



Sistema Grandi Murature

D.M. 16.01.96

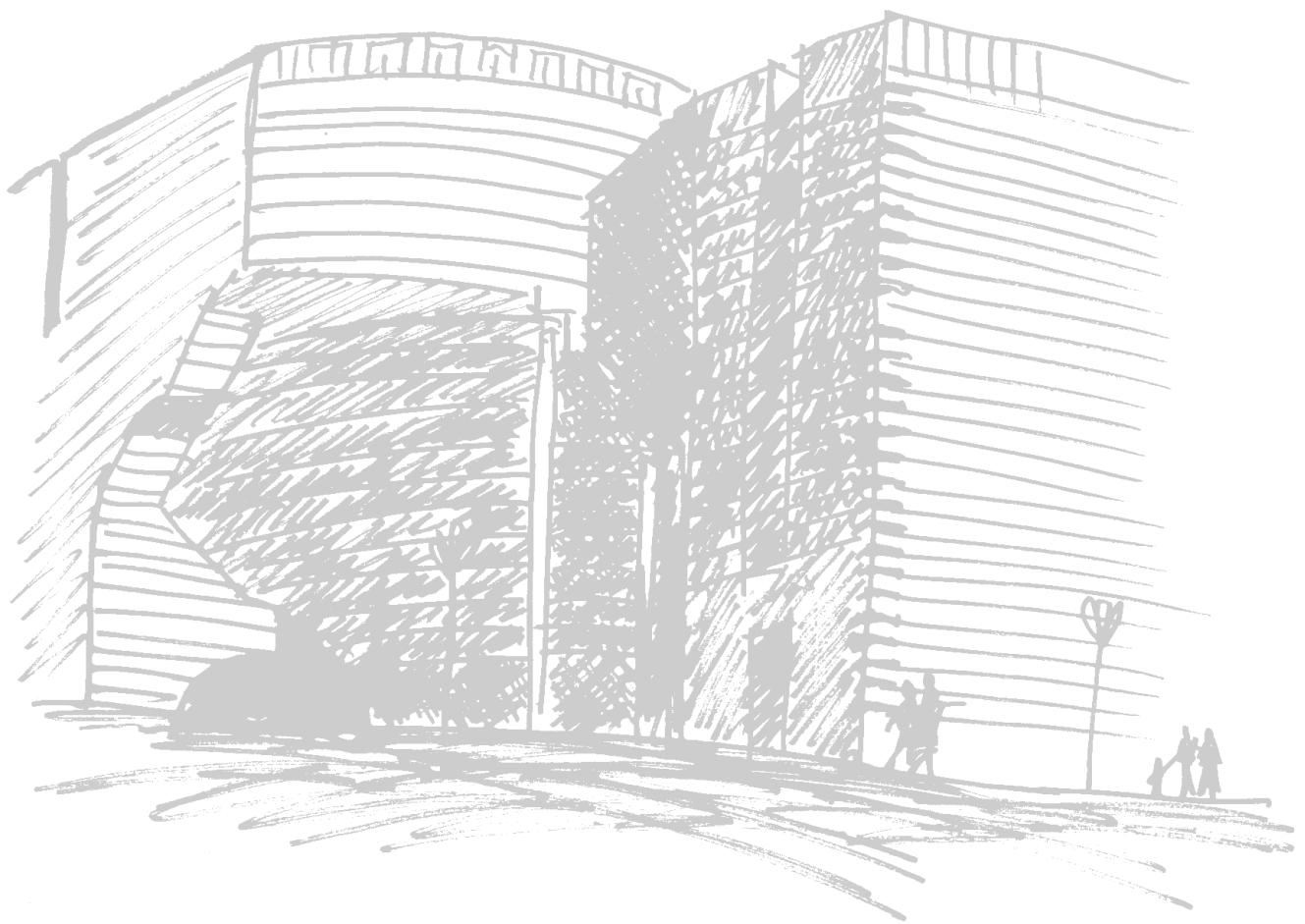


Barriera Taglia Fuoco

D.M. 04.05.98



Prefazione	3
Introduzione	4
1 Cosa sono e come siamo giunti alle Grandi Murature	6
2 Caratteristiche delle Grandi Murature in elementi di cls	6
3 Esempio metodologia di strutturazione delle murature con sistema SGM	9
4 Determinazione delle resistenze flessionali	12
5 Barriera Tagliafuoco	17
Allegati	23



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 capaci 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



Anni orsono quando le murature degli edifici industriali erano di limitate dimensioni, la loro realizzazione non presentava particolari problemi; era sufficiente porre in opera "un elemento sull'altro con interposta della malta" senza preoccuparsi delle sollecitazioni orizzontali (vento ecc.), e per quanto riguardava le Murature Tagliafuoco era sufficiente presentare un "qualsiasi" certificato sperimentale.

L'avvento degli Eurocodici n°1 e n° 6, a loro volta recepiti dalla legislazione italiana rispettivamente con i DM 16.01.96 e DM 04.05.98 ha definitivamente chiarito le sollecitazioni nonché le prestazioni che le murature in oggetto debbono garantire. E' chiaramente emerso che per realizzare una "Grande Muratura" non ci si può più affidare all'improvvisazione od all'esperienza del posatore, mentre è necessario affrontare il problema con metodologia tecnica basandosi su calcoli e precise prestazioni dei singoli materiali. Tutto questo può essere garantito da aziende con Sistema di Qualità certificato ISO 9000. Da una profonda conoscenza delle esigenze progettuali e da una pluridecennale esperienza sui materiali e sulle tecniche di posa, Vibrapac ha messo a punto due Sistemi Murari a disposizione dei progettisti:



SISTEMA GRANDI MURATURE

per le murature di tamponamento degli edifici industriali



BARRIERA TAGLIAFUOCO

per la realizzazione delle Grandi murature TagliaFuoco

Data la grande varietà delle tipologie costruttive il presente quaderno tecnico non pretende essere esaustivo dell'argomento ma intende dare un contributo tecnico e di esperienza che serva da supporto nella progettazione e realizzazione delle murature in elementi Vibrapac.

Per ragioni di brevità nelle pagine che seguono non si sono riportati tutti gli sviluppi che, partendo dall'analisi matematica, hanno portato a molte formule usate nel calcolo delle tensioni, bensì ci si è limitati a riportare i risultati e quanto può interessare praticamente il progettista ed il costruttore. Per queste ragioni nel presente testo vi sono dei richiami a documentazioni disponibili presso la Vibrapac, che potranno essere consultate da chi volesse approfondire la materia. Vibrapac spa ringrazia il gruppo di lavoro che in primo luogo ha fornito al Progettista e al Costruttore un valido strumento di lavoro e nello stesso tempo ha contribuito alla diffusione degli elementi in cls vibrocompresso di qualità.

Vibrapac Spa



L'elemento in cls vibrocompresso: componente base per la realizzazione di grandi murature sia perimetrali che Tagliafuoco.

*Nella pagina a fianco
Una Grande muratura per un edificio industriale.
(Cartiera Bosso - Mathi Canavese TO)
Progettisti Gabetti e Isola*

*In basso
Immagine sintetica della funzione di una muratura tagliafuoco.*



1. Cosa sono e come siamo giunti alle Grandi Murature

DEFINIZIONE DI GRANDI MURATURE

Per Grandi Murature intendiamo generalmente le murature degli edifici industriali e del terziario con strutture portanti prefabbricate a grande luce e con chiusure di notevole estensione. In pratica i tamponamenti realizzati in elementi di cls vibrocompresso, la cui altezza supera i 3,50 m e la cui lunghezza supera gli 8 m. Queste situazioni differiscono notevolmente dalle murature del residenziale che vengono vincolate a maglie strutturali di limitate dimensioni e che richiedono dunque un approccio completamente diverso.

Le prime applicazioni degli elementi in cls. colorati ed impermeabilizzati su scala industriale, sono rappresentate dai tamponamenti dei capannoni industriali all'inizio del boom economico italiano, fine anni 50. Si trattava di murature poste da pilastro a pilastro, la loro lunghezza era di 5,0 - 6,0 m circa e l'altezza non superava i 3,0 m.

Le richieste di edifici sempre più ampi ed alti, sia nel campo industriale prima e del terziario poi, nonché l'avvento della prefabbricazione, hanno aumentato le luci delle coperture, innalzato gli edifici ed aumentato gli interassi dei pilastri; le murature di tamponamento esterno e di ripartizione interna hanno dovuto seguire questa tendenza, in pratica sono così comparse le Grandi Murature.

Il costruttore era abituato fino ad allora a dimensionare le murature in base ai carichi verticali, fino a quando la situazione si è capovolta, le murature dovevano venire calcolate in base alle sollecitazioni orizzontali, provocate generalmente dal vento, mentre quelle verticali potevano venire trascurate.

Le Grandi Murature che vengono inserite nelle strutture prefabbricate hanno spesso le caratteristiche di una piastra, od addirittura di una membrana; ci troviamo di fronte a rapporti di snellezza verticale ed orizzontale del tutto nuovi.

$$\frac{h}{s} > 35 - 50 \quad \frac{l}{s} > 50 - 100$$

dove: s = spessore muro

h = altezza muro (distanza tra i vincoli)

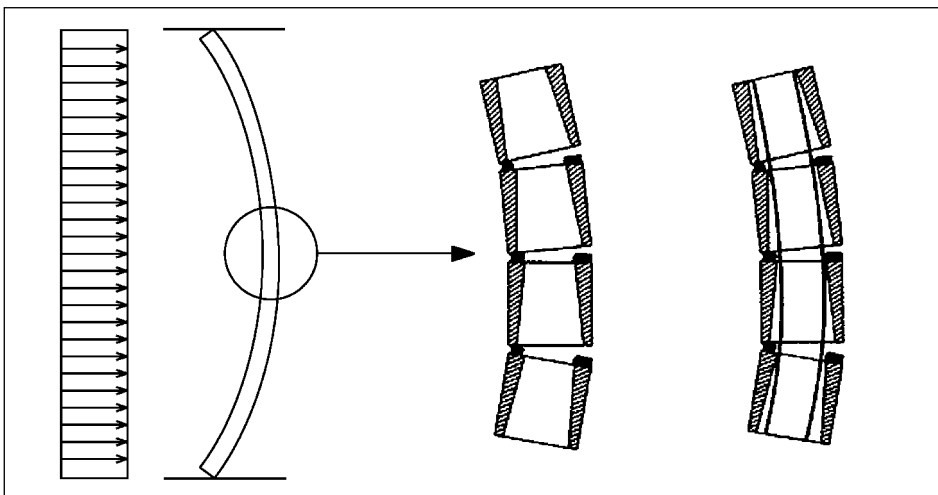
l = lunghezza muro (distanza tra i vincoli)

2. Caratteristiche delle Grandi Murature in elementi di cls

Figura 1 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.

È ovvio che in questa situazione il sistema tradizionale di costruire la muratura posando "blocco su blocco" con interposta la malta non corrisponde più a tali esigenze, in quanto detta muratura non ha la sufficiente resistenza flessionale né in direzione orizzontale, né tanto meno verticale.

Caratteristica delle Grandi Murature realizzate con il Sistema SGM è quella di assorbire le sollecitazioni orizzontali, previste dalla normativa, grazie alla resistenza flessionale loro conferita dal sistema SGM, in particolare si dovrà procedere come di seguito specificato.



2.1. E' necessario conferire resistenze flessionali verticali realizzando irrigidimenti mediante getto di cls. nel foro dell'elemento ed armando con ferri verticali posizionati con distanziatori di precisione (il semplice inserimento di ferri con posizionamento casuale non dà alcuna affidabilità alla resistenza flessionale) e facendo collaborare anche il cls. del manufatto che conferisce al sistema la resistenza e deformabilità evitando così il pericolo di collasso improvviso. (è necessario che l'Rbk del cls dell'elemento sia ≥ 15 Mpa).

Calcoli e prove di laboratorio hanno ormai definitivamente chiarito che l'apporto alla resistenza flessionale data dall'elemento alla strutturazione é di grande importanza: é necessario quindi usare elementi vibrocompressi garantiti "**Structural**" (1) con modulo elastico E del cls non inferiore ai 13.000 Mpa. Il contributo alla resistenza flessionale dato dal cls di getto é molto ridotto poiché assai vicino all'asse neutro.

Il conferimento di resistenza flessionale verticale presenta la via più facile per irrigidire le murature essendo l'altezza della muratura in genere di molto inferiore alla lunghezza.

La fig. 1 illustra la problematica della realizzazione di strutturazioni verticali.

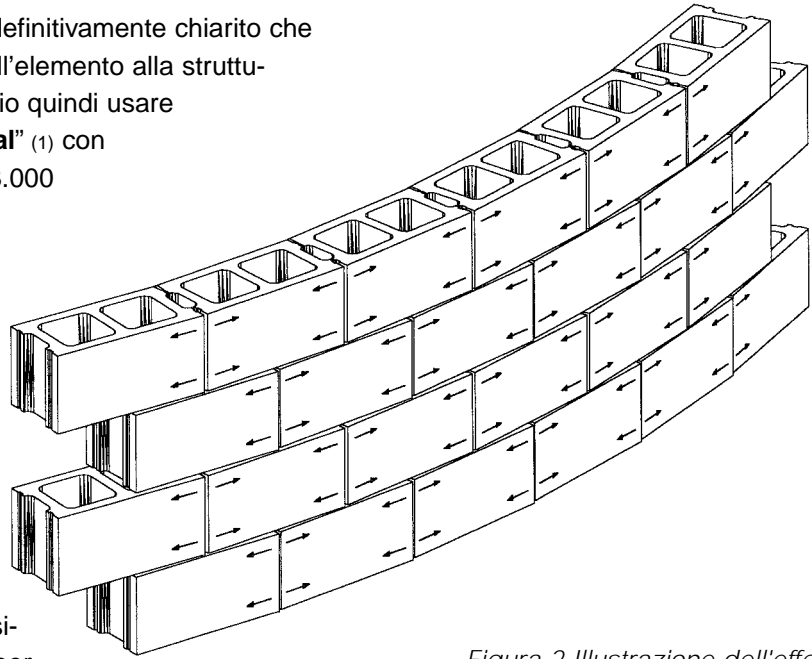


Figura 2 Illustrazione dell'effetto "concatenamento" degli elementi Structural, effetto che garantisce la resistenza flessionale sul piano orizzontale, senza la quale alcuna muratura non potrebbe resistere.

