

Riccardo Mariotti

ZONE SISMICHE

PROGETTI E PRATICHE PER IL GENIO CIVILE

PROCEDURE PER LA PRESENTAZIONE DEI PROGETTI E RELATIVA DOCUMENTAZIONE

- PROGETTO E VERIFICA SEZIONI IN CEMENTO ARMATO
CON IL METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI
- MATERIALI DA UTILIZZARE E DURABILITÀ DELLE OPERE
- DIMENSIONAMENTO DEL COPRIFERRO
- PARTICOLARI COSTRUTTIVI: TRAVI, PILASTRI,
MURI IN C.A., FONDAZIONI, SCALE E SOLAI



CD-ROM INCLUSO

BANCA DATI NORMATIVA E MODULISTICA DI RIFERIMENTO


GRAFILL

Riccardo Mariotti

ZONE SISMICHE – PROGETTI E PRATICHE PER IL GENIO CIVILE

ISBN 13 978-88-8207-458-6

EAN 9 788882 074586

Manuali, 116

Prima edizione, gennaio 2012

Mariotti, Riccardo <1961->

Zona sismiche : progetti e pratiche per il Genio Civile / Riccardo Mariotti. –
Palermo : Grafill, 2012.

(Manuali ; 116)

ISBN 978-88-8207-458-6

1. Edifici in cemento armato – Zone sismiche.

624.18341 CDD-22

SBN Pal0238707

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di gennaio 2012

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	7
1. MATERIALI	"	9
1.1. Calcestruzzo	"	9
1.1.1. Calcestruzzo indurito	"	10
1.1.2. Resistenze caratteristiche a compressione di calcolo	"	11
1.1.3. Fattori che influenzano la resistenza del calcestruzzo	"	11
1.2. Acciaio	"	12
1.3. Controllo di accettazione calcestruzzo (cap. 11.2 e 11.3 del D.M. 14-01-2008)	"	14
1.4. Controllo accettazione acciaio	"	15
2. ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO	"	17
2.1. Le travi	"	17
2.2. Pilastri	"	31
2.3. Nodi trave pilastro	"	40
2.4. Pareti in cemento armato	"	43
2.5. Tamponamenti e strutture secondarie	"	46
2.5.1. Elementi secondari	"	46
2.5.2. Verifica tamponamenti	"	47
2.5.3. Effetti dei tamponamenti sul comportamento strutturale	"	48
2.5.4. Armature travi di accoppiamento	"	53
2.6. Le scale	"	53
2.6.1. Scala con trave a ginocchio e gradini a sbalzo	"	55
2.6.2. Scala a soletta rampante	"	56
2.7. Solai	"	56
2.7.1. Solai a nervature parallele	"	57
2.7.2. Verifica di deformabilità	"	59
2.7.3. Solai a nervature incrociate	"	61
2.7.4. Verifica per carichi concentrati	"	61
2.7.5. Verifica carichi orizzontali distribuiti sui parapetti dei terrazzi	"	63
2.8. Le fondazioni	"	64
2.8.1. Modello geotecnico	"	65
2.8.2. Carico di rottura del terreno	"	65

2.8.3.	Criteri generali di progetto	p.	68
2.8.4.	Le onde sismiche	"	68
2.8.5.	Fenomeni di liquefazione	"	71
2.8.6.	Amplificazione locale del suolo	"	73
2.8.7.	Fondazioni superficiali	"	73
2.9.	Fondazioni a plinto	"	82
2.9.1.	Verifica al punzonamento di lastre soggette a carichi concentrati	"	84
2.10.	Collegamenti orizzontali tra fondazioni	"	86
2.11.	Fondazioni a trave rovescia	"	86
2.12.	Platee	"	90
2.13.	Cedimenti	"	91
2.13.1.	Cedimenti assoluti e differenziali ammissibili	"	94
2.14.	Cenni alle fondazioni indirette su pali	"	94
2.14.1.	Ripartizione del carico in una palificata	"	96
2.14.2.	Sintesi normativa fondazioni su pali punto § 6.4.3 del D.M. 2008	"	98
3.	DURABILITÀ DELLE OPERE E SCELTA DEL COPRIFERRO MINIMO	"	103
3.1.	Classi di esposizione del calcestruzzo	"	105
3.2.	Classi di consistenza del calcestruzzo	"	106
4.	DISTANZA TRA COSTRUZIONI CONTIGUE	"	111
5.	TIPOLOGIE STRUTTURALI		
	E RISOLUZIONE DELLO SCHEMA STATICO	"	113
5.1.	Carichi verticali e masse	"	114
5.1.1.	Pesi propri dei materiali strutturali	"	114
5.1.2.	Carichi permanenti non strutturali (G2)	"	114
5.1.3.	Elementi divisorii interni (tramezzi)	"	114
5.1.4.	Carichi variabili	"	115
5.1.5.	Carico neve	"	116
5.1.6.	Azione del vento	"	116
5.2.	Combinazione delle azioni	"	121
5.3.	Baricentro delle masse e delle rigidità	"	123
5.4.	Il fattore di struttura	"	127
5.5.	Strutture a telaio	"	136
5.6.	Strutture a pareti	"	138
5.7.	Strutture miste telaio-pareti	"	140
5.8.	Strutture deformabili torsionalmente	"	140
5.9.	Strutture a pendolo inverso	"	140
5.10.	Criteri di progetto	"	140
5.11.	Regolarità delle strutture	"	142

