

Progettare con elementi  
in cls vibrocompresso



## **Sistema Grandi Murature e Barriere Tagliafuoco:**

funzionalità, prestazioni, calcolo,  
secondo le norme tecniche vigenti  
con metodi di calcolo certificati.

Introduzione di Emilio Pizzi

Hanno collaborato alla realizzazione dell'opera:

- Carlo Pecchini per lo sviluppo di tecnologie e metodi di calcolo
- Leo Luongo per il progetto grafico/editoriale
- Luca Maria Pini per il coordinamento/aggiornamento tecnico/normativo

Fotografie:

- Leo Luongo
- Sedi Vaclav

© 2005 Luongo & Associati editore - Milano

Tutti i diritti di riproduzione e utilizzo dei contenuti, testi, immagini, sono riservati a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

2ª edizione marzo 2006

Stampato da Reggiani SpA - Varese



SGM -Sistema Grandi Murature e  
BTF - Barriera Tagliafuoco,  
sono marchi registrati di Vibrapac SpA

Vibrapac si riserva il diritto di apportare ai suoi prodotti, in qualunque momento e senza preavviso, tutte le modifiche ritenute opportune per qualsiasi esigenza di carattere tecnico/commerciale.

**SISTEMA GRANDI MURATURE E BARRIERE TAGLIAFUOCO:**  
funzionalità, prestazioni, calcolo  
secondo le norme tecniche vigenti pag

**Prefazione** 5  
**Premessa** 7

### Capitolo I

**SISTEMA GRANDI MURATURE** 9

1. Perché le grandi murature	10
1.1 Definizione e criteri	11
2. Come funzionano le grandi murature	14
2.1 Le resistenze flessionali	14
2.2 Le condizioni di vincolo	21
3. Come si realizzano le grandi murature	22
3.1 Metodologia di strutturazione	22

### Capitolo II

**IL CALCOLO DEL SISTEMA GRANDI MURATURE** 27

1. Software di calcolo	28
2. Campagna prove sperimentali	30
2.1 Descrizione della prova	30
2.2 Lettura del diagramma carico/deformazioni	32
3. Prova di un vincolo di sommità SGM 15	34
4. Prova vincoli "lateral" zanca BF	35
5. Analisi sismica	36

### Capitolo III

**COMPONENTI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI SGM** 37

1. Principali strutturazioni utilizzate nel sistema SGM	38
2. Ancoraggio a orizzontamenti o strutture inclinate	40
2.1 Ancoraggio a orizzontamenti	40
2.2 Ancoraggio a strutture inclinate	41
3. Ancoraggio a tegoli	42
4. Ancoraggio a pilastri	44
4.1 Vincolo muratura pilastro prefabbricato	44
4.2 Collegamento correa / profilo TM	44
5. Zanca BF	45
6. Giunti tecnici	46
7. Fissaggi meccanici	46

### Capitolo IV

**BARRIERA TAGLIAFUOCO CON IL SISTEMA  
GRANDI MURATURE** 47

1. Introduzione	48
1.1 Funzioni	48
1.2 Prestazioni	49

## Sommar

2. Sistema SGM-BTF	51
2.1 Materiali testati e certificati	51
2.2 Caratteristiche della malta	53
3. Resistenza al fuoco	54
3.1 Resistenza al fuoco delle strutturazioni SGM	54
3.2 Resistenza di tutta la barriera	55
3.3 Resistenza e stabilità durante l'incendio	56
3.4 Tenuta di sommità	58
3.5 Particolari Accorgimenti	59

**Capitolo V**

<b>INDIVIDUAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE, DATI NORMATIVI E TABELLE DI RIFERIMENTO</b>	61
1. Introduzione	62
1.1 Estratto gazzetta ufficiale	62
1.2 Sovraccarichi orizzontali lineari	63
1.3 Azioni del vento	64
2. Tabelle orientative	68
2.1 Tabella orientativa per scelta strutturazioni murature esterne	68
2.2 Tabella orientativa per scelta strutturazioni murature interne	69
3. Estratto ordinanza P.C.M. 3274 e successive modifiche e/o integrazioni	70
3.1 Livelli di protezione antisismica	70
3.2 Fattori di importanza	70
3.3 Considerazione di elementi non strutturali	71
3.4 Requisiti addizionali per edifici con tamponamenti in muratura	73
3.5 Mappa indicativa zone sismiche	75
3.6 Pressione equivalente del sisma	76
4. Calcolo delle sollecitazioni e verifiche	77
4.1 Azione del vento	77
4.2 Sovraccarichi orizzontali lineari	78
4.3 Sismica - Elementi non strutturali	79
4.4 Stabilità a caldo	80

**Capitolo VI**

<b>MODULISTICA V.V.F./C.P.I. PER MURATURE TF</b>	81
--	----

**Capitolo VII**

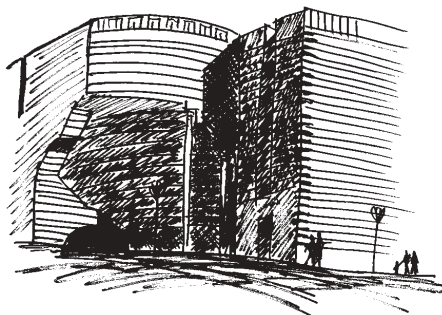
<b>VOCI DI CAPITOLATO</b>	93
---------------------------	----