2.2 É necessario conferire alla muratura resistenza flessionale in direzione orizzontale per garantire la stabilità della stessa posta fra pilastro e pilastro, qualora ciò non sia possibile essendo tale distanza troppo elevata, si dovranno inserire le sopradescritte strutturazioni. La resistenza orizzontale a flessione viene garantita dall'effetto "concatenamento" degli elementi "**Structural**" (vedi figg.2 e 3).

2.3 É necessario vincolare saldamente la muratura ai pilastri pur consentendo piccoli movimenti relativi provocati dal ritiro igrometrico delle murature e dalle dilatazioni termiche della struttura.

2.4 É necessario vincolare la parte superiore delle strutturazioni verticali agli orizzontamenti del prefabbricato a mezzo di sistemi che ne consentano la flessione di questi ultimi senza trasferire pericolosi carichi di punta alla sottostante muratura.

2.5 É necessario nelle relazioni di calcolo tenere conto delle spinte del vento previste dal DM 16.01.1996 e successive circolari esplicative (vedi allegato 1) o di altre sollecitazioni previste dalla normativa

2.6 Le Grandi Murature assemblate assieme ad una struttura prefabbricata così come avviene nelle costruzioni industriali e del terziario, presentano una serie di problemi statici assai critici ma facilmente solubili all'interno del

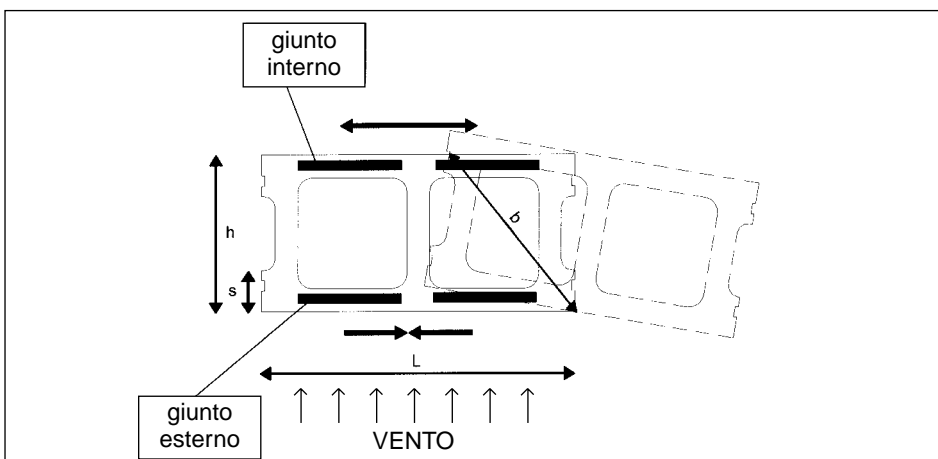
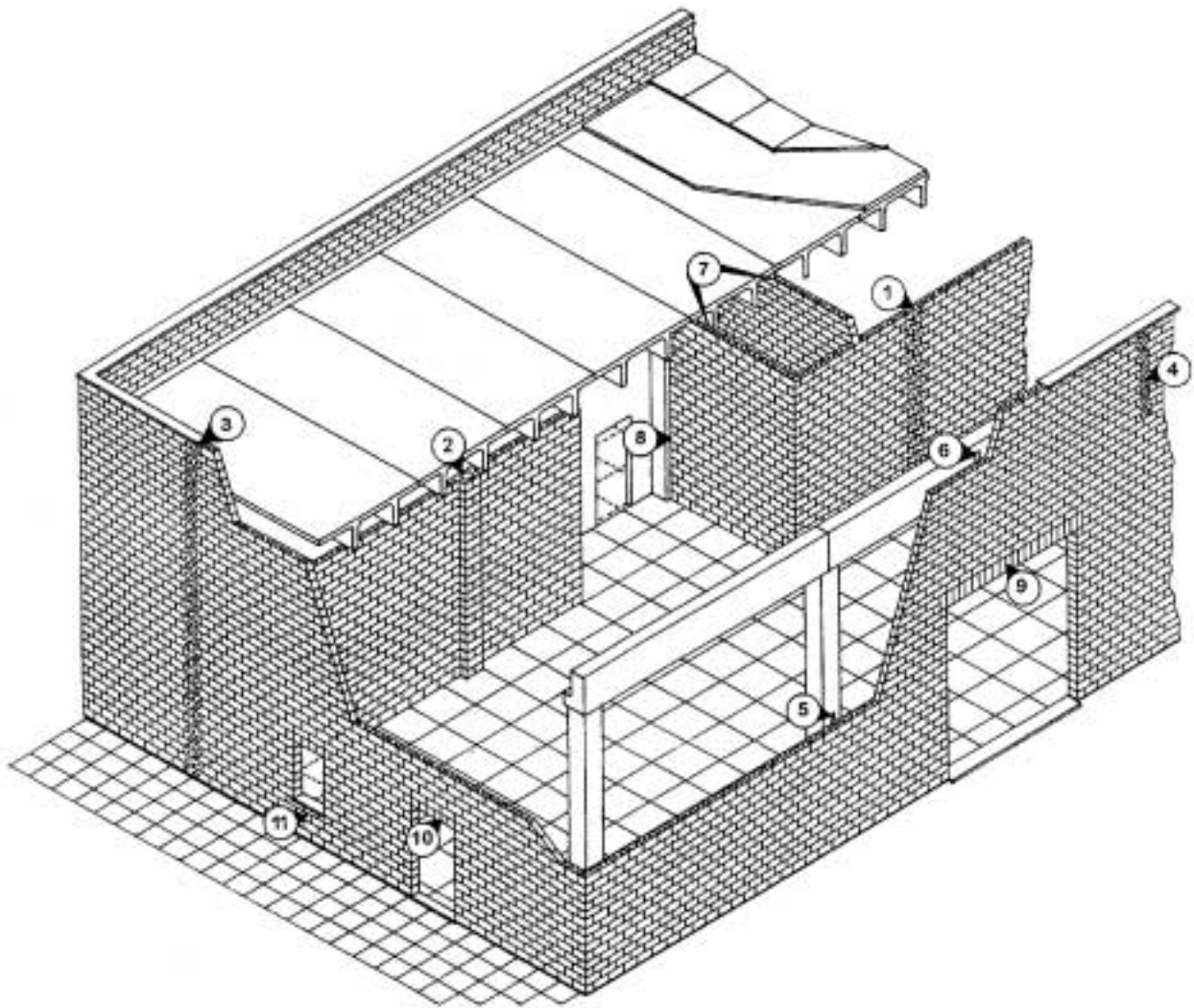


Figura 3 Illustrazione di come la malta deve resistere al taglio per generare l'effetto concatenamento con un elemento Structural.

(1) L'elemento **Structural** é un elemento con ben definita resistenza meccanica a compressione trazione, sul quale inoltre una malta con $R_{ck} = 12$ Mpa ha una elevata adesione.

Figura 4 Rappresentazione sintetica dei problemi delle grandi murature in un edificio industriale e relative soluzioni/proposte offerte dal Sistema SGM.

Sistema SGM. Quanto sopra affermato é illustrato schematicamente in fig. 4. Le murature così realizzate consistono in elementi vibrocompressi con particolari caratteristiche "Structural" nonché in molti accessori che opportunamente combinati conferiscono alla muratura medesima resistenza flessionale e la vincolano alla struttura pur consentendo l'assorbimento dei movimenti relativi (muratura-struttura). La figura 5 riporta un caso comune e di facile intuizione di una Grande Muratura inserita fra due pilastri prefabbricati e posta sotto un orizzontamento spesso rappresentato da una copertura a capriata o da altro tipo di orizzontamento, la sua lunghezza può raggiungere i 20.0/25.0 m e l'altezza di 7.0 - 10.0 m; prima di affrontare il problema del calcolo statico dobbiamo considerare quanto segue:



1 Trave verticale in spessore realizzata con sistemi serie BASIC.

2 Trave verticale con sporgenza 20x40 cm realizzata con elementi serie BLOCCO PILASTRO.

3 Trave verticale adatta per muri esterni con particolari "superfici" realizzata in spessore con elementi aperti "A.P.E.".

4 E' necessario che la "vela" resista alle spinte del vento che genera all'interno della muratura momenti flettenti che possono venir assorbiti realizzando delle strutturazioni opportune.

5 La muratura deve essere vincolata al pilastro con particolari staffe.

6 La muratura deve essere vincolata alla copertura con particolari mezzi che permettono la flessione della struttura senza ingenerare fessurazioni nella muratura.

7 Particolari sistemi che pur vincolando a cerniera la parte superiore della trave verticale consentono il movimento flessionale della copertura senza provocare pericolosi carichi di punta nella muratura, vedi serie SGM.

8 Giunto fra pilastro e muratura che pur vincolando quest'ultima ne permette un

movimento telescopico onde assorbire le dilatazioni termoigrometriche della muratura e quelle elastiche della struttura.

9 Architrave per portone normale luce massima fino a m 4,20 con sistema "TORSIORESISTENTE" nel caso siano previste porte tagliafuoco, (luci maggiori richiedono specifico progetto).

10 Architrave per portone normale fino alla luce massima di m 2,40.

11 Sistema per evitare eventuali cavillature sotto le finestre od altre zone della muratura.

3. Esempio metodologia di strutturazione delle murature con Sistema SGM

3.1 Appena realizzata la muratura subirà un ritiro dovuto all'essiccamento delle malte, ragion per cui verrà a formarsi un distacco fra muratura e pilastro annullando qualsiasi tipo di aderenza, aderenza ridotta fin da principio considerando la superficie molto liscia presentata da un pilastro prefabbricato.

Per risolvere il problema è previsto l'uso di un "Profilo TM" con guarnizione di tenuta (vedi fig. 6).

3.2 La formazione di una "correa" dello spessore di 20 cm della lunghezza delle capriate non costituisce praticamente alcun irrigidimento essendo essa troppo "snella", eventualmente può considerarsi un cordolo rompitratta. Tale considerazione vale anche nel caso di "correa" di maggiore spessore come nel caso di muratura da 25 o 30 cm perché con questo spessore la snellezza della correa rimane sempre troppo elevata.

Figura 5 Esempio di metodologia per la strutturazione ed il vincolo di una Grande Muratura

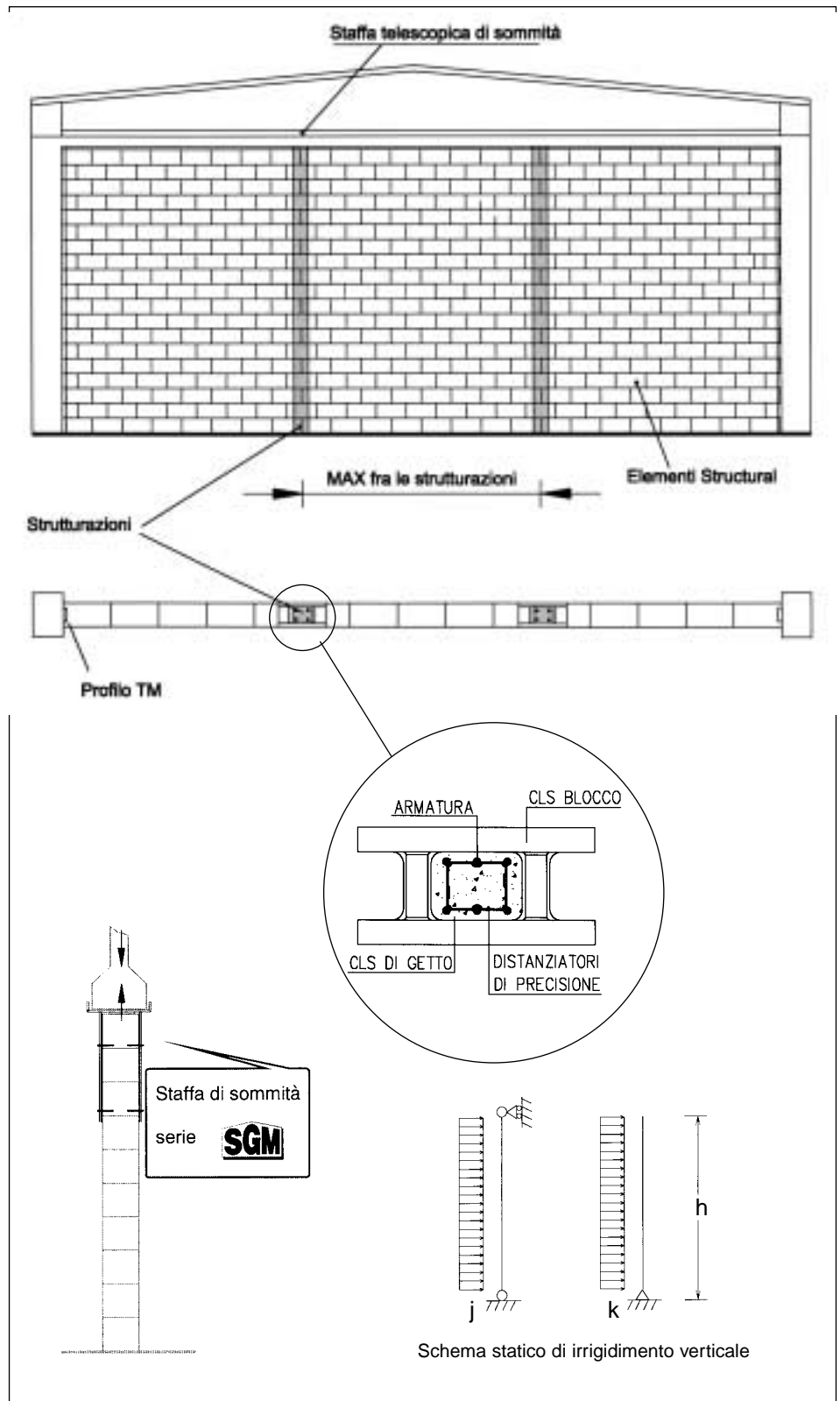
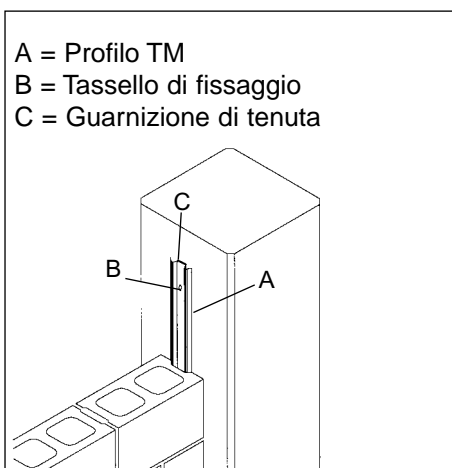


Figura 6
Vincolo muratura pilastro prefabbricato

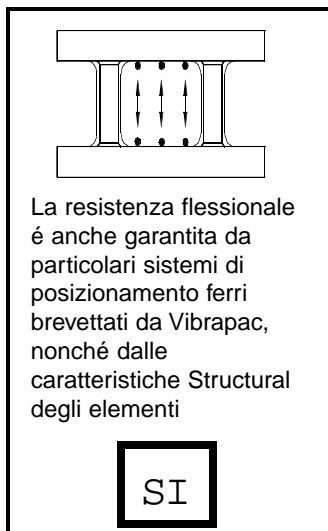


Il caso "K" presenta anche problemi di fondazione, poiché per assorbire un momento come quello che genera una strutturazione incastrata alla base, sono necessari in genere plinti di notevoli dimensioni.