5.12.	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali	p.	144
5.12.1.	Cenni ai metodi di analisi	"	145
5.12.2.	Altezza massima dei nuovi edifici.....	"	152
6.	VERIFICA SISMICA PER COSTRUZIONI IN ZONA 4	"	153
6.1.	Analisi statica lineare secondo il D.M. 16-01-1996.....	"	154
7.	PROCEDURE DI PRESENTAZIONE PRATICHE GENIO CIVILE E DOCUMENTAZIONE TECNICA DI PROGETTO	"	155
7.1.	Documentazione	"	155
7.2.	Varianti sostanziali e non sostanziali al progetto	"	160
7.3.	Opere di trascurabile importanza	"	161
8.	ANALISI E VERIFICHE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO	"	163
8.1.	Relazione di accettabilità dei risultati – Esempio di calcolo	"	164
8.2.	La trave continua (equazioni dei tre momenti)	"	175
9.	COLLAUDO STATICO IN CORSO D'OPERA	"	179
9.1.	Il collaudo statico	"	179
9.2.	Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera	"	185
9.2.1.	Controlli distruttivi	"	185
9.3.	Prove di carico	"	189
9.3.1.	Le prove con carichi distribuiti.....	"	189
9.3.2.	Le prove con carichi concentrati	"	189
9.3.3.	Le prove di carico sui pali di fondazione	"	189
10.	COSTRUZIONI ESISTENTI	"	191
10.1.	Criteri generali di progettazione.....	"	192
10.2.	Valutazione della sicurezza	"	194
10.3.	Classificazione degli interventi	"	196
10.3.1.	Intervento di adeguamento	"	197
10.3.2.	Intervento di miglioramento	"	198
10.3.3.	Riparazione o intervento locale	"	198
10.4.	Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	"	199
10.5.	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	"	200
10.6.	I livelli di conoscenza per costruzioni in cemento armato o acciaio (C8A.1.B.3)	"	200
10.7.	I livelli di conoscenza per le costruzioni in muratura portante (C8A.1.A.4)	"	203
10.8.	Costruzioni in cemento armato	"	204

10.8.1. Stato limite di collasso.....	p.	205
10.8.2. Stato limite di salvaguardia della vita	"	207
10.8.3. Stato limite di esercizio	"	207
10.8.4. Sintesi dei criteri di analisi e di verifica della sicurezza	"	209
10.9. Criteri e tipi di intervento	"	209
10.10. Progetto dell'intervento	"	211
10.11. Cenni alle tecniche di consolidamento.....	"	212
10.11.1. Applicazione di lamine in acciaio con la tecnica del "beton plaqu�" (rif. C8A.7.2 del D.M. 16-01-2008)	"	212
10.11.2. Rinforzo con fibre a matrice polimerica (FRP) (rif. C8A.7.3 del D.M. 16-01-2008)	"	213
10.11.3. Incamiciatura con nuove armature (rif. C8A.7.1 del D.M. 16-01-2008)	"	214
 APPENDICE	"	218
 12. GUIDA ALL'INSTALLAZIONE E ALL'USO DEL SOFTWARE	"	233
12.1. Contenuti del CD-ROM	"	233
12.2. Requisiti minimi hardware e software	"	233
12.3. Procedura per la richiesta della password utente	"	233
12.4. Procedura per l'installazione del software	"	234
12.5. Primo avvio, registrazione ed uso del software	"	234
 BIBLIOGRAFIA	"	236

PREFAZIONE

Questa pubblicazione rappresenta la continuazione e l'approfondimento del precedente volume *“Edifici antisismici in cemento armato”*.