**Capitolo VIII**

<b>PRESTAZIONI ARCHITETTONICHE DELLE GRANDI MURATURE</b>	97
--	----

Progettare significa in primo luogo conoscere i problemi che si devono risolvere. Significa saper affrontare nodi irrisolti prescindendo dal facile ricorso ad una pratica consolidata. Significa attribuire ad ogni idea di architettura non solo il valore dell'ideazione ma anche le certezze che solo un processo di affinamento ed approfondimento rigoroso sono in grado di offrire. La ricchezza ma anche la complessità progettuale, sottesa dal tema per molti versi nuovo delle grandi superfici murarie, ha bisogno di essere strumentata da un approccio scientifico corretto.

Questo manuale affronta in modo semplice ma con la giusta attenzione i problemi della snellezza di quelle superfici murarie che caratterizzano l'involucro e i divisori di strutture, prefabbricate e non, di grande altezza prive di elementi di vincolo intermedi, tracciando un percorso di progressivo avvicinamento non solo ad aspetti di dimensionamento strutturale ma anche alla individuazione di corrette scelte operative per la risoluzione dei differenti nodi che possono caratterizzare il sistema.



Frutto del lavoro di un gruppo in cui sono compresenti competenze disciplinari differenti traspare nella trattazione dell'argomento tutta l'attenzione per problemi reali della pratica del costruire. Soprattutto emerge la volontà di trovare soluzioni praticabili in grado di completare efficacemente la soluzione costruttiva sotto il profilo architettonico.

In qualche modo è condensata all'interno di queste notazioni tecniche anche la parabola di una azienda che con convinzione persegue da tempo l'obiettivo di riscoprire la necessità di un rapporto di collaborazione tra produttori di componenti edilizi e progettisti. Un rapporto segnato in questi anni spesso dalla rinuncia da parte dei produttori a comprendere i problemi complessi del costruire ma anche dalla soggezione da parte dei progettisti ad una offerta di prodotti che li vede sempre più solo utilizzatori e non capa-

Prefazione

---

ci interpreti delle potenzialità presenti in ogni nuovo materiale, in ogni nuova soluzione.

Si vuole con questa iniziativa di diffusione delle conoscenze che sono alla base dell'affinamento del processo produttivo della Vibrapac ridonare al progettista una capacità decisionale e soprattutto attraverso la riscoperta di principi e regole progettuali sollecitarlo a divenire interprete della riappropriazione del suo ruolo indispensabile per una nuova e diversa qualità dell'architettura.

**Prof. Emilio Pizzi**

Professore ordinario di architettura tecnica  
presso il Politecnico di Milano

Sul problema delle grandi murature occorre rilevare che spesso non si considera che murature di grandi dimensioni sono sottoposte più a carichi orizzontali che non verticali, assimilabili più ad una "vela" che non ad una muratura. I Direttori dei Lavori, i Direttori di Cantiere, o i Certificatori prevenzione incendi possono avvalersi di sistemi di calcolo sviluppati con competenza, ma è opportuno verificare secondo quali criteri è stato eseguito il calcolo, in particolare se sono state valutate le resistenze flessionali delle strutturazioni. In caso di cattiva esecuzione vi possono essere dei profili di responsabilità per negligenza, e/o imperizia.

Quanto esposto nel seguito, relazioni di calcolo e verifica, caratteristiche resistenti, ecc., sono il frutto di anni di studi e ricerche del Settore Tecnico Vibrapac raccolti nel fascicolo "Sistema Grandi Murature & Barriera TagliaFuoco - Metodo di calcolo, Ipotesi e Sviluppi Matematici". Viste le finalità più pratiche del presente manuale le dimostrazioni analitiche delle suddette relazioni sono state omesse, anche in virtù del fatto che il citato fascicolo è stato certificato da ICMQ a garanzia della validità tecnica e la rispondenza alle normative tecniche vigenti dei contenuti, così che il tecnico possa, con un'ancora più elevata sicurezza, avvalersi delle suddette procedure di calcolo. Qualora il Lettore fosse interessato ad approfondire la sua conoscenza sulle Grandi Murature il Settore Tecnico Vibrapac è a disposizione dei progettisti.