3.3 L'unico metodo praticabile per irrigidire la muratura è quello di introdurre delle strutturazioni verticali essendo l'altezza in genere molto inferiore alla lunghezza. Dette strutturazioni vengono realizzate ponendo dei ferri all'interno dei fori dell'elemento e gettando in esse un cls con Rbk 300 a ritiro di presa ridotto e SLUMP 20. Il basso ritiro di presa fa sì che il cls di getto non si stacchi dal manufatto facendolo così collaborare alle flessioni, l'elevato SLUMP (cls molto fluido) consente il perfetto riempimento di tutti gli interstizi fra elemento e tondini. Importanza fondamentale assume l'esatto posizionamento dei ferri per cui il Sistema SGM prevede dei particolari distanziatori di precisione realizzati con macchine utensili, essi così ottimizzeranno il momento flettente assorbibile dalla strutturazione - vedi fig. 7 e fig. 8.

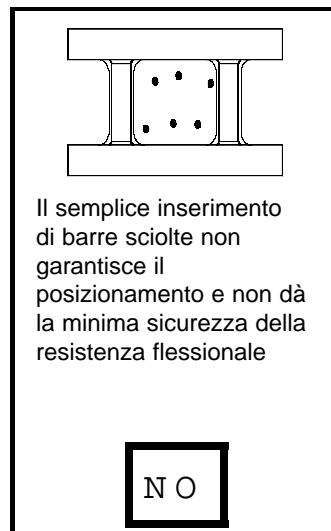
3.4 La strutturazione verrà calcolata come una trave verticale a doppio appoggio sottoposta a carico orizzontale - vedi scheda (vedi fig. 5 - schema "J") - Il calcolo a mensole incastrate alla base vedi schema "K" della stessa figura è il più delle volte da sconsigliarsi in quanto esso genera un momento flettente alla base quattro volte superiore a quello che ha luogo in mezzeria nel caso J - ($1/2 ph^2$ anziché $1/8 ph^2$) ove "p" è il carico orizzontale per m, ed "h" l'altezza (lunghezza) della strutturazione.

Figura 7 Il posizionamento dei ferri all'interno dell'elemento



La resistenza flessionale è anche garantita da particolari sistemi di posizionamento ferri brevettati da Vibrapac, nonché dalle caratteristiche Structural degli elementi

SI



Il semplice inserimento di barre sciolte non garantisce il posizionamento e non dà la minima sicurezza della resistenza flessionale

NO

Il caso "K" presenta anche problemi di fondazione, poiché per assorbire un momento come quello che genera una strutturazione incastrata alla base, sono necessari in genere plinti di notevoli dimensioni; la presenza di una fondazione continua a cui vincolarsi è una soluzione improponibile essendo questa, in genere, troppo ristretta. La considerazione spesso proposta che la fondazione è a sua volta vincolata ai plinti è pure non accettabile, in tal caso essa verrebbe sottoposta a momenti torcenti per cui sarebbe necessario l'uso di particolari e costose armature della fondazione stessa. Quindi possiamo anche affermare nella maggior parte dei casi l'inutilità delle "chiamate".

3.5 Stabilito che la strutturazione viene realizzata secondo lo schema J sarà necessario che in sommità sia posto un vincolo a cerniera, carrello, detto vincolo consentirà anche un movimento orizzontale dell'orizzontamento dovuto alla flessione derivante sia da carichi che da dilatazioni termiche senza che la muratura venga sottoposta a carichi di punta; in genere si presume detto movimento sia di 20 mm circa salvo casi particolari in cui esso è maggiore. La realizzazione del vincolo deve tener conto del tipo di orizzontamento sovrastante; la fig. 11 presenta le più comuni tipologie usate in funzione delle diverse coperture.

3.6 La distanza da una strutturazione e l'altra dovrà essere tale che la muratura interposta sia in grado di assorbire il "momento di concatenamento" ad essa impresso dalle spinte orizzontali a cui essa è sottoposta. Esso viene indicato con M_c , sarà espresso in Nm per ogni metro di altezza della muratura e sarà così calcolato:

$$M_c = 1/8 w i^2$$

ove
 w = spinta orizzontale in N/m^2 e sarà determinata secondo quanto previsto nel DM 16.01.96 (vedi allegato 1)
 i = interasse delle strutturazioni, lunghezza libera della muratura

3.7 Chiamando ora :

M_C momento di concatenamento espresso in Nm/m

M_S momento di strutturazione espresso in Nm

R reazione di vincolo superiore espresso in N

i interasse fra due strutturazioni espresso in m

w carico del vento sulla parete espresso in N/m²

h altezza della muratura espressa in m

considerando la strutturazione nel caso K - incastro alla base - (anche se sconsigliato), avremo che :

$$M_S \text{ alla base} = \frac{1}{2} wih^2 < M_r$$

considerando la strutturazione nel caso J - cerniera alla base e vincolo di sommità a cerniera - avremo:

$$M_S \text{ a mezzeria} = \frac{1}{8} wih^2 < M_r$$

fra le strutturazioni proposte nella Fig. 8 si dovrà scegliere quel tipo in grado di assorbire il momento risultante dai calcoli di cui sopra, in caso contrario si dovranno infittire le strutturazioni diminuendo la "i".

Nel caso J la reazione di sommità "R" sarà :

$$R = \frac{1}{2} wih < F_{max}$$

fra quelle proposte nella Fig. 9 si dovrà scegliere un tipo di "vincolo di sommità" in grado di assorbire tale reazione e nello stesso tempo essere compatibile con il tipo di orizzontamento.

Qualora la spinta dovesse superare la F_{max} assorbibile dalla staffa di sommità scelta è necessario infittire le strutturazioni verticali. L'applicazione di due staffe di sommità affiancate è improponibile a causa della pratica impossibilità di un montaggio perfetto e che su di esse venga ripartito equamente il carico.

Una soluzione parziale al problema è rappresentata, limitatamente ai tipi SGM 26 - 15 e 44 dall'accorciamento dell'asta; per questo è necessario consultare le singole schede tecniche non riportate nel presente scritto.

Per facilitare la scelta delle strutturazioni e dei vincoli telescopici di sommità, gli allegati 2/1 e 2/2 riportano i momenti flettenti delle strutturazioni e le reazioni di vincolo superiore in funzione dell'altezza della muratura e dell'interasse della strutturazione. Nell'allegato 2/1 è prevista una spinta del vento di 590 N/m² valida per gli esterni nella maggior parte della pianura padana, nell'allegato 2/2 è prevista una spinta di 240 N/m² valida in genere per i muri interni della stessa zona tenendo conto di un coefficiente di forma $C = 0.2+0.2 = 0.4$. Per altre zone si dovrà far riferimento al DM del 16.01.96.

3.8 Per le zone sismiche la pratica costruttiva ha dimostrato che Grandi Murature costruite con il sistema SGM hanno perfettamente resistito anche nelle zone piu' colpite. Considerando infatti che una Grande Muratura in elementi Standard, ha una massa non superiore ai 250 kg/m² considerando un'accelerazione orizzontale di 0.1g la spinta su di essa generata è di $250 \times 0.1 = 25$ kg/m² spinta assimilabile a quella di cui si tiene già conto in genere per l'azione eolica all'interno degli edifici industriali.

Si fa pure presente che le normative non prevedono la contemporaneità delle azioni sismiche ed eoliche; in ogni caso il tecnico dovrà eseguire tutte le verifiche di resistenza della muratura come previsto per ogni edificio e grado di sismicità della zona. In questo caso particolare andranno considerati tutti quei particolari costruttivi in sintonia con la normativa antisismica.

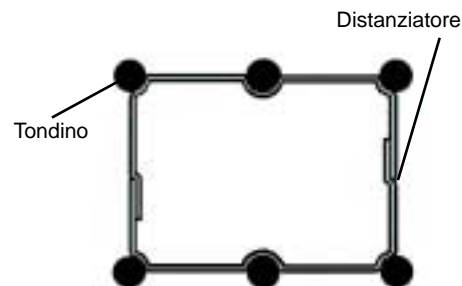


Figura 8 Distanziatore di precisione (brevetto Vibrapac) per il posizionamento dei ferri in una strutturazione. Onde garantire i momenti resistenti riportati in fig.12 e le resistenze al fuoco vedi fig.11 e fig.21

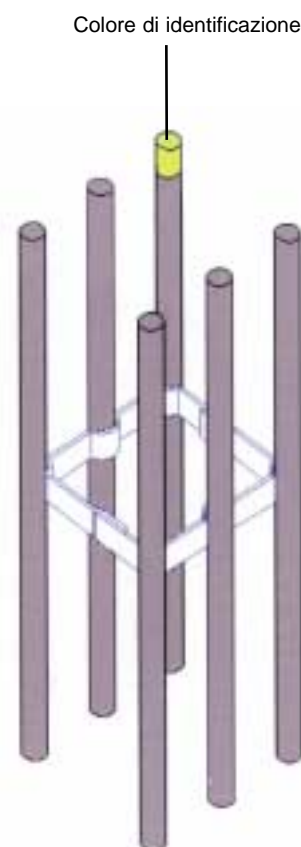


Figura 9 Vari tipi di strutturazioni verticali ottenibili con diversi tipi di elementi e diversi tipi di gabbie

PROSPETTO	SEZIONE	DESCRIZIONE
		<p>Sistema di strutturazione STF 412/95 composto da: gabbie con distanziatori di precisione rappresentati da staffe prodotte a mezzo macchine utensili onde consentire un esatto posizionamento dei ferri. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120')</p> <p>Elemento 412/95 a resistenza controllata</p> <p>$M_r \text{ max} = 7500 \text{ Nm}$</p>
		<p>Sistema di strutturazione BASIC 612/80 composto da: gabbie con distanziatori di precisione rappresentati da staffe prodotte a mezzo macchine utensili onde consentire un esatto posizionamento dei ferri. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120')</p> <p>Elemento BASIC a resistenza controllata</p> <p>$M_r \text{ max} = 11000 \text{ Nm}$</p>
		<p>Sistema di strutturazione APE 614/95 composto da: gabbie con distanziatori di precisione rappresentati da staffe prodotte a mezzo macchine utensili onde consentire un esatto posizionamento dei ferri. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120')</p> <p>Elemento APE a resistenza controllata</p> <p>$M_r \text{ max} = 12500 \text{ Nm}$</p>

4. Determinazione delle resistenze flessionali



Figura 10 Elemento predisposto con Strain Gauge per la determinazione della funzione $\sigma = f(\epsilon)$. 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.

4.1 INTRODUZIONE

In figura 9 sono riportate le principali strutturazioni utilizzate nel sistema SGM, a fianco di ogni tipologia sono riportate anche le caratteristiche tecniche nonché i momenti che ogni strutturazione è in grado di assorbire; informazioni basilari per il tecnico che si accinge a calcolare la resistenza di una muratura.

Il valore massimo del momento flettente assorbibile da ogni strutturazione è stato determinato prima di tutto col sistema delle tensioni ammissibili, a mezzo di un procedimento matematico che tiene conto della presenza di due calcestruzzi con moduli elastici notevolmente differenti.

In seguito è stato realizzato un secondo modello matematico allo stato limite ultimo che, basandosi soprattutto sulle

caratteristiche meccaniche del ferro e sulla funzione $\sigma = f(\epsilon)$ caratteristica dell'elemento, si è potuto determinare la funzione freccia/momento, funzione ricavata anche per via sperimentale come qui di seguito descritto. La fig. 10 illustra un elemento predisposto con Strain Gauge per la determinazione sperimentale della funzione $\sigma = f(\epsilon)$.

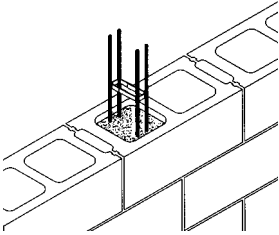
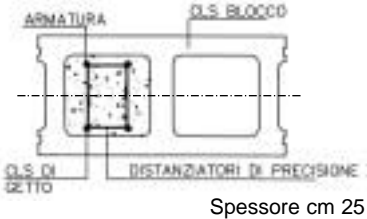
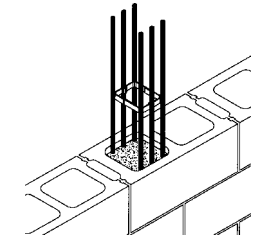
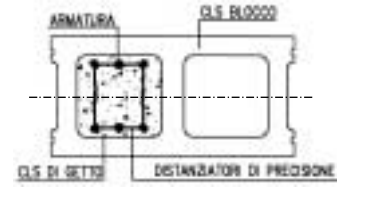
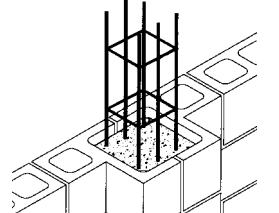
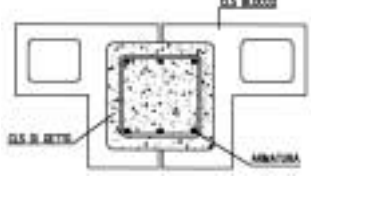
PROSPETTO	SEZIONE	DESCRIZIONE
		Sistema di strutturazione IST25 412/130 composto da: gabbie con distanziatori di precisione rappresentati da staffe prodotte a mezzo macchine utensili onde consentire un esatto posizionamento dei ferri. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120') Elemento IST25 a resistenza controllata M_r max = 9900 Nm
		Sistema di strutturazione IST25 614/130 composto da: gabbie con distanziatori di precisione rappresentati da staffe prodotte a mezzo macchine utensili onde consentire un esatto posizionamento dei ferri. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120') Elemento IST25 a resistenza controllata M_r max = 19500 Nm
		Sistema di strutturazione BLOCCO PILASTRO 614/220 composto da: gabbie con staffe di precisione. Resistenza al fuoco REI 120' (con certificato comprovante il REI 120') Elemento BLOCCO PILASTRO a resistenza controllata M_r max = 33000 Nm

Figura 11 Vari sistemi di vincoli superiori, essi vengono scelti in base alla reazione da assorbire e dal tipo di copertura presente.