Nel testo si fa riferimento ad alcuni elementi tipici degli edifici in cemento armato secondo il metodo agli stati limite, in osservanza delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14-01-2008 e della Circolare n. 617 del 02-02-2009.

Il volume analizza gli aspetti pratici e teorici della progettazione:

- materiali da utilizzare con riferimento alla durabilità delle opere e scelta del copriferro; controlli di accettazione in cantiere dei materiali;
- travi: analisi tecnologica e statica di travi a spessore e travi ricalate o emergenti;
- pilastri: analisi tecnologica e statica;
- pareti in cemento armato;
- scale: alcune tipologie ed elementi tecnologici, scale con travi a ginocchio e gradini a sbalzo, scale a soletta rampante;
- solai: a soletta piena; prefabbricati; gettati in opera; con travetti in cemento armato o laterocemento con blocchi di alleggerimento (pignatte) gettati in opera o parzialmente prefabbricati; solai a nervature incrociate
- fondazioni: aspetto geotecnico-meccanico dei terreni; aspetto tecnico-statico; cedimenti assoluti e differenziali; principali fondazioni dirette, travi rovesce, plinti, platee; cenni sulle fondazioni su pali;
- elementi secondari quali: tamponamenti, verifiche locali nei solai;
- verifica sismica per costruzioni in zona 4;
- giunti sismici e distanza tra costruzioni contigue;
- tipologie delle strutture in cemento armato con indicazione circa la soluzione dello schema statico e di schemi semplificati come le travi continue; analisi dei carichi statici e dinamici; fattore di struttura e spettro di progetto;
- interventi locali, di miglioramento o adeguamento sismico su costruzioni esistenti in cemento armato.

Il testo analizza anche le procedure per la presentazione delle pratiche agli Uffici del Genio Civile con l'indicazione della documentazione necessaria di progetto. Un capitolo è dedicato anche al collaudo statico in corso d'opera e alle procedure di indagine sui materiali.

In appendice è riportato un prontuario con l'indicazione delle principali formule da utilizzare nel progetto e verifica delle sezioni secondo il metodo agli Stati Limite Ultimi e di esercizio.

Cascina (PI), dicembre 2011

Ing. Riccardo Mariotti

MATERIALI

▼ 1.1. Calcestruzzo

Il calcestruzzo si distingue in due categorie: calcestruzzo a composizione garantita e calcestruzzo a prestazione garantita.

Il calcestruzzo a prestazione garantita può essere specificato dal progettista come una miscela progettata con riferimento alle proprietà meccaniche richieste al calcestruzzo.

Il calcestruzzo a composizione richiesta o garantita può essere specificato, su richiesta della Stazione Appaltante come miscela prescritta prescrivendo la composizione in base ai risultati di prove preliminari effettuate secondo la procedura di seguito definita, o in base all'esperienza a lungo termine acquisita su calcestruzzo simile.

Per il calcestruzzo a «miscela progettata» il progettista ha la responsabilità di specificare le prestazioni richieste ed ulteriori caratteristiche e per il quale il produttore è responsabile della fornitura di una miscela conforme alle prestazioni richieste ed alle ulteriori caratteristiche.

Per miscela a composizione richiesta si intende un calcestruzzo del quale il progettista specifica la composizione della miscela ed i materiali da utilizzare. Il produttore è responsabile della fornitura della miscela specificata così come richiesta, ma non risponde delle prestazioni effettive della stessa.

Nel caso di calcestruzzo a composizione richiesta, occorre presentare una documentazione delle prove preliminari effettuate, volte a garantire che la composizione richiesta sia adeguata per soddisfare tutti i requisiti riguardanti le prestazioni del calcestruzzo nella fase fresca ed indurita, tenendo conto dei materiali componenti da utilizzare e delle particolari condizioni del cantiere.

I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione garantita, da indicarsi in tutti i casi, comprendono:

- a) classe di resistenza;
- b) massima dimensione nominale degli aggregati;
- c) prescrizioni sulla composizione del calcestruzzo a seconda della sua destinazione d'uso (per es. classe di esposizione ambientale; calcestruzzo semplice o armato, normale o precompresso);
- d) classe di consistenza.

Se del caso, dovranno essere determinate le seguenti caratteristiche, secondo le linee guida sul calcestruzzo strutturale del Consiglio Superiore sui Lavori Pubblici:

- 1) caratteristiche del calcestruzzo indurito:
 - resistenza alla penetrazione dell'acqua ai fini della permeabilità;
 - resistenza ai cicli di gelo e disgelo;
 - resistenza all'azione combinata del gelo e di agenti disgelanti;
 - resistenza agli attacchi chimici;
 - requisiti tecnici aggiuntivi.