Vibrapac SpA

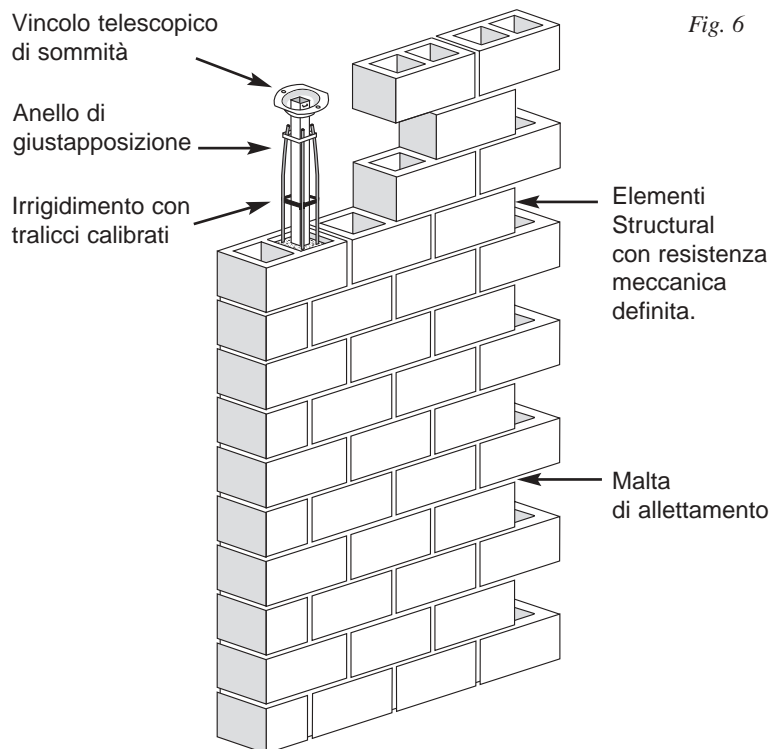
## 2. COME FUNZIONANO LE GRANDI MURATURE

### 2.1. Le resistenze flessionali

Principio base della Grande Muratura è la sua resistenza flessionale che viene assicurata nel modo seguente

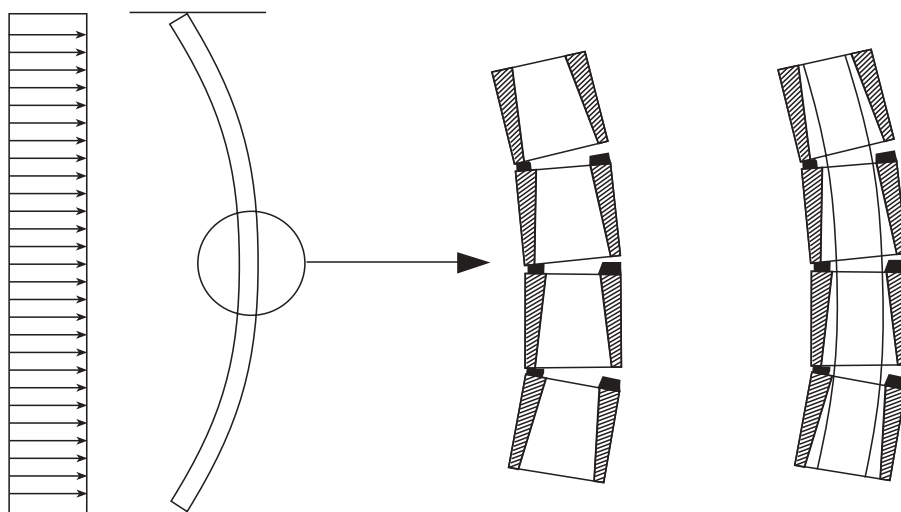
#### Le resistenze flessionali verticali

Si ottiene con l'irrigidimento della parete mediante formazione di strutturazioni armate all'interno degli elementi in cls vibrocompresso costituenti la muratura. Date le limitate dimensioni della sezione resistente, è necessario che i ferri di armatura siano posizionati con distanziatori di precisione. Ciò consente, anche per effetto della collaborazione del cls del manufatto, di conferire al sistema resistenza e deformabilità e quindi di evitare il pericolo di collasso improvviso.



*note:*

\* L'elemento Structural é un elemento con una ben definita resistenza meccanica a compressione e a trazione, sul quale la malta ha una elevata adesione.



L'utilizzo di elementi vibrocompressi **Structural\*** nella composizione della muratura è di grande importanza in quanto le loro caratteristiche (resistenza a compressione, modulo elastico, ecc.) sono del tutto paragonabili a quelle del cls di getto che paraltro dà un modesto contributo alla resistenza vista la vicinanza all'asse neutro al contrario di quello del blocco che quindi è lecitamente considerabile nel calcolo delle resistenze flessionali.

Fig. 7

Per garantire la resistenza flessionale sul piano verticale è necessario non solo inserire dei ferri, ma garantire l'esatto posizionamento con distanziatori di precisione (non riportate in figura) prodotti con macchine utensili.

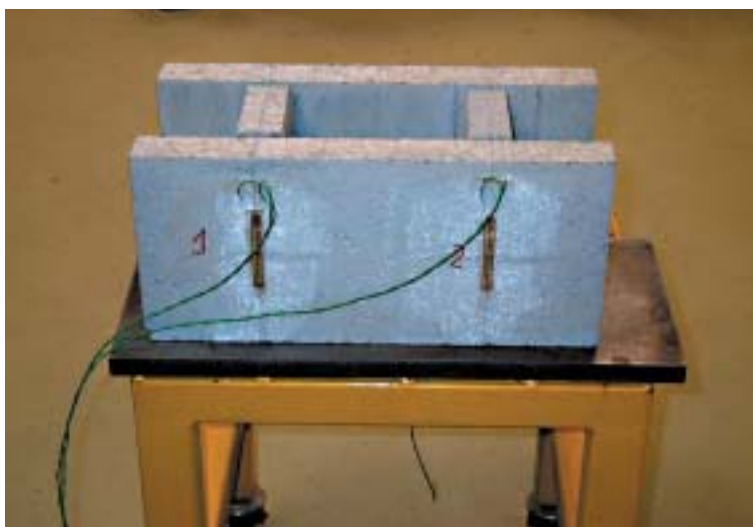


Fig. 8

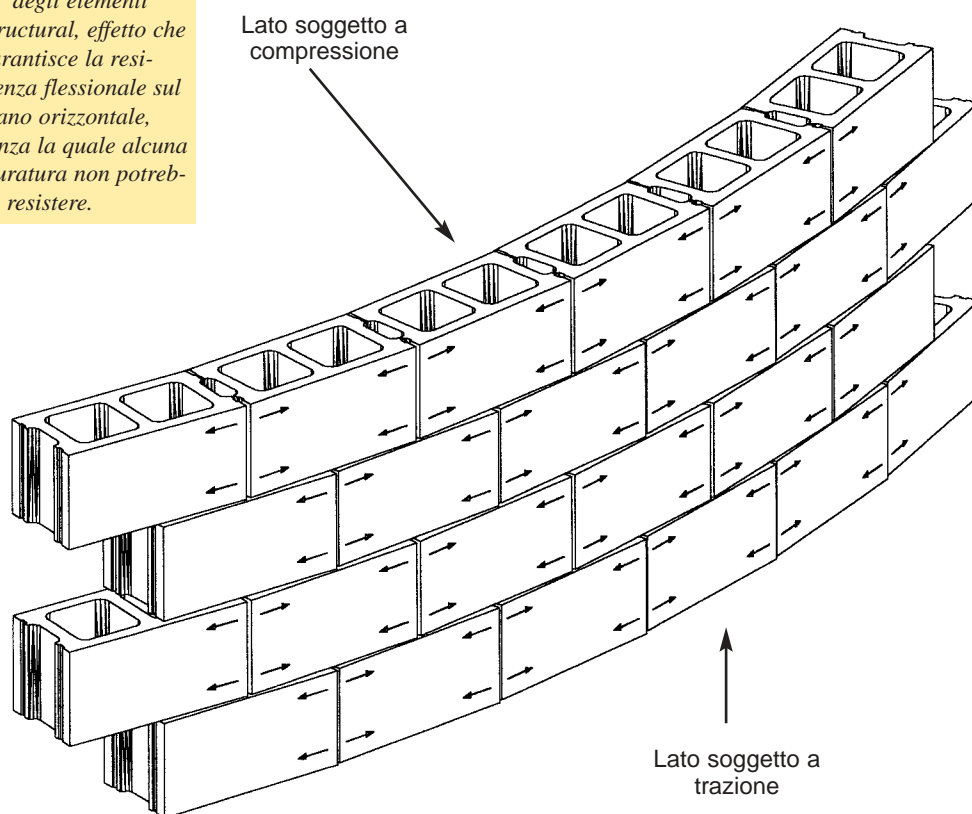
Elemento predisposto con Strain Gauge per la determinazione della funzione  $s = f(e)$ . I dati vengono rilevati da specifiche apparecchiature elettroniche, asservite a computer, che con un programma di "regressione matematica" di tipo esponenziale esprime la funzione in termini analitici, funzione necessaria per il calcolo flessionale della strutturazione allo stato limite ultimo.

### Le resistenze flessionali orizzontali

La resistenza flessionale orizzontale viene assicurata dall'effetto di "concatenamento" degli elementi **Structural\*** che conferiscono stabilità alla muratura posta fra pilastro e pilastro o fra strutturazione e strutturazione.

La tenuta al concatenamento è raggiunta grazie alla resistenza a compressione e a trazione del blocco costituente la muratura (vedi fig.9).

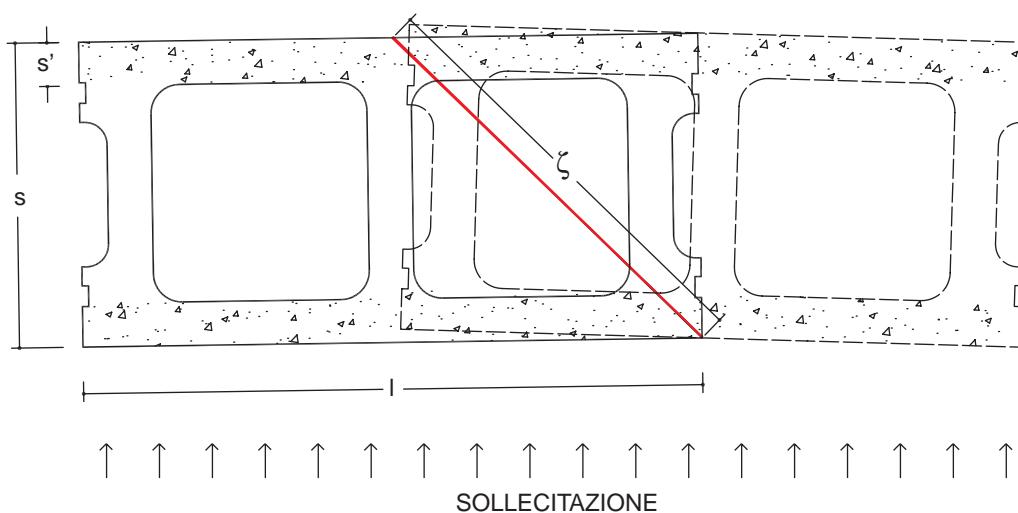
*Fig. 9  
Illustrazione dell'effetto "concatenamento" degli elementi Structural, effetto che garantisce la resistenza flessionale sul piano orizzontale, senza la quale alcuna muratura non potrebbe resistere.*



A sua volta la malta che salda i blocchi e ne impedisce la rotazione reciproca (vedi fig.10) è sottoposta a tensioni di taglio; la situazione più critica è rappresentata dal taglio all'interfaccia malta/blocco.