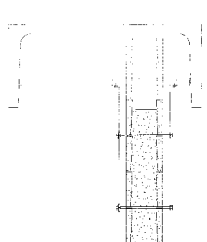
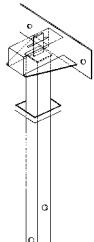
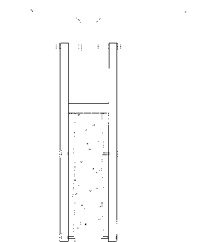

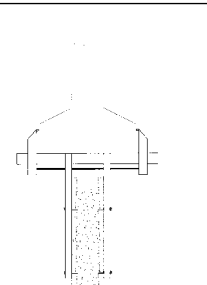
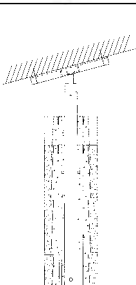
	Staffa di sommità SGM 42 per l'ancoraggio della parte superiore di una strutturazione alla parte interna di un tegolo Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N		Staffa di sommità SGM 26 per l'ancoraggio della parte superiore di una strutturazione alla costola di un tegolo quando il muro scorre perpendicolarmente alla medesima Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N
	Staffa di sommità SGM 33 per l'ancoraggio della parte superiore di una strutturazione alla costola di un tegolo quando il muro scorre in corrispondenza della medesima Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N		Staffa di sommità SGM 15 per l'ancoraggio della parte superiore di una strutturazione alla parte inferiore di un orizzontamento quando è possibile inserire dei fissaggi ad espansione Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N
	Staffa di sommità SGM 51 per ancoraggio di sommità delle strutturazioni verticali alla trave orizzontale nel caso di murature sottostante e parallela alla direzione della trave medesima. Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N		Staffa di sommità SGM 44 fornita di testa snodabile per l'ancoraggio di sommità delle strutturazioni verticali di superfici anche inclinate o curve in cui sia possibile inserire specifici tasselli di fissaggio previsti e sempre che essa sia in grado di sopportare la spinta orizzontale ad essa trasmessa. Scorrimento ammissibile 2,0 cm $F_{max} = 6000$ N

Figura 12 Schema per la prova flessionale di una strutturazione.

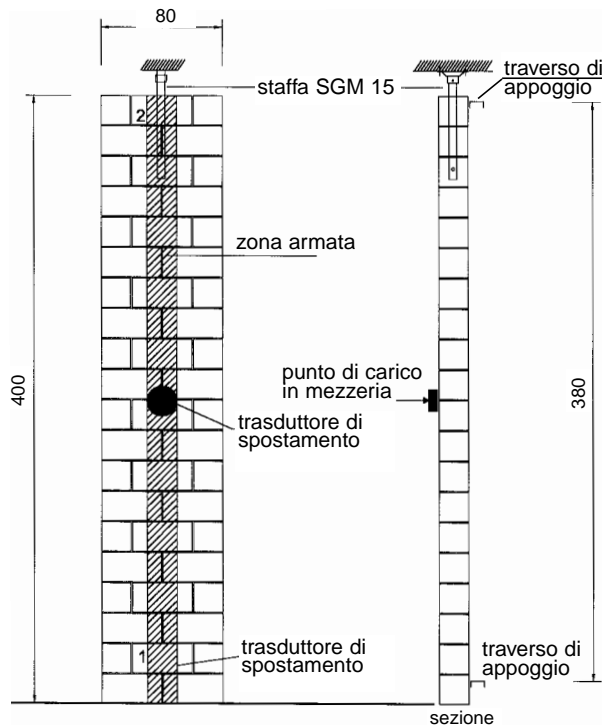
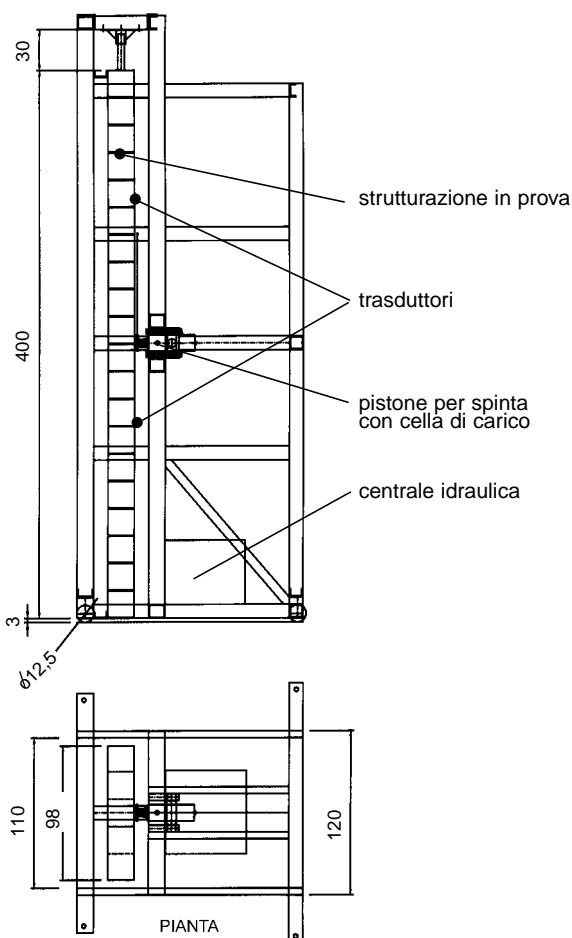


Figura 13 Macchina di prova a flessione

PROSPETTO LATERALE



(1) Tali sperimentazioni sono state eseguite in collaborazione con l' I.C.I.T.E. che ha redatto regolare certificato di prova

4.2 STRUTTURAZIONI PROVE SPERIMENTALI. (1)

Si sono realizzate 3 strutturazioni BASIC 612/80 della lunghezza di m 4,0 a cui si è applicato, a mezzo di pistone idraulico, un carico centrale come riportato nel disegno di fig. 12.

La fig. 13 illustra la costruzione delle macchine sperimentali costruite allo scopo.

La fig. 14 illustra la freccia in funzione del carico; per comprendere il diagramma è necessario però fare le seguenti osservazioni.

Alla strutturazione sono stati applicati dei trasduttori di spostamento, all'impianto idraulico invece dei trasduttori di pressione, i dati da essi rilevati sono stati trasmessi ad un computer per il tracciamento del diagramma momento/freccia riportato in fig. 14.

Essendo la distanza degli appoggi di m 4,0, si avrà un momento flettente pari a :

$$M = \frac{1}{4} P l$$

Dove :

P = carico applicato

l = luce della strutturazione ed essendo l = 4 m

si ha :

$$M = \frac{1}{4} P 4,0 = P$$

ragion per cui nel diagramma possiamo leggere :

$$M = P$$

Premesso che tutti i prodotti sono realizzati in Sistema Qualità ISO 9002 il coefficiente di sicurezza adottato è pari a 2,5 , ragion per cui dividendo il carico di rottura riportato nella figura 14 per tale coefficiente si ottiene il carico di lavoro ammissibile della strutturazione sottoposta alla prova = 11000 Nm, perfettamente corrispondente al valore ottenuto con il sistema delle tensioni ammissibili e stato limite ultimo .

Osservazione importante: molte norme sui calcestruzzi armati pongono un valore massimo al rapporto sezione ferro/sezione calcestruzzo; è da osservare che le sezioni di cls armato composte da due tipi di cls normalmente usati nelle murature in elementi vibrocompressi sono particolarmente sensibili a detto rapporto.

Sperimentazioni pratiche e di laboratorio eseguite con la metodologia illustrata nel presente paragrafo hanno posto in evidenza come ad un certo punto l'incremento della sezione del ferro non comporta nessun aumento della resistenza flessionale, al contrario le rotture tendono a passare dal tipo plastico a quello fragile.

L'esperienza di cantiere ha inoltre posto in evidenza come

un eccesso di armatura irrigidisca le murature causando fessurazioni dovute alla dilatazione termica ed elasticità della struttura a cui è collegata la muratura; in ultima analisi si toglie alla muratura la capacità di assorbire qualsiasi movimento.

La figura 15 illustra il tipo di rottura di una strutturazione a bassissimo rapporto di armatura, si può notare la maggior freccia rispetto alla figura 14.

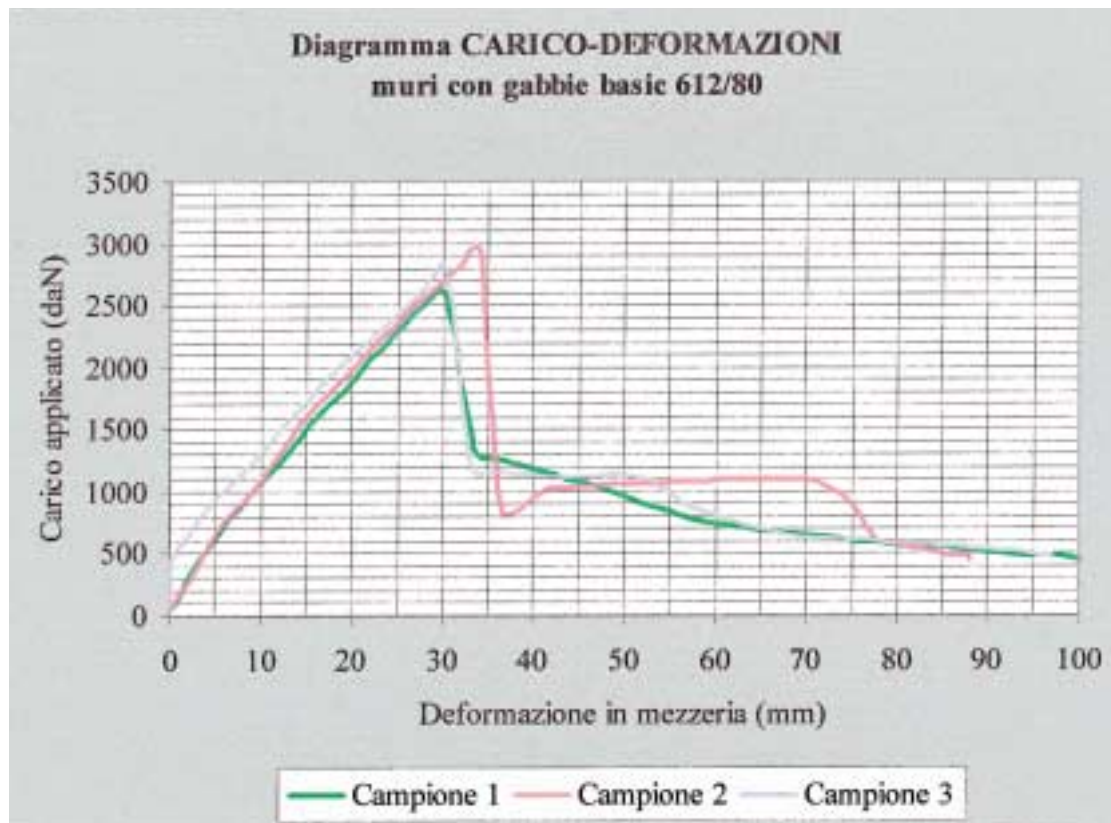


Figura 14 Freccia di una strutturazione BASIC 612/80 in dipendenza del carico.

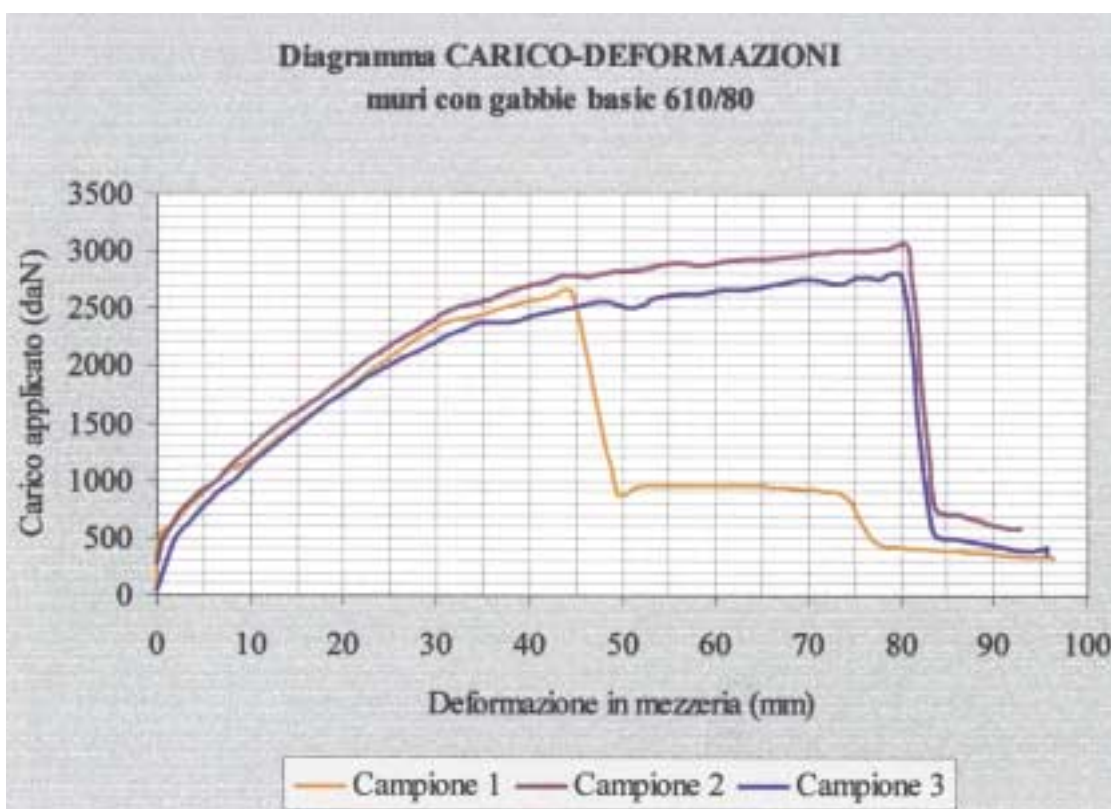


Figura 15 Tipo di rottura di una strutturazione a bassissimo rapporto sezione ferro/sezione cls; essa evidenzia la rottura plastica.