2) caratteristiche della miscela:

- tipo di cemento;
- classe di consistenza;
- contenuto d'aria;
- sviluppo di calore durante l'idratazione;
- requisiti speciali riguardanti gli aggregati;
- requisiti speciali concernenti la resistenza alla reazione alcali silice;
- requisiti speciali riguardo alla temperatura del calcestruzzo fresco;
- requisiti tecnici aggiuntivi.

Nel caso di calcestruzzo preconfezionato, vanno considerate anche condizioni supplementari relative al trasporto ed alle procedure di cantiere quali tempo e frequenza delle consegne, trasferimento per pompaggio ecc..

1.1.1. Calcestruzzo indurito

La resistenza a compressione del calcestruzzo viene espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore al di sotto del quale viene a trovarsi dal punto di vista probabilistico il 5% dell'insieme di tutti i possibili valori di resistenza misurati sul calcestruzzo in esame.

Classi di resistenza a compressione

Il calcestruzzo è classificato in base alla resistenza a compressione, espressa come resistenza caratteristica R_{ck} oppure f_{ck} . La resistenza caratteristica R_{ck} viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cubi di 150 mm di lato; la resistenza caratteristica f_{ck} , viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza; i valori, espressi in N/mm^2 , risultano compresi in uno dei seguenti campi:

- calcestruzzo non strutturale: C8/10 – C12/15;
- calcestruzzo ordinario: C16/20 – C45/55;
- calcestruzzo ad alte prestazioni: C50/60 – C60/75;
- calcestruzzo ad alta resistenza: C70/85 – C100/115.

Non è ammesso l'uso di conglomerati di classe inferiore a C20/25 per costruzioni in zona sismica.

Per ciascuna classe di calcestruzzo impiegato devono essere conosciuti e riportati nelle relazioni di calcolo i seguenti valori caratteristici:

- resistenza di calcolo a trazione (f_{ctd}); la resistenza a trazione del calcestruzzo dovrà essere prescritta e misurata o come resistenza «indiretta» (per spacco, $f_{ct,sp}$, prova brasiliana; a flessione, $f_{ct,fl}$, prova su tre punti; rispettivamente UNI 6135 e UNI 6130) o come resistenza «diretta» (prova assiale, f_{ct} , RILEM CPC7 ovvero ISO 4108).

La resistenza media a trazione f_{ctm} , può anche essere espressa, in via approssimata, sempre a 28 giorni, dai risultati della prova di trazione indiretta, oppure tramite la seguente relazione (FIP-CEB MC90 ed EC2):

$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3} = 0,27 R_{ck}^{2/3}$ (N/mm^2). La resistenza caratteristica a trazione f_{ctk} può essere assunta pari a $f_{ctk} = 0,70 f_{ctm}$.

- resistenza a rottura per flessione (f_{cfm});
- resistenza tangenziale di calcolo (t_{Rd});
- modulo elastico normale (E);

- modulo elastico tangenziale (G);
- coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale (γ_c);
- resistenza cubica caratteristica del materiale (R_{ck});
- coefficiente di omogeneizzazione;
- peso specifico;
- coefficiente di dilatazione termica.

1.1.2. Resistenze caratteristiche a compressione di calcolo

La deformazione massima $\varepsilon_{c\ max}$ è assunta pari a 0,0035.

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione, f_{cd} , è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata pari a 0,85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo pari a 1,5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni. La resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} del conglomerato è data da $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$ essendo R_{ck} la resistenza caratteristica cubica a compressione.

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 14-01-2008; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata dovrà essere adottato nei calcoli uno dei modelli riportati in figura 1.