Nella tabella e nei grafici di pag.18-19 sono riportati gli andamenti delle suddette tensioni per una muratura in elementi Structural ST 20X40 in funzione di sollecitazione e interassi degli irrigidimenti ritenuti di interesse pratico.

*Fig. 10  
Illustrazione di come la malta deve resistere al taglio per generare l'effetto concatenamento con un elemento Structural.*



*note:*

\* L'elemento Structural é un elemento con una ben definita resistenza meccanica a compressione e a trazione, sul quale la malta ha una elevata adesione.

I - Sistema Grandi Murature

2. come funzionano le grandi murature

**TENSIONI INTERNE NELLE MURATURE**

Tabella che in funzione della sollecitazione (spinta del vento), della lunghezza della muratura e del risultante **momento di concatenamento** per metro di altezza della muratura, riporta tutte le tensioni interne.

(rif. fig.10)

Elementi 20x20x40 s [mm]=192,00 s' [mm]=28,00 l [mm]=390,00 H [mm]=1000,00

Grandezza	q <sub>d</sub>	i	M	σ <sub>c,d</sub>	σ <sub>t,d</sub>	τ <sub>d</sub>
Formula	q <sub>d</sub>	i	$M = \frac{(q \cdot H) \cdot i^2}{8}$	$\sigma_{c,d} = \frac{M}{W_{sez.1}}$ $W_{sez.1} = \frac{H \cdot [s^3 - (s - 2s')^3]}{6s}$	$\sigma_{t,d} = \frac{2M}{W_{sez.2}}$ $W_{sez.2} = H \cdot s^2 / 6$	$\tau_d = \frac{0,4 \cdot \zeta \cdot M}{s' \cdot [l^2 / 6 + (s - s')^2]}$ con $\zeta = \sqrt{2s^2}$
u.m.	N/m <sup>2</sup>	m	Nm	MPa	MPa	MPa
Pareti	230	8,00	1840,00	0,465	0,599	0,350
Interne	230	7,50	1617,19	0,408	0,526	0,308
	230	7,00	1408,75	0,356	0,459	0,268
	230	6,50	1214,69	0,307	0,395	0,231
	230	6,00	1035,00	0,261	0,337	0,197
	230	5,50	869,69	0,220	0,283	0,166
	230	5,00	718,75	0,181	0,234	0,137
	230	4,50	582,19	0,147	0,190	0,111
	230	4,00	460,00	0,116	0,150	0,088
	230	3,50	352,19	0,089	0,115	0,067
	230	3,00	258,75	0,065	0,084	0,049
Pareti	575	8,00	4600,00	1,161	1,497	0,876
Esterne	575	7,50	4042,97	1,021	1,316	0,770
	575	7,00	3521,88	0,889	1,146	0,670
	575	6,50	3036,72	0,767	0,989	0,578
	575	6,00	2587,50	0,653	0,842	0,493
	575	5,50	2174,22	0,549	0,708	0,414
	575	5,00	1796,88	0,454	0,585	0,342
	575	4,50	1455,47	0,368	0,474	0,277
	575	4,00	1150,00	0,290	0,374	0,219
	575	3,50	880,47	0,222	0,287	0,168
	575	3,00	646,88	0,163	0,211	0,123

Murature realizzabili con elementi in cls normale

Murature realizzabili con elementi in cls "structural"

**Simboli**

i = interasse strutturazioni / lunghezza muratura

q<sub>d</sub> = sollecitazione / spinta del vento

M = momento di concatenamento

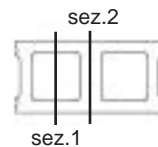
σ<sub>c,d</sub> = tensione di compressione massima

σ<sub>t,d</sub> = tensione di trazione massima

W<sub>1</sub> = modulo resistente dell'elemento sez.1

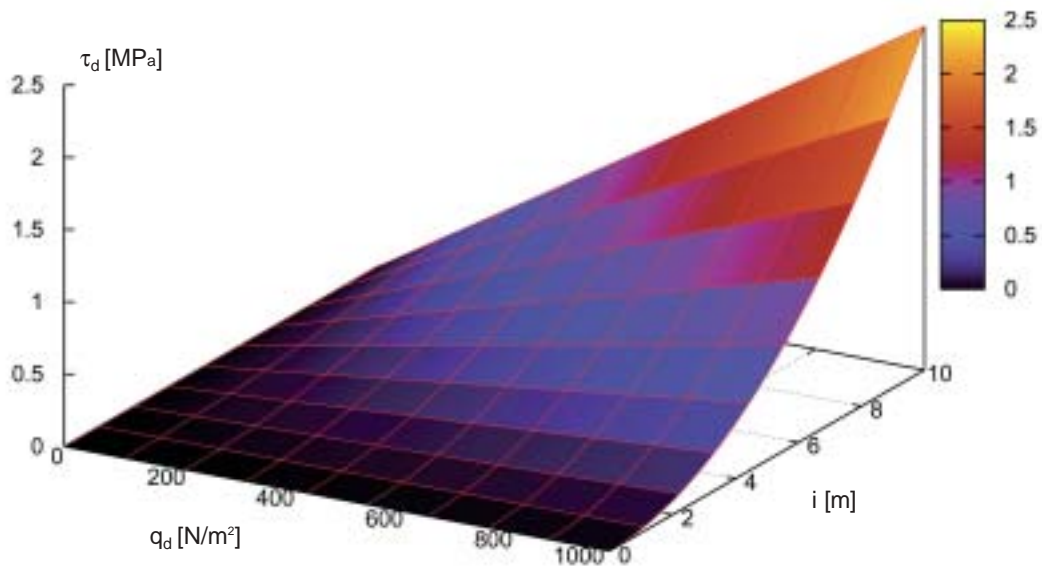
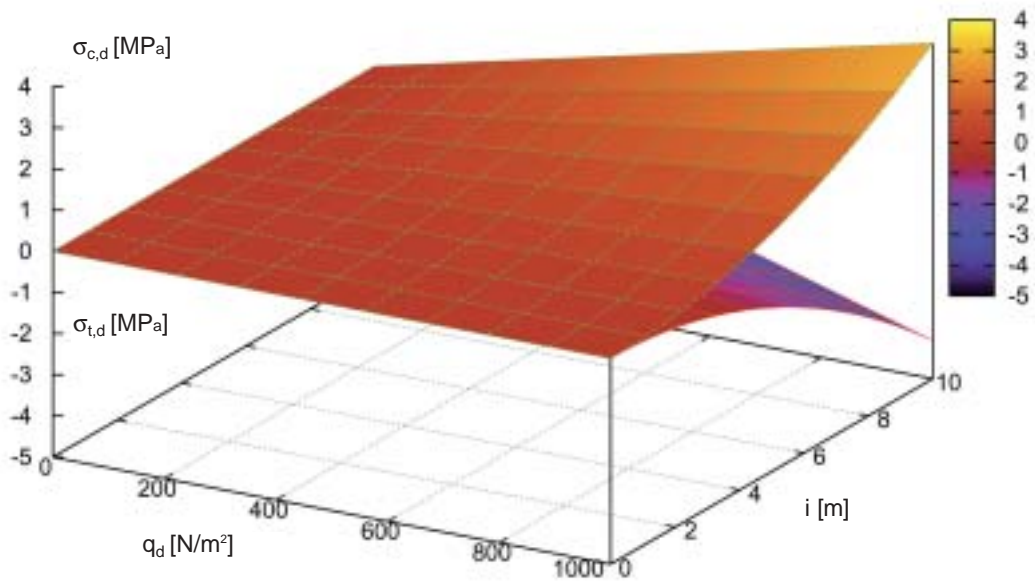
W<sub>2</sub> = modulo resistente dell'elemento sez.2

τ<sub>d</sub> = taglio massimo a cui é sottoposta la malta e l'interfaccia elemento/malta.



I simboli riportati nelle formule si riferiscono alla figura 10 pag.17. Le formule per σ<sub>c,d</sub>, σ<sub>t,d</sub>, τ<sub>d</sub> sono ricavate da sviluppi matematici e prove sperimentali eseguite presso il laboratorio Vibrapac.

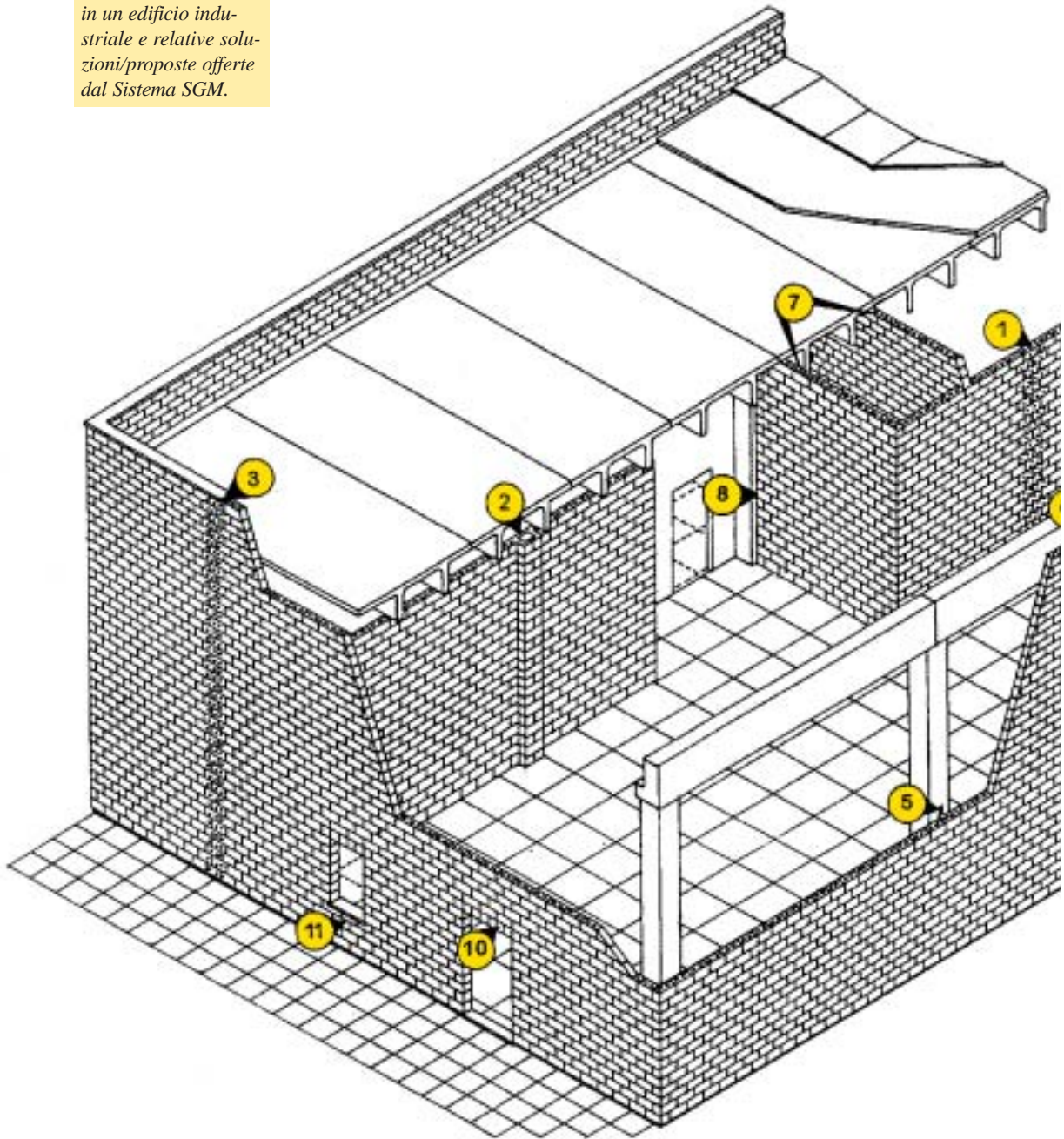
**TENSIONI INTERNE NELLE MURATURE**



I - Sistema Grandi Murature

2. come funzionano le grandi murature

*Fig. 11  
Rappresentazione  
sintetica dei problemi  
delle grandi murature  
in un edificio indu-  
striale e relative solu-  
zioni/proposte offerte  
dal Sistema SGM.*



### **Modulistica V.V.F./C.P.I. per murature TF**

Crediamo di fare cosa gradita proponendo lo schema da seguire, con l'indicazione dei soggetti interessati, per predisporre la necessaria documentazione atta all'ottenimento delle C.P.I.

#### **dal produttore/venditore:**

1) Dichiarazione di conformità nel settore della reazione al fuoco (pag.83)

#### **dal progettista della muratura (tecnico abilitato 818):**

2) Relazione valutativa della resistenza al fuoco di elementi costruiti separanti (pag.84)

3) Certificazione di resistenza al fuoco di elementi costruttivi portanti e/o separanti (pag.86)

N.B. Vibrapac come esposto nel presente manuale ha messo a punto un valido sistema di calcolo conservativo adatto alla verifica delle proprie murature sottoposte a incendio. Per le murature realizzate coi sistemi Vibrapac il tecnico 818 incaricato può comodamente avvalersi del presente manuale e/o del settore tecnico Vibrapac per redarre la relazione valutativa delle resistenze al fuoco, individuare quali sono i vincoli fisici più adatti e quindi emettere la certificazione di resistenza al fuoco.

#### **dall'esecutore materiale:**

4) Dichiarazione di corretta posa in opera dei prodotti con funzione di compartimentazione classificati ai fini della resistenza al fuoco (pag.88)

#### **dal "collaudatore" tecnico abilitato 818:**

5) Dichiarazione corrispondenza in opera (pag.90)

DICHIAZIONE DI CONFORMITA' NEL SETTORE DELLA REAZIONE AL FUOCO da allegarsi, in carta semplice al mod. DICH. POSA OPERA, e da trattarsi da parte del titolare dell'attività

## DICHIAZIONE DI CONFORMITA' NEL SETTORE DELLA REAZIONE AL FUOCO AI SENSI D.M. 26 GIUGNO 1984 (art.2.7 del citato D.M. 26 giugno 1984)

Il sottoscritto \_\_\_\_\_  
produttore o venditore cognome nome  
 domiciliato in \_\_\_\_\_  
via - piazza n. civico C.A.P. comune  
 \_\_\_\_\_  
provincia telefono titolare, legale rappresentante, amministratore, ecc.  
 nella sua qualità di \_\_\_\_\_  
 della ditta \_\_\_\_\_  
ragione sociale ditta, impresa, ente, società  
 con sede in \_\_\_\_\_  
via - piazza n. civico C.A.P.  
 \_\_\_\_\_  
comune provincia telefono

Indicare una delle due alternative ( barrare con  quella effettiva):

avendo venduto in data \_\_\_\_\_ con fattura n. \_\_\_\_\_  
data identificazione fattura

avendo consegnato in data \_\_\_\_\_ con bolla n. \_\_\_\_\_  
data identificazione bolla

\_\_\_\_\_ identificazione del materiale o oggetto.

### DICHIARA CHE IL MATERIALE SOPRA IDENTIFICATO

è conforme al prototipo sottoposto a prova ed omologato\*, ai sensi del D.M.26 giugno 1984, dal Ministero dell'Interno con atto in data \_\_\_\_\_  
data

oppure

è provvisto di dichiarazione di conformità del produttore. Il materiale in parola risulta pertanto omologato\*, ai sensi del D.M.26 giugno 1984, dal Ministero dell'Interno con atto in data \_\_\_\_\_  
data

### I CUI ESTREMI SONO QUELLI SOTTO RIPORTATI:

Società	
Anno di produzione	
Classe di reazione	
Codice di omologazione**	
Posa in opera	
Impiego	
Manutenzione	

\_\_\_\_\_ Data

\_\_\_\_\_ Firma dichiarante

\* Al posto della omologazione è valido anche il certificato di prova ai sensi art. 10 D.M. 26 giugno 1984.  
 \*\* Oppure certificato di prova art. 10 D.M. 26 giugno 1984.

Rif. Pratica VV.F. n.  
\_\_\_\_\_

**RELAZIONE VALUTATIVA DELLA RESISTENZA AL FUOCO DI  
ELEMENTI COSTRUTTIVI PORTANTI E/O SEPARANTI**  
(con esclusione delle porte e degli elementi di chiusura)  
(punto 1.2 dell'allegato II del D.M. 4 maggio 1998)

**RELAZIONE VALUTATIVA DELLA RESISTENZA AL FUOCO ELEMENTI PORTANTI/SEPARANTI**  
redatta in carta semplice da trattarsi in originale presso il titolare dell'attività

Il sottoscritto professionista \_\_\_\_\_  
italo professionista \_\_\_\_\_ azienda \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_  
 iscritto all'Albo professionale dell'Ordine/Collegio di \_\_\_\_\_ con il numero \_\_\_\_\_  
provincia \_\_\_\_\_ n. iscrizione \_\_\_\_\_  
 iscritto negli elenchi del M.I. ai sensi della legge 7 dicembre 1984, n. 818 \_\_\_\_\_  
iscrizione autorizzata per la valutazione della resistenza al fuoco dichiarata non per via telematica \_\_\_\_\_ n. iscrizione \_\_\_\_\_  
 domiciliato in \_\_\_\_\_  
via - piazza \_\_\_\_\_ n. civico \_\_\_\_\_  
C.A.P. \_\_\_\_\_ comune \_\_\_\_\_ provincia \_\_\_\_\_ telefono \_\_\_\_\_

ai fini di quanto previsto dal D.P.R. 12/1/1998 n. 37 e dal D.M. 4/5/1998, per l'edificio  
 \_\_\_\_\_  
identificazione dell'edificio, complesso, etc. \_\_\_\_\_  
più, locale, e quanto altro necessario per una corretta individuazione \_\_\_\_\_  
 sito in \_\_\_\_\_  
via - piazza \_\_\_\_\_ n. civico \_\_\_\_\_ C.A.P. \_\_\_\_\_  
comune \_\_\_\_\_ provincia \_\_\_\_\_ telefono \_\_\_\_\_  
 di proprietà di \_\_\_\_\_  
altra, società, spa, impresa, etc. \_\_\_\_\_  
 con sede in \_\_\_\_\_  
via - piazza \_\_\_\_\_ n. civico \_\_\_\_\_ C.A.P. \_\_\_\_\_  
comune \_\_\_\_\_ provincia \_\_\_\_\_ telefono \_\_\_\_\_

**ATTESTA**

che, operando nell'ambito delle competenze tecniche della propria qualifica professionale, ha provveduto a stendere le seguenti relazioni, in conformità a quanto previsto al punto 1.2 dell'allegato II del D.M. 4/5/1998, riportando ogni dato necessario per la eventuale riproducibilità della valutazione.

*continua*

**ELENCO DEGLI ELEMENTI VALUTATI AI FINI DELLA RESISTENZA AL FUOCO**

Quando lo spazio a disposizione per ciascun elemento non è sufficiente, rimandare ad apposito documento allegato. Qualora inoltre il numero degli elementi è superiore a quelli previsti, accludere ulteriore elencazione aggiuntiva che forma parte integrante della presente relazione.

Numero Identificativo adottato nel MOD CERT REI	Relazione valutativa
---	----------------------

1 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

5 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

La presente relazione è composta da n. \_\_\_\_\_ pagine, tutte siglate dal sottoscritto professionista, a cui si allegano:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma professionista \_\_\_\_\_

*N.B. La presente relazione di calcolo, in conformità con quanto disposto dal punto 1.2 dell'Allegato II del D.M.4.5.98, deve essere trattenuta dal titolare dell'attività a disposizione per eventuali controlli.*