Figura 16a Prova a flessione di una strutturazione nei Laboratori Vibrapac (di dette prove si dispone di certificati ICITE).

Figura 16b Prova di resistenza orizzontale e del momento di concatenamento di una muratura realizzata in elementi Vibrapac tipo Structural.



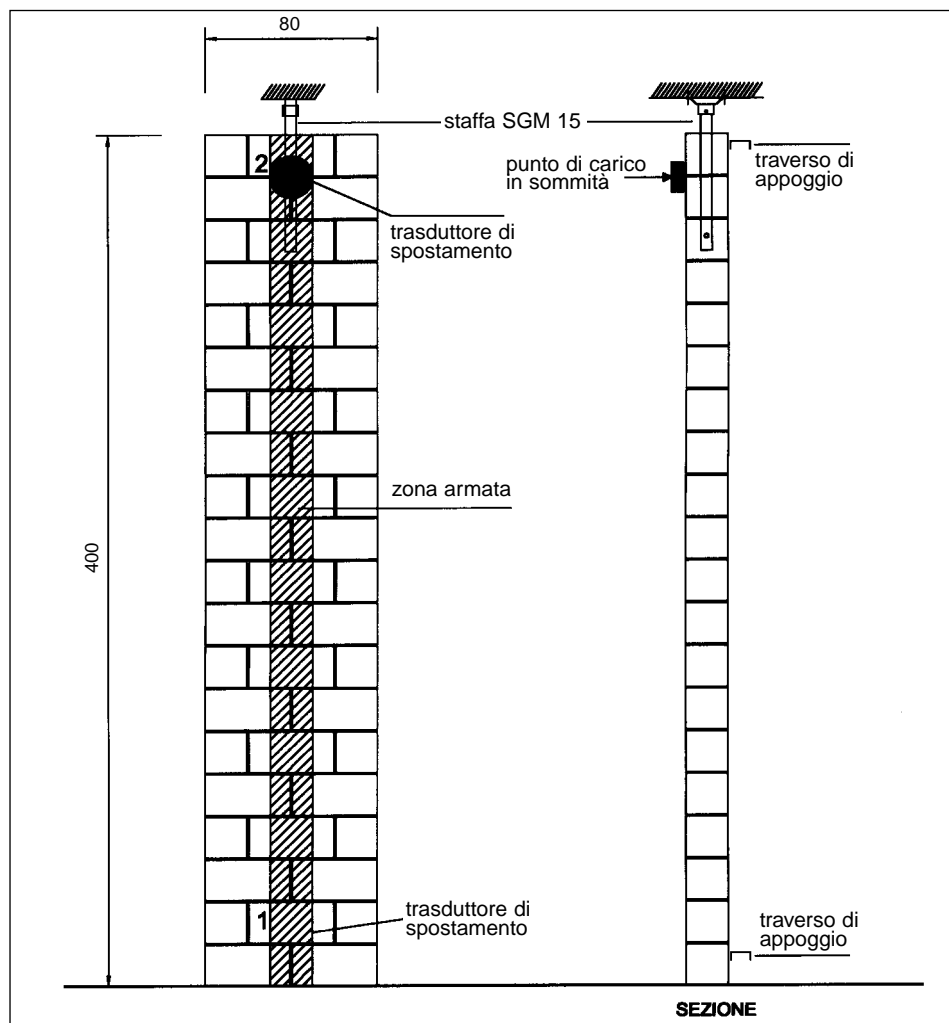


Figura 17 Schema muratura di prova per staffoni di sommità'.

4.3 DESCRIZIONE DELLA PROVA DI UN VINCOLO DI SOMMITÀ SGM 15

La figura 17 illustra lo schema della prova di uno staffone di sommità inserito nella parte superiore di una strutturazione tipo Basic 612/80. Anche in questo caso la spinta del vento è stata simulata con un pistone idraulico munito di cella di carico, il tutto applicato come illustrato nella medesima figura.

Dall'osservazione dei diagrammi spinta/freccia (peraltro non riportati per ragioni di spazio) si possono trarre le seguenti conclusioni:

- l'acciaio usato per realizzare l'asta è del tipo ad alta dissipazione di energia e dà ottime prestazioni, ciò è importante in considerazione del tipo impulsivo delle spinte del vento, per cui lo staffone è chiamato a deformarsi e non a spezzarsi risparmiando l'orizzontamento da pericolosi punti di carico (vedi fig. 18);
- affinchè la sommità della strutturazione non abbia ad aprirsi è necessario un anello di guardia che abbracci la testa dei ferri di armatura e sia nel contempo immerso nel cls di getto (ciò è riportato solo nelle schede tecniche);
- la sicurezza ottimale si ottiene con uno scorrimento dell'asta entro la cuffia di 20 mm c.ca.

Concludendo, la campagna di prova eseguita sugli staffoni di sommità, in particolare sull'SGM 15, ha permesso di ottimizzare le prestazioni ed il sistema di montaggio in cantiere elevando così il grado di sicurezza di tutta l'armatura.

Figura 18 Prova sperimentale di resistenza di una staffa di sommità.



TENSIONI INTERNE NELLE MURATURE

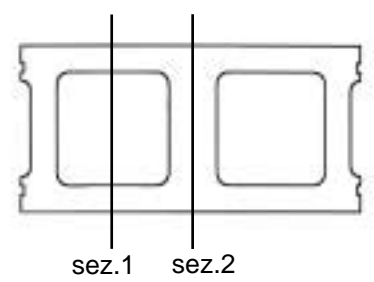
Tabella che in funzione della spinta del vento, della lunghezza della muratura e del **momento di concatenamento** per metro di altezza della muratura, riporta tutte le tensioni interne.

SIMBOLI	i	q	M	σ_1	σ_2	τ_1	τ_2
FORMULA			$M = \frac{1}{8}qi^2$	$\sigma_{t1} = \sigma_{c1} = \frac{M100}{W_1}$ $W_1 = 3960 \text{ cm}^3$	$\sigma_{t2} = \sigma_{c2} = \frac{M100}{W_2}$ $W_2 = 6144 \text{ cm}^3$	$\tau_1 = M80 \frac{1}{sL^2}$	$\tau_2 = \frac{M \cdot 40b}{sL \left[\frac{1}{6} + (h-s)^2 \right]}$
UNITA' DI MISURA	m	N/m ²	Nm/m	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
MURI ESTERNI	8,0	590	4720	1,17	0,75	0,87	0,90
	7,5	590	4150	1,03	0,66	0,76	0,79
	7,0	590	3610	0,90	0,58	0,67	0,69
	6,5	590	3120	0,77	0,50	0,57	0,59
	6,0	590	2660	0,66	0,42	0,49	0,50
	5,5	590	2230	0,55	0,36	0,41	0,42
	5,0	590	1840	0,46	0,29	0,34	0,35
	4,5	590	1490	0,37	0,24	0,28	0,28
	4,0	590	1180	0,29	0,19	0,22	0,22
	3,5	590	900	0,22	0,14	0,17	0,17
	3,0	590	660	0,16	0,11	0,12	0,13
MURI INTERNI	8,0	236	1890	0,47	0,30	0,35	0,36
	7,5	236	1660	0,41	0,26	0,31	0,31
	7,0	236	1450	0,36	0,23	0,27	0,27
	6,5	236	1250	0,31	0,20	0,23	0,24
	6,0	236	1060	0,26	0,17	0,20	0,20
	5,5	236	890	0,22	0,14	0,16	0,17
	5,0	236	740	0,18	0,12	0,14	0,14
	4,5	236	600	0,15	0,10	0,11	0,11
	4,0	236	470	0,12	0,08	0,09	0,09
	3,5	236	360	0,09	0,06	0,07	0,07
	3,0	236	270	0,07	0,04	0,05	0,05

- Murature realizzabili con elementi in cls normale
- Murature realizzabili con elementi in cls "structural" e malta Rck 12,0 Mpa

Simboli

- i = interasse strutturazioni = lunghezza muratura
- q = spinta del vento
- M = momento di concatenamento
- σ_1 = compressione o trazione a cui é sottoposto l'elemento nella sez.1
- σ_2 = compressione o trazione a cui é sottoposto l'elemento nella sez.2
- W_1 = modulo resistente dell'elemento sez.1
- W_2 = modulo resistente dell'elemento sez.2
- τ_1 = taglio a cui é sottoposta la malta e l'interfaccia elemento/malta nell'ipotesi di elemento infinitamente rigido e malta elastica.
- τ_2 = taglio a cui é sottoposta la malta e l'interfaccia elemento/malta nell'ipotesi di elemento elastico e malta infinitamente rigida.



NB. Ovviamente i valori reali si posizionano fra quelli di τ_1 e τ_2

I simboli riportati nelle formule si riferiscono alla figura 3 pag.7
 Le formule per $\sigma_1, \sigma_2, \tau_1, \tau_2$ sono ricavate da sviluppi matematici e prove sperimentali eseguite presso il laboratorio Vibrapac

5. BARRIERA TAGLIAFUOCO

5.1 INTRODUZIONE

Uno dei maggiori problemi in caso di incendio nell'attività produttiva industriale, nei magazzini intensivi e negli archivi, è quello di limitare danni alle cose, permettere l'evacuazione e facilitare l'opera dei vigili del fuoco. Infatti, nel caso dello sviluppo di un focolaio di incendio, la mancanza di un'opportuna compartimentazione da parte delle fiamme la possibilità di estendersi sulla intera superficie, mentre interponendo specifiche murature tagliafuoco è possibile circoscrivere il fenomeno.

La muratura tagliafuoco sotto l'azione delle fiamme deve però mantenere la propria resistenza meccanica, deve impedire il passaggio di fiamme, vapori, gas caldi e fumi tossici e far sì che la superficie della muratura dalla parte opposta dell'incendio non superi mai i 150 gradi centigradi di media.

Le prestazioni di una muratura tagliafuoco sono individuate dal simbolo REI, a cui segue sempre la cifra indicante i minuti primi per cui le prestazioni sono tutte garantite.

In sintesi la funzione di una Barriera TagliaFuoco è di garantire prestazioni non inferiori alle seguenti classi : REI 60' - REI 90' - REI 120' - REI 180'.

In particolare:

R = Resistenza

È necessario che tutta la barriera presenti una propria Resistenza e che essa venga mantenuta durante l'incendio, ragione per cui essa deve venir strutturata e vincolata per sopportare tutte le sollecitazioni orizzontali a cui viene sottoposta, quali ad esempio l'azione del vento o altre sollecitazioni previste anche per l'interno degli edifici come dal D.M. del 16.01.96 e Circ. dello 07.96.

E = Ermeticità

Deve impedire il passaggio dei gas e dei fumi per proteggere le persone nei locali adiacenti a quelli dove si è sviluppato l'incendio.

I = Isolamento

Deve impedire il passaggio del calore poiché una elevata temperatura della parte opposta potrebbe causare l'ignizione di alcuni materiali provocando così la propagazione dell'incendio.

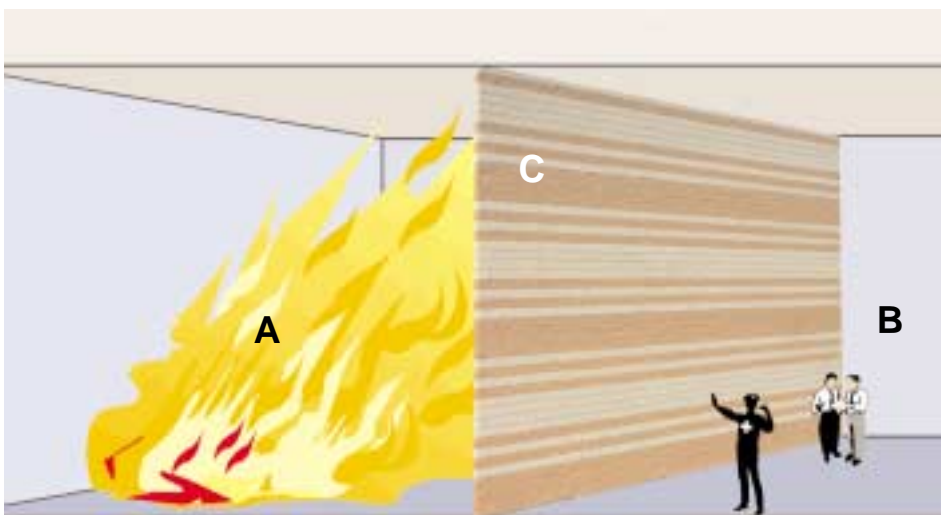


Figura 19 Posizionamento schematico di una Barriera Tagliafuoco - "A" locale in cui ha avuto luogo l'incendio
"B" locale in cui trovasi uomini.
"C" Barriera Tagliafuoco
È necessario che la Barriera abbia una resistenza meccanica, non lasci passare i gas tossici dell'incendio e presenti una resistenza termica per un tempo ben definito onde impedire il propagarsi dell'incendio stesso ed attuare il piano di emergenza.



Figura 20 Dichiarazione di Conformità dei materiali Tagliafuoco

5.2 Per realizzare le Barriere Tagliafuoco sono necessari materiali con precise caratteristiche, oltre ad accessori per irrigidire, vincolare e fissare dette barriere alla struttura, nonché altri particolari onde garantire la tenuta anche all'interfaccia con i pilastri e agli orizzontamenti dell'edificio.

Quanto sopra si è reso necessario data la sempre maggior richiesta di sicurezza da parte della ns. società post industriale ed in particolare da parte delle autorità competenti e delle nuove normative europee recepite dall'Italia con il DM 04.05.98.

In questi ultimi anni, quale materiale per la realizzazione delle Barriere Tagliafuoco, sono andati sempre più affermandosi gli elementi in cls. vibrocompresso purché con precise e controllate caratteristiche.

Detta diffusione è dovuta alla relativa economicità e soprattutto flessibilità degli elementi in cls., ragion per cui nell'analisi che seguirà prenderemo in considerazione solamente Barriere Tagliafuoco realizzate con tali elementi.

Una Barriera Tagliafuoco con REI garantito è costituita da una serie di materiali e tecnologie e più precisamente:



5.3 Elementi in cls. Tagliafuoco testati secondo la circolare 91 del 14.09.61 oppure certificati con il metodo matematico agli elementi finiti secondo quanto previsto dall'Eurocodice 6. Essi debbono essere sottoposti a "Controllo Qualità" accertante che le caratteristiche dimensionali, fisiche e chimiche, siano pari o migliorative rispetto a quelle dei campioni a sua volta certificati; il controllo assume la valenza di garanzia esclusivamente se l'azienda è certificata ISO 9000.

In particolare dovrà essere verificato che:

- le dimensioni corrispondono a quelle dei prodotti testati per la prova;
- la massa volumica del cls pari a quella dei prodotti testati o pari a quella osservata nella certificazione matematica con una tolleranza di ± 50 gr/l, affinché il rapporto ermeticità/conducibilità termica nonché il coefficiente di diffusione termica, corrispondano a quelli del campione testato;

$$\text{Coefficiente di diffusione termica} = \frac{\gamma}{\rho c}$$

dove :

γ = coefficiente di conducibilità termica

ρ = massa volumica del cls.

c = calore specifico del cls.

- la resistenza a compressione sia pari o superiore a quella dei campioni testati;
- la resistenza a trazione sia pari o superiore a quella dei campioni testati; detto valore è importante onde evitare che sotto gli stress termici ed igrometrici provocati dal

l'incendio la muratura abbia a fessurarsi con perdita della tenuta;

- il contenuto di CaCO_3 degli inerti non superi il 20%; infatti qualora esso fosse eccedente, la calcinazione a 850° del calcare farebbe perdere ogni resistenza all'elemento con cui è realizzata la barriera.

La percentuale massima di calcare dipende molto anche dallo stato cristallino del medesimo, calcari denticati presentano una resistenza al fuoco molto inferiore ai saccharoidi. Solamente dopo aver sottoposto a Controllo di Qualità ogni partita di elementi il produttore è autorizzato al rilascio della Dichiarazione di Conformità come da fig.20.

Figura 21 Tabella della
R = Resistenza al fuoco delle varie
strutturazioni del Sistema Grandi
Murature

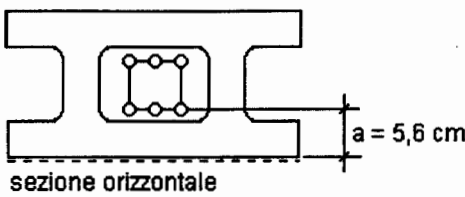
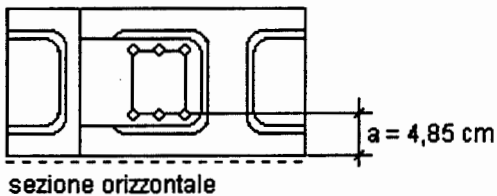
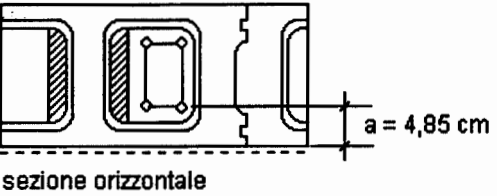
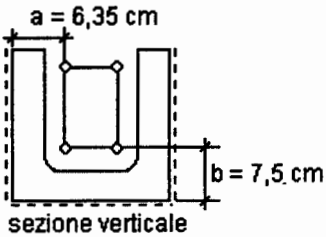
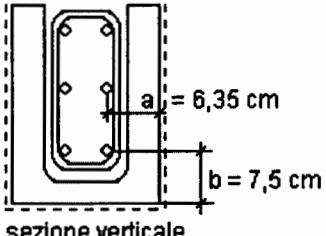
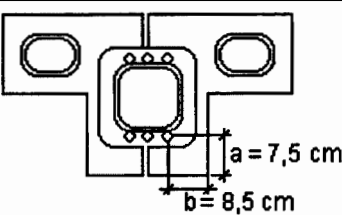
Tipo	Strutturazione	Sezione	R 120	R180	R240
1	BASIC 612/80	 sezione orizzontale a = 5,6 cm	SI	SI	SI
2	APE 614/95	 sezione orizzontale a = 4,85 cm	SI	SI	Si con $A'f = 1,2 Af$
3	STF 412/95	 sezione orizzontale a = 4,85 cm	SI	SI	Si con $A'f = 1,2 Af$
4	ARM 20 412/95	 sezione verticale a = 6,35 cm b = 7,5 cm	SI	Si con $A'f = 2 Af$	NO
5	ARC 40 612/340	 sezione verticale a = 6,35 cm b = 7,5 cm	SI	Si con $A'f = 2 Af$	NO
6	BLOCCO PILASTRO 614/220	 a = 7,5 cm b = 8,5 cm	SI	Si con $A'f = 1,5 Af$	NO

Figura 22 Vari elementi che compongono una Barriera Tagliafuoco, in particolare : inserimento delle strutturazioni, giunto di tenuta orizzontale e verticale in una Barriera Tagliafuoco.

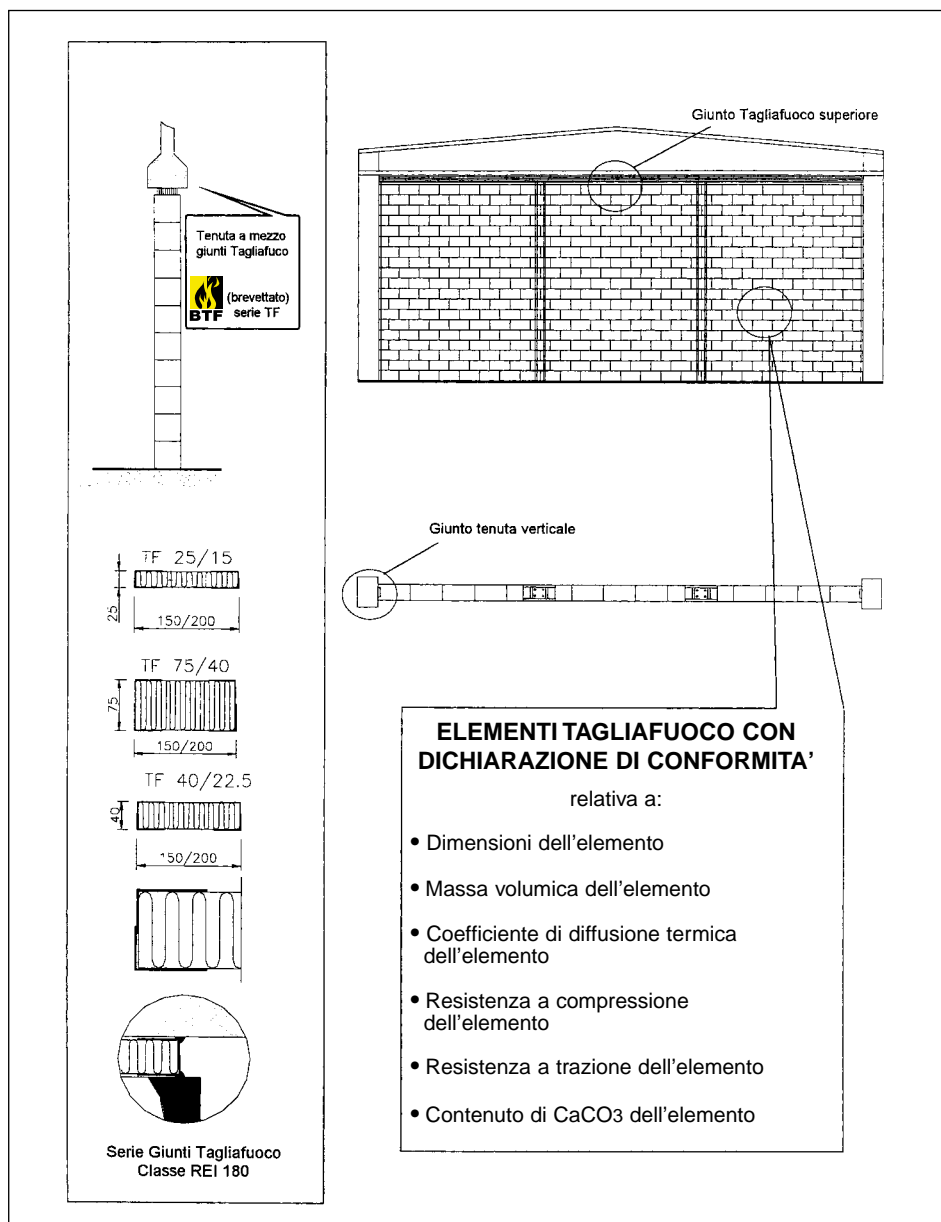
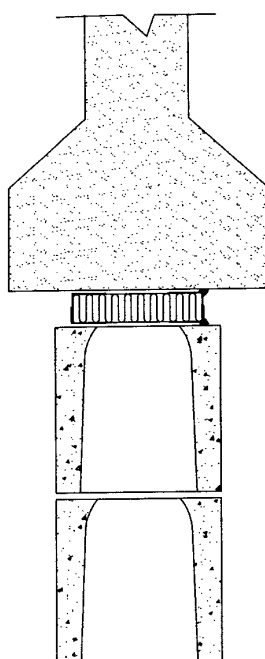


Figura 23 Tenuta di sommità ottenuta con l'inserimento di un Giunto Tagliafuoco fra muratura e capriata.



5.4 MALTA PER MURATURE TAGLIAFUOCO

Caratteristiche tecniche:

- resistenza media a compressione del blocco >12 N/mm²
- resistenza al taglio della malta >1,1 N/mm²
- adesione della malta al blocco >1,1 N/mm²

In base a calcoli statici e prove di laboratorio tali valori sono necessari a garantire la staticità delle murature a mezzo dell' "effetto concatenamento". Quanto affermato nel presente paragrafo e' valido per le "Grandi Murature Normali", nel caso pero' di "Grandi Murature Tagliafuoco", la malta dovrà garantire le sue caratteristiche meccaniche anche alle temperature sviluppate dall'incendio, pena la perdita dei valori statici di tutta la muratura.

Il produttore di malta per Muratura Tagliafuoco dovrà accertare che soprattutto negli inerti non siano presenti quelle sostanze che ne riducono la resistenza meccanica ad alte temperature, si dovrà pure accertare che la malta usata in cantiere abbia delle caratteristiche specifiche migliorative rispetto a quella usata per eseguire, a suo tempo, la prova degli elementi secondo la circolare 91.

5.5 RESISTENZA DI TUTTA LA BARRIERA

E' necessario che tutta la barriera sia R (Resistenza); essa quindi deve essere calcolata per sopportare tutte le sollecitazioni orizzontali a cui essa viene sottoposta, quali spinte dovute a caduta di materiali, ma, soprattutto a pressione del vento prevista anche per l'interno degli opifici come dal DM del 16.01.1996 e successive circolari di aggiornamento. Per raggiungere questi obiettivi e' necessario che la muratura sia realizzata secondo i criteri gia' esposti nei paragrafi 2.0-3.0-4.0 relativi al Sistema Grandi Murature, nel caso di murature TagliaFuoco si dovra' accertare che le singole strutturazioni mantengano la R=Resistenza anche durante l'incendio, la tabella di cui Fig. 21 bis riporta la R delle varie strutturazioni facenti parte del Sistema Grandi Murature.

5.6 TENUTA DI SOMMITA'

Particolari accorgimenti dovranno essere predisposti dal costruttore per risolvere il problema della tenuta di sommita', come illustrato in figura 22 e 23. Il problema consiste nel fatto che la trave, la capriata o il tegolone prefabbricato sovrastante presentano delle frecce che possono raggiungere o superare i 20 mm. Anni orsono il giunto muratura/orizzontamento veniva realizzato col semplice inserimento di malta. In tal modo avveniva che in caso di freccia verso il basso la malta veniva compressa ed il muro doveva sopportare dei carichi di punta che ne compromettevano la stabilita'. Al contrario, in caso di risalita dell'orizzontamento, veniva lasciata aperta una forte fessura per cui l'Ermeticita' della muratura veniva meno. E' necessario quindi inserire fra la muratura e l'orizzontamento dei particolari giunti elastici e nello stesso tempo REI che risolvano il problema. Nella figura 22 sono riportati una serie di tali giunti, le relative dimensioni, ed il loro posizionamento sottocapriata, altri esempi di inserimento e tipologie sono illustrati negli allegati 3/1 e 3/2 nella fig. 23 e' rappresentato l'inserimento dei medesimi.

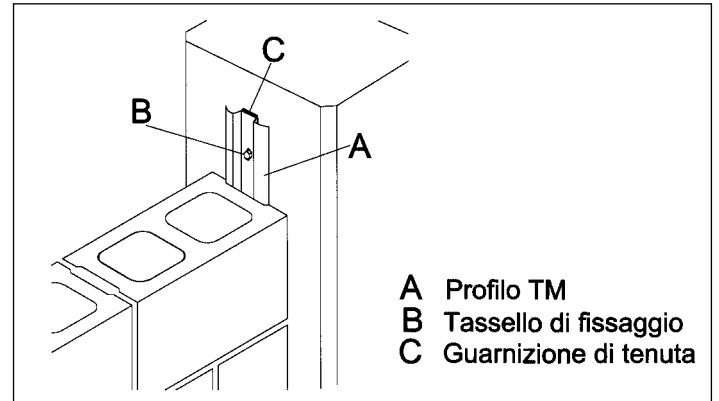
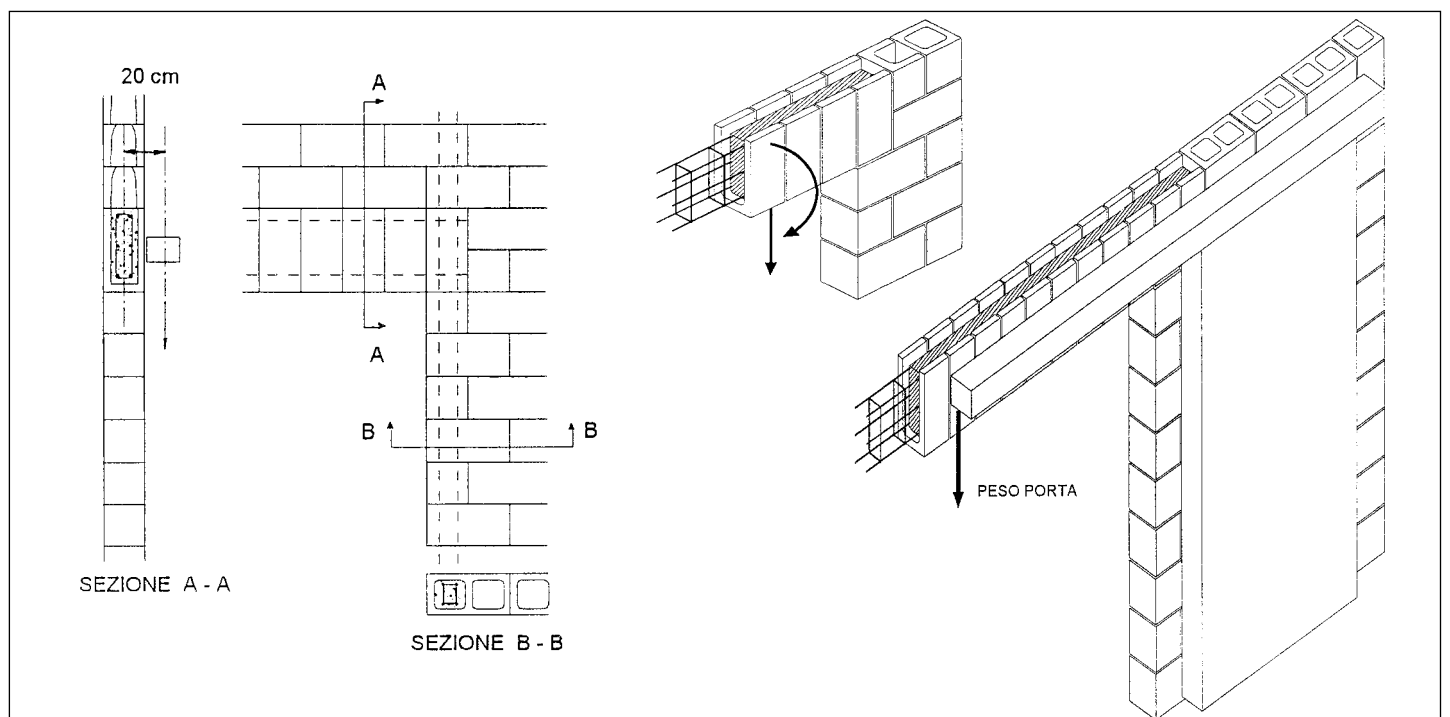


Figura 24 Tenuta muro pilastro ottenuta con Profilo TM che munito di guarnizioni garantisce oltre all'ancoraggio meccanico al pilastro anche la Ermeticita' in un punto altrimenti critico.

Figura 25 Architrave torsio resistente (h = cm 40) ottenuta da pezzo speciale C11 e armato con particolari accorgimenti; riempimento in cls. con gabbia 612/340 (l'accorgimento si rende necessario poiché al momento della chiusura il peso della porta antincendio sottopone l'architrave a flessione, nonché a torsione; quest'ultima dovuta all'eccentricità del carico).



5.7 PARTICOLARI ACCORGIMENTI

Un particolare accorgimento dovrà essere attuato nel caso di porte tagliafuoco a scorrimento.

Come chiaramente illustrato nella figura 25 e' ovvio che la porta, il cui peso medio e' di alcune centinaia di chilogrammi, scorrendo sulla rotaia, che a sua volta e' saldata a lato dall'architrave, genera un momento torcente all'interno dell'architrave, ragion per cui esso dovrà venir dimensionato non solo in base alla flessione bensì anche in base alla torsione.

Come da sezioni AA e BB della fig. 25 sarà necessario che all'appoggio sia presente una armatura verticale atta ad assorbire il momento torcente.

In caso di assenza di tale armatura sussisterebbe il pericolo della caduta a terra dell'architrave.

Una volta posti in essere tutti gli accorgimenti illustrati in questo paragrafo, nonché quelli che il tecnico della prevenzione incendi ritenesse opportuno in considerazione di problemi non previsti in questo scritto, potrà essere rilasciata la dichiarazione di conformità come illustrato in fig. 27 e previsto dal D.M. 04.05.98.

In fig. 26 e' riportata la parte del medesimo decreto che comprende pure le murature Tagliafuoco.

Figura 26 Estratto dell'allegato II del DM 04.05.1998

Il D.M. 04.05.1998 ha affrontato e chiarito a sufficienza il problema. Ne riportiamo la parte pertinente.

"ALLEGATO II : Documentazione tecnica allegata alle domande di sopralluogo"

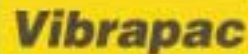
Paragrafo 1.1 b) "Dichiarazione di corrispondenza dell'elemento in opera, compreso l'eventuale rivestimento protettivo, con quello certificato. Tale dichiarazione e' redatta:

- da qualsiasi professionista, quando il grado di resistenza al fuoco sia fornito da tabella;
- da professionista iscritto negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui alla legge 7 dicembre 1984, n. 818, negli altri casi.

Paragrafo 1.2) "I rapporti di prova e le relazioni di calcolo (in forma integrale e sintetica) relativi agli elementi di cui al presente punto, acquisiti dal titolare in allegato alle relative certificazioni, sono trattenuti dal titolare stesso e tenuti a disposizione del Comando per eventuali controlli.

Evidentemente il legislatore dà per scontata l'esistenza di :

- 1) "DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' DEL PRODOTTO"
- 2) "DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' DELLA POSA IN OPERA"
- 3) "CALCOLO STATICO DELLA MURATURA "



DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'

Ai sensi D.M. 4 maggio 1998

Con la presente si CERTIFICA che i prodotti forniti (in opera) nel cantiere

sito in:
 della Società:
 e fatturati a:.....
 Via:.....
 Città:.....

con fattura n°.....del.....
 con fattura n°.....del.....
 con fattura n°.....del.....
 con fattura n°.....del.....

e piu' precisamente :

- Elementi in cls. **ST/TF 20x40 REI 120'** per m²
 che corrispondono a quanto dichiarato dal certificato
 n. CSI0313 rilasciato dal CSI in data 07.04.92
- **Giunti Vibrapac TF 25 REI 180** per m
 che corrispondono a quanto dichiarato dal certificato
 n. CSI0705RF rilasciato dal CSI in data 07/01/98
- Le murature sono state realizzate con il **Sistema SGM Vibrapac**
 ai sensi del D.M. 16.01.96

La *Vibrapac Spa* attesta che le allegate fotocopie dei certificati T.F. sono copie conformi agli originali rilasciati dagli Enti omologati per la prova. Si dichiara inoltre che i materiali forniti hanno le stesse caratteristiche dei campioni provati e certificati con i documenti allegati in fotocopia.

Sistema Qualità Certificata ISO 9002
(CERTIFICATO N° 95083 I.C.M.Q. del 07/09/95)

Solaro, li



Figura 27
 Dichiarazione di
 Conformita' della
 muratura in
 opera realizzata
 secondo i
 Sistemi SGM e
 BTF, deve esse-
 re firmata da un
 tecnico abilitato
 ai sensi della
 legge 818

Spedizione in abbonamento postale (50%) - Roma

GAZZETTA  **UFFICIALE**
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DECRETO MINISTERIALE 16 gennaio 1996

Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.

CIRCOLARE 4 luglio 1996, n. 156AA.GG./STC.

Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

SOVRACCARICHI ORIZZONTALI LINEARI

Nella circ. n.146 dello 04.07.1996 vengono definiti i sovraccarichi lineari applicati alle pareti alla quota di 1,20 m dal piano di calpestio in funzione della "categoria" dell'edificio.

Tali valori non vanno cumulati con quelli del vento.

Cat.	TIPO LOCALE	Orizzontali lineari kN/m
1	Ambienti non suscettibili di affollamento (locali abitazione e relativi servizi, alberghi, uffici non aperti al pubblico) e relativi terrazzi a livello praticabili	1,00
2	Ambienti suscettibili di affollamento (ristoranti, caffè, banche, ospedali, uffici aperti al pubblico, caserme) e relativi terrazzi a livello praticabili	1,00
3	Ambienti suscettibili di grande affollamento (sale convegni, cinema, teatri, chiese, negozi, tribune con posti fissi) e relativi terrazzi a livello praticabili	1,50
4	Sale da ballo, palestre, tribune libere, aree di vendita con esposizione diffusa (mercati, grandi magazzini, librerie, ecc...) e relativi terrazzi a livello praticabili, balconi e scale	3,00
5	Balconi, ballatoi e scale comuni (esclusi quelli pertinenti alla cat.4)	1,50
6	Sottotetti accessibili (per sola manutenzione)	1,00
7	Coperture: - non accessibili - accessibili: secondo categoria di appartenenza (da 1 a 4) - speciali (impianti, eliporti, altri): secondo il caso	-
8	Rimesse e parcheggi: - per autovetture di peso a pieno carico fino a 30 kN - per transito di automezzi di peso superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	1,00
9	Archivi, biblioteche, magazzini, depositi, laboratori, officine e simili: da valutarsi secondo il caso	≥1,00

Pressione del vento

La pressione del vento é data dall'espressione :

$$p = q_{ref} c_e c_p c_d c_t$$

dove

q_{ref} é la pressione cinetica di riferimento

c_e é il coefficiente di esposizione

c_p é il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da tali suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento

c_d é il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

c_t coefficiente di topografia

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_{ref} (in N/m²) é data dall'espressione

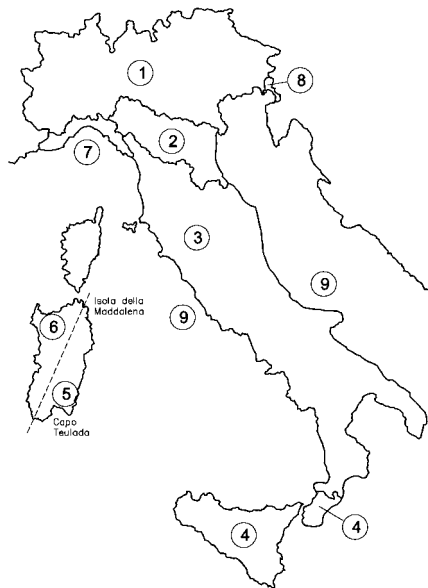
$$q_{ref} = V_{ref}^2 / 1.6$$

nella quale V_{ref} é la velocità di riferimento del vento (in m/s)

$$V_{ref} = V_{ref, 0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$V_{ref} = V_{ref, 0} + K_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_s > a_0$$

I valori si ricavano dalla tabella a fianco in funzione della zona



Zona	Descrizione	V _{ref} , (m/s)	a ₀ (m)	K _a (1/s)
1	Valle D'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, l'eccezione delle provincie di Trieste	25	1000	0,012
2	Emilia Romagna	25	750	0,024
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,030
4	Sicilia e provincie di Reggio Calabria	28	500	0,030
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l' Isola Maddalena)	28	750	0,024
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l' Isola Maddalena)	28	500	0,030
7	Liguria	29	1000	0,024
8	Provincie di Trieste	31	1500	0,012
9	Isola (con eccezioni di Sicilia e Sardegna mare aperto)	31	500	0,030

Classi di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, nare, laghi,.)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe di rugosità A o B é necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 Km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi rigorose, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Scelta della classe di rugosità del terreno

ZONE 1,2,3,4,5						
	mare	costa	500 m	750 m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1, 2, 3, 4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2, 3, 4, 5 Categoria IV in zona 1						

Determinazione della categoria, in funzione della zona e della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza della costruzione z sul suolo, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dall'esposizione del sito ove sorge la costruzione. E' dato dalla formula

$$c_e(z) = K_r c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove

K_r, z_0, z_{min} sono assegnati dalla sottostante tabella in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

Categorie di esposizione del sito	K_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

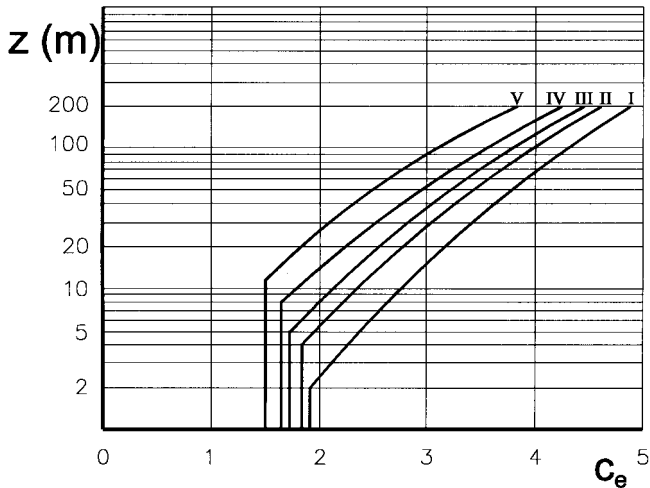


Tabella per la determinazione grafica C_e

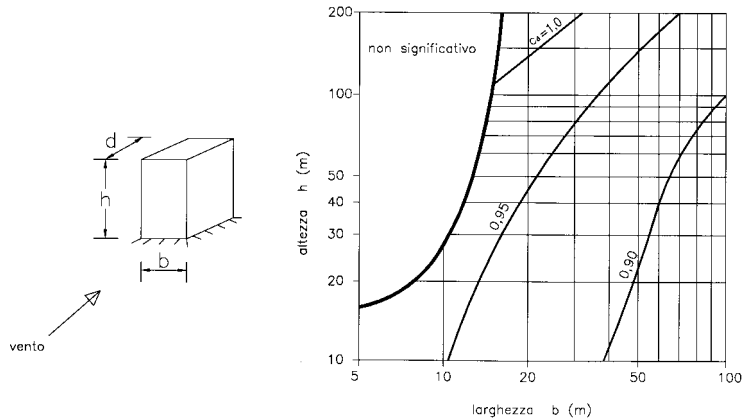
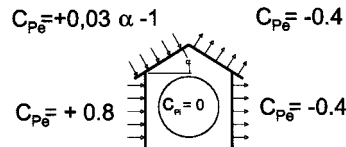


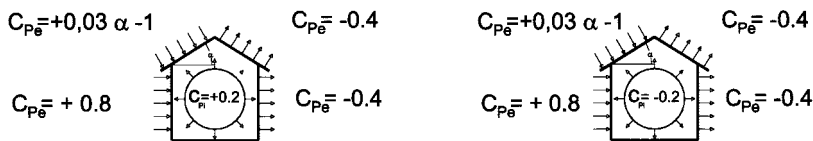
Tabella per la determinazione del coefficiente dinamico C_d

Costruzione stagne

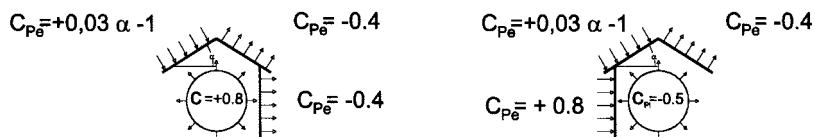
Direzione
del vento →



Costruzione non stagne



Costruzione aventi una parete di superficie >= 33% di quella totale



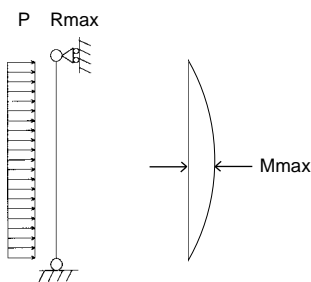
Determinazione del coefficiente di forma C_p per murature esterne e/o interne