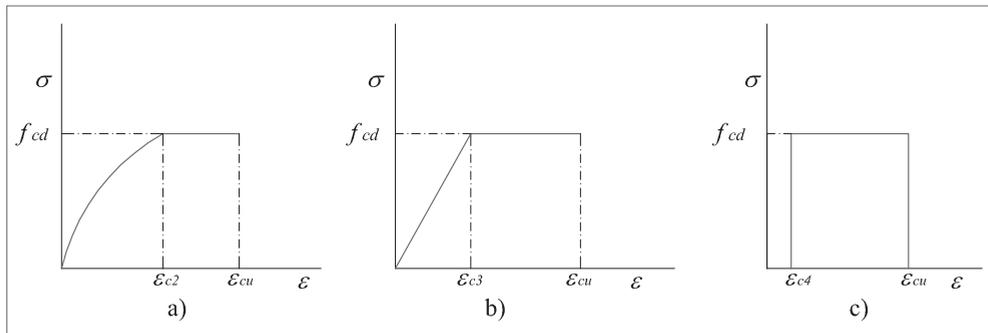


Figura 1. Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

1.1.3. Fattori che influenzano la resistenza del calcestruzzo

- *Quantità di cemento:* la resistenza del calcestruzzo aumenta quasi proporzionalmente al quantitativo di cemento impiegato; tuttavia dosi eccessive normalmente maggiori di 500kg/m^3 sono inutili o addirittura possono risultare dannose.
- *Composizione degli aggregati:* gli aggregati devono essere di buona qualità, puliti e dosati accuratamente. Per ottenere un buon calcestruzzo la miscela di aggregati deve avere una

corretta granulometria, ottenuta mescolando in proporzioni opportune aggregati di tipo diverso. Gli inerti formano lo scheletro solido portante del calcestruzzo e ne costituiscono la percentuale prevalente in peso e volume: la loro qualità è determinante per la buona riuscita del calcestruzzo. Per minimizzare il volume dei vuoti nell'impasto, si devono usare aggregati di diverso diametro:

- aggregati a grana grossa (ghiaia o pietrisco);
- aggregati a grana fine (sabbia).

Il controllo della granulometria viene fatto tracciando la curva granulometrica della miscela, (curva o fuso di “Fuller”) che si ottiene riportando in un diagramma, in funzione del diametro, la percentuale in peso degli aggregati passanti in crivelli con fori di diametro crescente. Un criterio valido per giudicare della qualità della curva consiste nel verificare che essa sia contenuta all'interno di una zona.

- *Rapporto acqua/cemento (A/C)*: per la presa del calcestruzzo sono necessari circa 40 litri di acqua per ogni 100 kg di cemento, ma per rendere il calcestruzzo lavorabile questa quantità deve aumentare a circa il doppio. Tuttavia, come noto, all'aumentare del rapporto acqua/cemento la resistenza meccanica del calcestruzzo diminuisce drasticamente. È bene allora tenere un rapporto acqua/cemento paria 0,5 che media la necessità di avere un calcestruzzo lavorabile e di ottima resistenza meccanica. All'occorrenza si può ricorrere all'aggiunta di fluidificanti per migliorare la lavorabilità e tenere valori più bassi del rapporto (A/C).
- *Acqua di impasto*: è l'acqua che combinandosi con il cemento nel fenomeno dell'idratazione (reazione chimica esotermica), dà luogo alla “presa” che trasforma l'impasto in una massa solida. Terminata la fase di presa inizia la fase di indurimento. L'acqua da usare nell'impasto deve essere il più possibile pura, è consigliabile l'uso di acqua potabile. Devono essere evitate acque contenenti percentuali elevate di solfati e le acque contenenti rifiuti di origine organica o chimica. La presenza di impurità infatti interferisce con la presa, provocando una riduzione della resistenza del conglomerato.
- *Additivi*: fluidificanti, antigeli, ritardanti di presa, ecc.
- *Condizioni ambientali durante la maturazione*: la velocità della presa del cemento aumenta rapidamente con la temperatura. Il caldo secco e la diretta esposizione al sole sono dannosi, perché producono l'evaporazione dell'acqua superficiale. È buona norma in estate mantenere il getto in estate coperto e bagnato. Il freddo rallenta la presa. Se l'acqua gela, la formazione del ghiaccio interrompe il processo e la dilatazione dovuta al ghiaccio rompe i legami già formati. I processi chimici della presa del cemento si protraggono per anni e le prestazioni meccaniche variano di conseguenza. Le condizioni di umidità durante la stagionatura influenzano la resistenza finale del calcestruzzo. Una maturazione accelerata del getto può essere ottenuta con trattamenti con vapore ad alta temperatura in tal modo a 24 ore si hanno già resistenze dell'ordine del 60% delle resistenze a 28 giorni con normale maturazione; questo tipo di maturazione è tipico degli elementi prefabbricati.

▼ 1.2. Acciaio

La norma UNI EN 10027-1 fissa i sistemi di designazione alfanumerica degli acciai.

La designazione in base all'impiego ed alle caratteristiche meccaniche o fisiche (gruppo 1) prevede che l'acciaio strutturale sia definitivo con una sigla alfanumerica la cui prima è: