

LABORATORIO  
GEOTECNOLOGICO  
CHIANTINI & C. s.a.s.

**GEOTEC**

Esperienze sui materiali da costruzione, terreni e rocce,  
ricerca scientifica e controllo prodotti e impianti industriali

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia, 29 – Belverde di Monteriggioni - **53100 SIENA (I)**

Tel. 0577•58411 Fax 0577•52610 E-mail: [info@labgeotec.it](mailto:info@labgeotec.it) www.labgeotec.it



## **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI** (D.M. Infrastrutture 14-01-2008 e Circolare 02-02-2009 n° 617 C.S.LL.PP.)

### **CONTROLLO DEI MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE**

### **ADEMPIMENTI *COGENTI* DEL DIRETTORE DEI LAVORI, DEL PRODUTTORE E DEL COLLAUDATORE**

## **QUADERNO TECNICO “B”**

## **COSTRUZIONI IN MURATURA ORDINARIA**

Dott. Ing. Arch. Bernardino Chiantini  
Laboratori Geotec – Siena

AA SMC.14 Rev.01 01.10

Vietata la riproduzione anche parziale, se non autorizzata.

C.F. e P. IVA: 00523580520 - Registro imprese di Siena n.00523580520 - C.C.I.A.A. di Siena - REA n. 73290 - C/C Postale n. 101845539

Laboratorio Prove Materiali –	SIENA – Via Sicilia, 25/1 – Belverde – Tel. 0577 58411 – Fax 0577 52610	Autorizzato con D.M. LL.PP. 08-11-1975 n° 14104 e Concessio succ.
Laboratorio Prove Materiali –	GROSSETO – Via Adda, 113 – Tel. 0564 29006 / 25947 – Fax 0564 25947	Autorizzato con D.M. LL.PP. 14-01-1983 n° 23151 e Concessio succ.
Laboratorio Prove Geotecniche –	SIENA – Via Sicilia, 25/2 – Belverde – Tel. 0577 58411 – Fax 0577 52610	Concessione con D.M. II.TT. 11-10-2004 n° 52846 e Concessio succ.

per i settori: a) **Prove di laboratorio sui terreni** b) **Prove di laboratorio sulle rocce** c) **Prove in sito**

Laboratorio GEOTEC 2 s.r.l. AREZZO – Strada C, 11/g – S. Zeno – Tel. 0575 99109 – Fax 0575 998717 Autorizzato con D.M. LL.PP. 29-09-1984 n° 25184 e Concessio succ.

# COSTRUZIONI IN MURATURA ORDINARIA – ELEMENTI RESISTENTI E MALTA

**D.M. 14-01-2008 e Circolare 02-02-2009 n°617 C.S.LL.PP.**

## 1. MURATURE CON ELEMENTI ARTIFICIALI IN LATERIZIO E IN CALCESTRUZZO

MURATURE A SINGOLO PARAMENTO O PARAMENTO DOPPIO CON ELEMENTI RESISTENTI ARTIFICIALI, ANCHE CON FORI ORIZZONTALI, MA CLASSIFICATI IN FUNZIONE DELLA PERCENTUALE DI FORATURA VERTICALE.

$$\varphi = 100 F/A \quad \text{con} \quad F = \text{Area complessiva dei fori}$$
$$A = \text{Area lorda dell'elemento}$$

### 1.1 ELEMENTI IN LATERIZIO

Tab. 4.5.Ia - *Classificazione elementi in laterizio*

Elementi	Percentuale di foratura $\varphi$	Area f della sezione normale del foro
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$
Semipieni	$15\% < \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cm}^2$
Forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$

Laterizi con area lorda  $A > 300 \text{ cm}^2$  un foro di presa da  $35 \text{ cm}^2$  di area

Laterizi con area lorda  $A > 580 \text{ cm}^2$  un foro di presa da  $70 \text{ cm}^2$  di area oppure 2 fori da  $35 \text{ cm}^2$

### 1.2 ELEMENTI IN CALCESTRUZZO

Tab. 4.5.Ib - *Classificazione elementi in calcestruzzo*

Elementi	Percentuale di foratura $\varphi$	Area f della sezione normale del foro	
		$A \leq 900 \text{ cm}^2$	$A > 900 \text{ cm}^2$
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$
Semipieni	$15\% < \varphi \leq 45\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$
Forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$

## 2. MURATURE CON ELEMENTI NATURALI

- **MURATURA DI PIETRA SQUADRATA** – Impiego di pietra a forma parallelepipedica
- **MURATURA DI PIETRA NON SQUADRATA** – Impiego di pietra non squadrata, grossolanamente lavorata
- **MURATURA LISTATA** – Pietra non squadrata intervallata almeno ogni 1,60 m. con due ricorsi di laterizio pieno o fasce di calcestruzzo semplice o armato

### **3. ZONA SISMICA - PRESCRIZIONI PER MATERIALI E PER MURATURE**

#### **3.1 REQUISITI MINIMI DEI MATERIALI**

- Percentuale di eventuali vuoti contenuta nel **45 %**
- Eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro: continui e rettilinei
- Resistenza caratteristica a rottura nella direzione dei carichi verticali non inferiore a **5 N/mm<sup>2</sup>**
- Resistenza caratteristica a rottura nella direzione ortogonale ai carichi verticali non inferiore a **2.5 N/mm<sup>2</sup>**
- Resistenza media della malta non inferiore a **5 N/mm<sup>2</sup>**

#### **3.2 IMPIEGO DI MURATURE**

- Murature di elementi artificiali (laterizi e calcestruzzo)
- Murature di pietra squadrata

**La muratura di pietra non squadrata e la muratura listata possono essere impiegate solamente nei siti ricadenti in zona 4**

### **4. CONTROLLO DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

**Le prove di controllo di accettazione in Cantiere sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n°380/2001: la richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori.**

**Inoltre, il Direttore dei Lavori deve provvedere**

- ad assicurare la propria presenza alle operazioni di prelievo dei campioni
- ad etichettare opportunamente i campioni prelevati in Cantiere
- a redigere apposito verbale di prelievo con tutte le indicazioni sul tipo di fornitura e sulla posizione in opera della fornitura medesima
- a consegnare i campioni al laboratorio per le prove

Per dette operazioni il Direttore dei Lavori può incaricare un Tecnico di sua fiducia, ferma restando la personale responsabilità attribuitagli dalla legge.

Al fine di controllare la rispondenza delle caratteristiche degli elementi, da mettere in opera, con quelle dichiarate dal Produttore, **il Direttore dei Lavori dovrà provvedere ad effettuare un controllo su almeno tre campioni costituiti ciascuno da tre elementi** da sottoporre a prove di compressione.

Se  $f_1, f_2, f_3$  sono le resistenze dei tre elementi con  $f_1 < f_2 < f_3$ ,

il Controllo è considerato positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$f_{bm} \geq 1,20 f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0,90 f_{bk}$$

con  $f_{bm} = (f_1 + f_2 + f_3) / 3$  media delle resistenze

$f_{bk}$  = resistenza caratteristica dichiarata dal Produttore

## **5. RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE - PRODUZIONE**

Il Produttore di elementi resistenti per muratura deve eseguire periodicamente il controllo della produzione, al fine della valutazione della resistenza caratteristica  $f_{bk}$ , tra l'altro utile alla stima sia della resistenza caratteristica a compressione che di quella a taglio della muratura tramite le apposite tabelle 11.10.V. – 11.10.VI. – 11.10.VII. delle NTC, riportate nelle pagine che seguono.

### **5.1 RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEGLI ELEMENTI NELLA DIREZIONE DEI CARICHI VERTICALI.**

Si determina con prove su di un numero di **almeno 30 elementi ( $n \geq 30$ )** mediante la relazione

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,64 s$$

con  $f_{bm}$  = resistenza media degli  $n$  elementi

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(f_{bm} - f_{bi})^2}{n-1}}$$
 scarto quadratico medio

$f_{bi}$  = N/A resistenza dell'iesimo elemento

con  $N$  = carico di rottura

$A$  = Area lorda dell'elemento

## 5.2 RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEGLI ELEMENTI NELLA DIREZIONE ORTOGONALE A QUELLA DEI CARICHI E NEL PIANO DELLA MURATURA

Si determina con prove su di un numero di **almeno 6** campioni ( $n \geq 6$ ) mediante la relazione

$$\overline{f_{bk}} = 0,7 \overline{f_{bm}}$$

in cui  $f_{bm}$  è la media degli  $n$  campioni provati

## 6. MALTE PER MURATURA

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definiti mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$  (da eseguire a 28 giorni di maturazione su n°3 provini prismatici 40x40x160 sottoposti a flessione e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti).

