.
4. British Standard Institution (BS) 6089, 1981 - Methods of testing concrete British Concrete Society Technical Working Party, Report n. 11, Concrete testing for strength, 1976.
5. "Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings", Federal Emergency Management Agency (FEMA), October, 1997, Washington D.C.
6. M. Marcori, G. Scaramuzzi, V. Alunno Rossetti, M. Mele, G. Fontanieri - "Durabilità delle opere stradali", § 2.7.2. Notiziario del Bollettino Ufficiale A.N.A.S., gennaio, febbraio, marzo, 1988.
7. Regione Toscana – Giunta Regionale – Settore Sismico Regionale Programma VSCA – Istruzioni tecniche. Criteri per lo svolgimento di indagini diagnostiche finalizzate alla valutazione della qualità dei materiali in edifici esistenti in cemento armato, luglio 2004.
8. G. Menditto – "Le indagini semidistruttive e non distruttive nell'ingegneria civile". Pitagora ed. Bologna (in corso di stampa).