TABELLA ORIENTATIVA PER SCELTA STRUTTURAZIONI

La tabella sottostante fornisce il momento flettente **M** (max) a cui è sottoposta una strutturazione, nonché la reazione all'appoggio superiore **R** (max) in funzione dell'altezza della muratura e dell'interasse delle strutturazioni. E' previsto un carico distribuito uniforme (es. vento) e non vengono considerati carichi variabili. (5.2 Circ. 4/04/96 n. 156)
 Il tecnico dovrà accertarsi inoltre che la strutturazione scelta e lo staffone di sommità siano in grado di sostenere il momento flettente.
ESEMPIO:

ZONA 1 : ($V_{ref} = 25 \text{ m/s}$; $a_0 = m \ 1000$)		VALLE D'AOSTA, PIEMONTE, LOMBARDIA, TRENTINO A.A., VENETO, FRIULI V.G. (escluso provincia di Trieste)
ZONA 2 : ($V_{ref} = 25 \text{ m/s}$; $a_0 = m \ 750$)		EMILIA ROMAGNA
CLASSE B: aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive		Lettura casella R max [N] M max [Nm]
Categ. IV $h_{max} = m \ 8$; distanza >30 Km dalla costa; quota $\leq 500 \text{ m s/m}$		
$C_p = 1$ $C_d = 0,9$ SOLLECITAZIONE VENTO p = 590 N/m²	ESTERNO	

Schema statico irrigidimento: trave su due appoggi



ALTEZZA MURATURA	INTERASSE STRUTTURAZIONI					
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
4.0	3540	4720	5900	7080	8260	9440
	3540	4720	5900	7080	8260	9440
5.0	4430	5900	7380	8850	10330	
	5530	7380	9220	1106	12910	
6.0	5310	7080	8850	10620		
	7970	10620	13280	15930		
7.0	6200	8260	10330			
	10840	14460	18070			
8.0	7080	9440	11800			
	14160	18830	23600			
9.0	7970	10620	13280			
	17920	23900	29870			

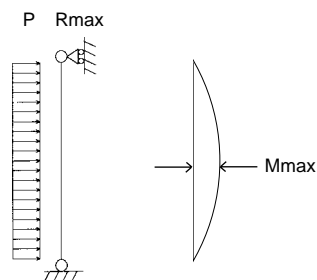
TABELLA ORIENTATIVA PER SCELTA STRUTTURAZIONI

La tabella sottostante fornisce il momento flettente **M** (max) a cui è sottoposta una strutturazione, nonché la reazione all'appoggio superiore **R** (max) in funzione dell'altezza della muratura e dell'interasse delle strutturazioni. E' previsto un carico distribuito uniforme (es. vento) e non vengono considerati carichi variabili. (5.2 Circ. 4/04/96 n. 156)

Il tecnico dovrà accertarsi inoltre che la strutturazione scelta e lo staffone di sommità siano in grado di sostenere il momento flettente.
ESEMPIO:

ZONA 1 : ($V_{ref} = 25 \text{ m/s}$; $a_0 = \text{m } 1000$)	VALLE D'AOSTA, PIEMONTE, LOMBARDIA, TRENTINO A.A., VENETO, FRIULI V.G. (escluso provincia di Trieste)	
ZONA 2 : ($V_{ref} = 25 \text{ m/s}$; $a_0 = \text{m } 750$)	EMILIA ROMAGNA	
CLASSE B: aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive	Letture casella	
Categ. IV $h_{max} = \text{m } 8$; distanza >30 Km dalla costa; quota $\leq 500 \text{ m s/m}$	R max	[N]
$C_p = 0,4$ $C_d = 0,9$ SOLLECITAZIONE VENTO p = 236 N/m²	M max	[Nm]
	INTERNO	

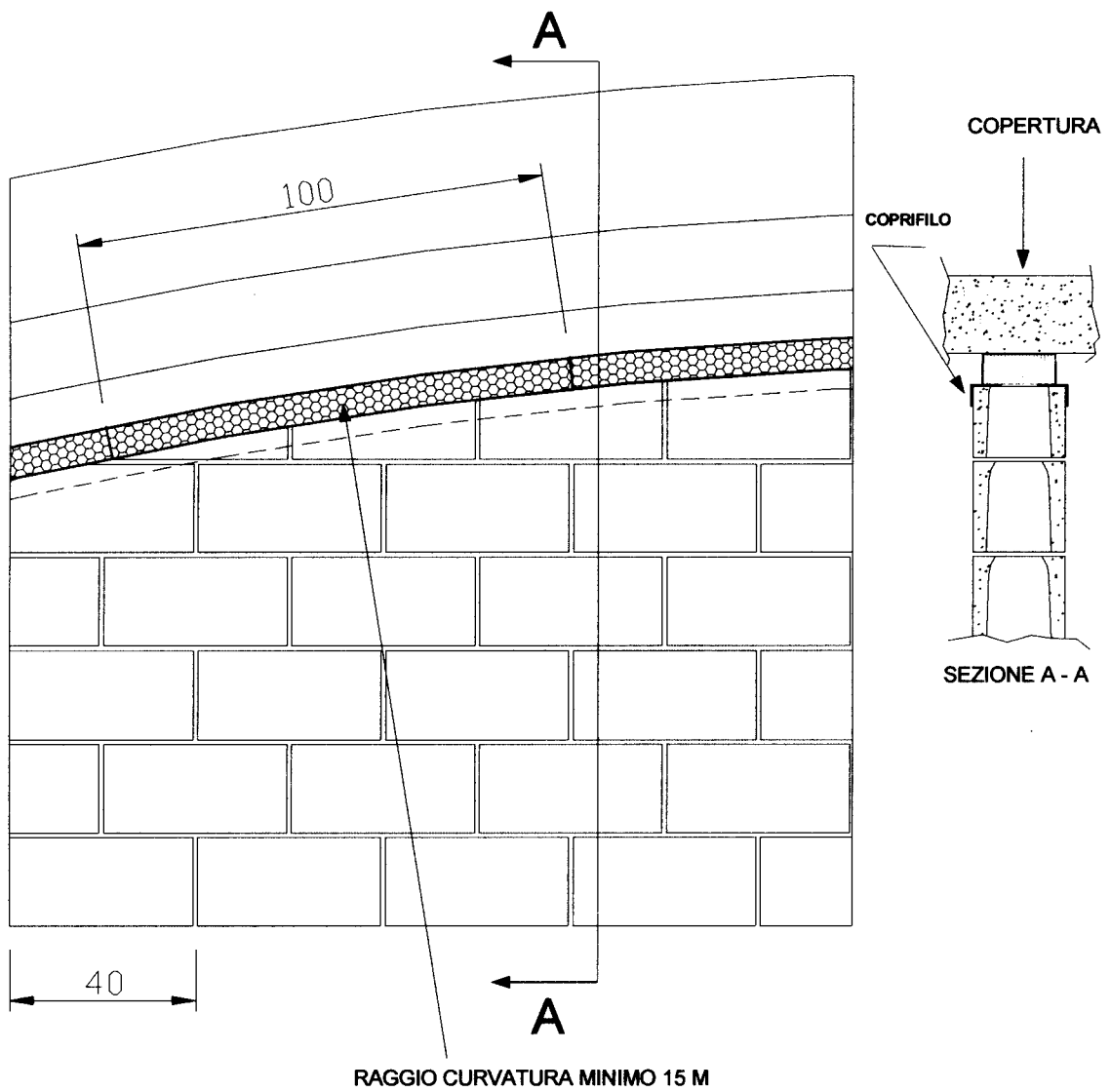
Schema statico irrigidimento: trave su due appoggi



ALTEZZA MURATURA	INTERASSE STRUTTURAZIONI					
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
4.0	1416	1888	2360	2832	3304	3776
	1416	1888	2360	2832	3304	3776
5.0	1770	2360	2950	3540	4130	4720
	2212	2950	3687	4425	5162	5900
6.0	2124	2832	3540	4248	4956	5664
	3186	4248	5310	6372	7434	8496
7.0	2478	3304	4130	4956	5782	
	4336	5782	7227	8673	10118	
8.0	2832	3776	4720	5664	6608	
	5664	7552	9440	11328	13216	
9.0	3186	4248	5310	6372	7434	
	7168	9558	11947	14337	16726	

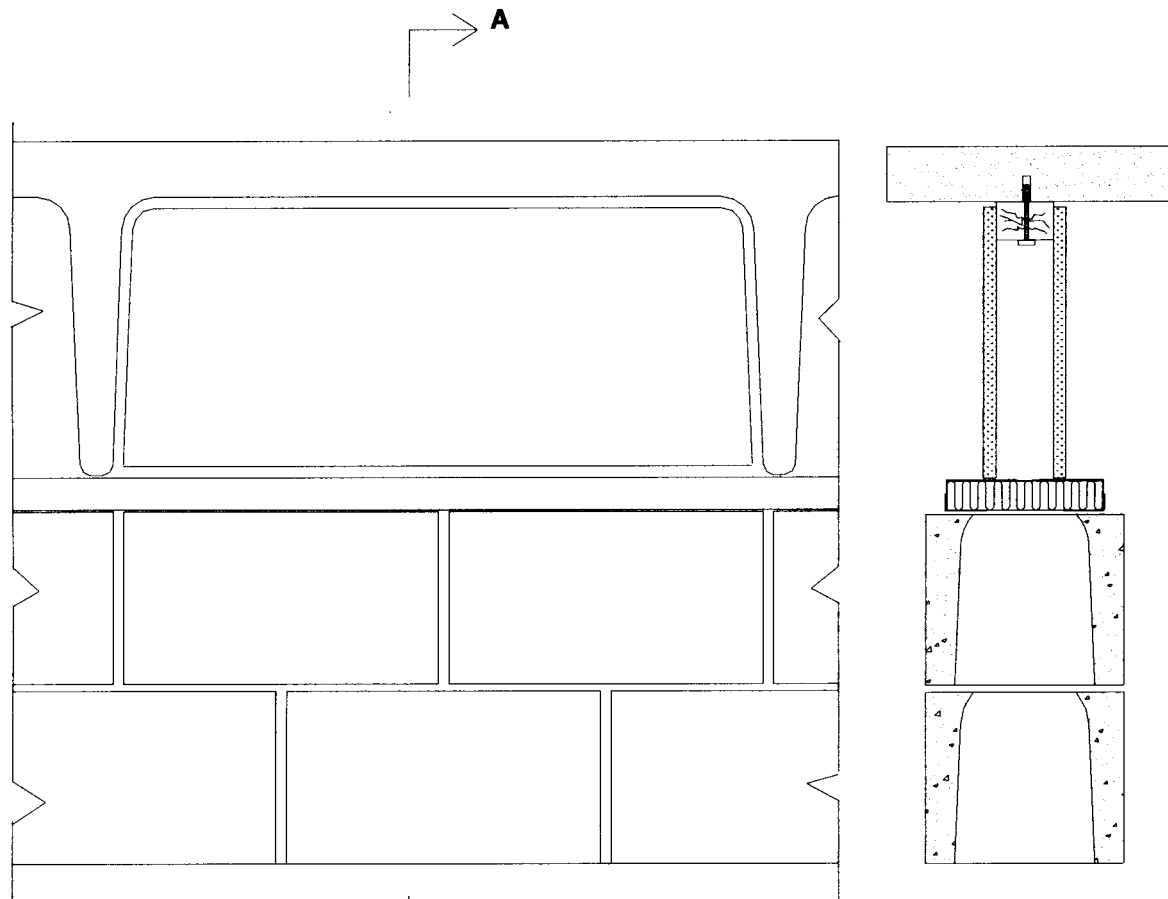
TIPOLOGIA E MONTAGGIO GIUNTI TAGLIAFUOCO: CASI PARTICOLARI

Posizionamento giunto TF sotto arco curvo con giunto tipo C e coprifiло metallico

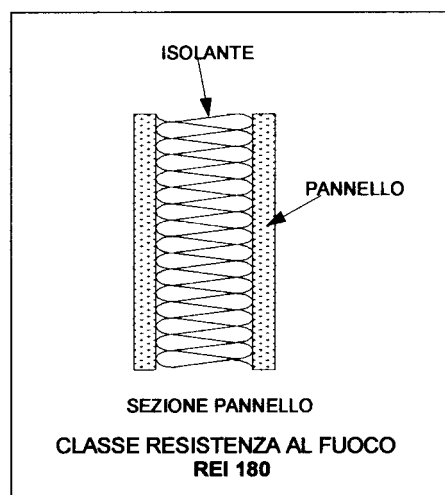


TIPOLOGIA E MONTAGGIO GIUNTI TAGLIAFUOCO

Posizionamento nei sottotegoli nel caso di muratura perpendicolare alle costolature



SEZIONE A - A



Sistema Grandi Murature

D.M. 16.01.96

Barriera Taglia Fuoco

D.M. 04.05.98

Descrizione dei sistemi e delle tecnologie ad uso di progettisti costruttori e certificazioni di cui Legge 818

Le schede tecniche e di montaggio di ogni singolo particolare sono reperibili presso la Vibrapac S.p.A. e sul sito internet <http://www.vibrapac.it> con password che può essere richiesta agli uffici Vibrapac.



**Sistema
Grandi
Murature**



**Barriera
Taglia
Fuoco**

I marchi dei sistemi costruttivi SGM e BTM sono registrati dalla Vibrapac ed ogni uso degli stessi senza autorizzazione è perseguibile per legge.

Giunto
superiore

Vibrapac SpA

Via Vallone, 1
20020 Solaro -MI
Tel. 02.96.98.131
Fax 02.96.91.472

Via Messico, 14
00040 Pomezia - Roma
Tel. 06.91.21.053
Fax 06.91.05.323

<http://www.vibrapac.it>
e-mail: vibrapac@vibrapac.it

La Vibrapac mette a disposizione degli operatori del settore una serie di documentazioni tecniche che ha elaborato e continua a produrre man mano che le ricerche sul campo e nei propri laboratori progrediscono. Questi strumenti rappresentano, a nostro avviso, dei precisi riferimenti per supportare il lavoro dei tecnici e dei progettisti