**Per l'impiego in muratura portante non sono ammesse malte con resistenza  $f_m < 2,5 \text{ N/mm}^2$**

La categoria di una malta è definita da una sigla costituita da una lettera **M** seguita da un numero che indica la resistenza media a compressione  $f_m$  espressa in  $\text{N/mm}^2$

**Tab. 11.10.III** – *Classi di malte a prestazione garantita dal Produttore*

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione $\text{N/mm}^2$	2,5	5	10	15	20	d

**d** è una resistenza a compressione maggiore di  $25 \text{ N/mm}^2$  dichiarata dal Produttore

**Tab. 11.10.IV** - *Classi di malte a composizione prescritta*

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	–	–	1	3	–
M 2,5	Pozzolonica	–	1	–	–	3
M 2,5	Bastarda	1	–	2	9	–
M 5	Bastarda	1	–	1	5	–
M 8	Cementizia	2	–	1	8	–
M 12	Cementizia	1	–	–	3	–

## 7. RESISTENZA CARATTERISTICA SPERIMENTALE A COMPRESSIONE SU MURETTI

Si esegue su di un numero di **almeno 6** muretti ( $n \geq 6$ ) costituiti cadauno da non meno da tre corsi di elementi resistenti e con

- larghezza (**b**) pari ad almeno **due** lunghezze degli elementi
- rapporto altezza/spessore (**l/t**) compreso tra **2,4 e 5**

La resistenza caratteristica è data dalla relazione

$$f_k = f_m - k s$$

dove:  $f_m$  = resistenza media degli **n** muretti;

$s$  = scarto quadratico medio;

$k$  = coefficiente in funzione del numero dei muretti:

n	6	8	10	12	20
k	2.33	2.19	2.1	2.05	1.93

**La verifica deve essere estesa ai materiali componenti:**

- **malta**: n. **3** provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti;
- **elementi resistenti**: n. **10** elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

## 8. STIMA DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE IN FASE DI PROGETTO

Per le murature formate da **elementi artificiali pieni o semipieni** e con giunti di malta di spessore 5 ÷ 15 mm il valore di  $f_k$  può essere dedotto dalla **resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta** tramite la seguente Tab. 11.10.V.

**Tab. 11.10.V - Valori di  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm<sup>2</sup>)**

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento N/mm <sup>2</sup>	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	-

Per le murature costituite da **elementi naturali la resistenza caratteristica a compressione**  $f_{bk}$  è data dalla relazione:

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

dove  $f_{bm}$  rappresenta la resistenza media a compressione degli  $n$  elementi in pietra squadrata.

**Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$**  può essere dedotto dalla **resistenza caratteristica a compressione degli elementi  $f_{bk}$**  e dalla **classe di appartenenza della malta** tramite la seguente Tab. 11.10.VI.

**Tab. 11.10.VI - Valori di  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm<sup>2</sup>)**

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
≥ 40,0	14,3	12,0	10,4	-

## **9. RESISTENZA CARATTERISTICA SPERIMENTALE A TAGLIO SU MURETTI**

Si esegue su di un numero di **almeno 6** muretti ( $n \geq 6$ )

**La resistenza caratteristica** è data dalla relazione

$$f_{vm0} = 0,7 f_{vm}$$

dove  $f_{vm}$  è la resistenza media degli  $n$  muretti

**La resistenza caratteristica sperimentale a taglio può essere valutata, in ogni caso, anche con prove di compressione diagonale su di un numero di almeno 6 muretti ( $n \geq 6$ )**

## **10. STIMA DELLA RESISTENZA A TAGLIO IN FASE DI PROGETTO**

Per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni ovvero in pietra naturale squadrata e con giunti di malta di spessore 5 ÷ 15 mm, **il valore della resistenza a taglio  $f_{vk0}$** , può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite la Tab. 11.10.VII.

**Tab. 11.10.VII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vk0}$  (valori in N/mm<sup>2</sup>)**

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Classe di malta	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	M10 ≤ M ≤ M20	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	M5 ≤ M < M10	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	M2,5 ≤ M < M5	0,10
Calcestruzzo; Silicato di calcio; Cemento autoclavato; Pietra naturale squadrata.	$f_{bk} > 15$	M10 ≤ M ≤ M20	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	M5 ≤ M < M10	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	M2,5 ≤ M < M5	0,10

## 11. RESISTENZA CARATTERISTICA A TAGLIO

In presenza di tensioni di compressione, **la resistenza caratteristica a taglio della muratura  $f_{vk}$**  è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$$

dove:  $f_{vk0}$  = resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;

$\sigma_n$  = tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve risultare soddisfatta la relazione

$$f_{vk} \leq f_{vk,lim} = 1,4 \bar{f}_{bk}$$

con  $f_{vk,lim}$  = valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo;

$\bar{f}_{bk}$  = valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro.

## 12. MODULO DI ELASTICITÀ SECANTE

**Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato sperimentalmente su di un numero di almeno 6 muretti ( $n \geq 6$ ).**

In **sede di progetto**, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante  **$E = 1000 f_k$**
- modulo di elasticità tangenziale secante  **$G = 0,4 E$**