



GAETANO DI DIO PERNA

VERIFICA TAMPONAMENTI IN MURATURA

VERIFICA DI TAMPONAMENTI SIA TRADIZIONALI CHE RINFORZATI
MEDIANTE L'IMPIEGO DI MATERIALI COMPOSITI TIPO FRP E FRCM



SOFTWARE INCLUSO
CON SISTEMA G-CLOUD



SECONDA EDIZIONE

GRAFILL

SOMMARIO

PREMESSA	p.	9
PREFAZIONE ALLA PRIMA EDIZIONE di Marinella Fossetti.....	"	11
INTRODUZIONE	"	13
1. ANALISI DEL PROBLEMA	"	17
1.1. Interazione dei tamponamenti con le strutture dei telai	"	17
1.2. Le prescrizioni della normativa nazionale	"	19
1.3. Definizione dell'azione ortogonale al piano.....	"	22
1.3.1. Azione dovuta al vento	"	23
1.3.2. Azione dovuta al sisma	"	28
1.4. Definizione dell'azione complanare.....	"	34
2. CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE	"	37
2.1. Premessa.....	"	37
2.2. Murature nuove.....	"	37
2.2.1. Elemento resistente	"	37
2.2.2. Malte	"	38
2.2.3. Caratteristiche meccaniche delle murature.....	"	40
2.2.4. Valori di progetto delle resistenze	"	47
2.2.5. Valori di progetto dei moduli elastici	"	49
2.3. Murature esistenti.....	"	49
2.3.1. Livelli di conoscenza e Fattori di Confidenza	"	54
2.3.2. Valori medi dei parametri meccanici.....	"	56
2.3.3. Valori di progetto dei parametri di resistenza	"	58
2.3.4. Valori di progetto dei moduli elastici	"	59
2.3.5. Coefficiente parziale di sicurezza	"	59

3.	VERIFICA PER AZIONI ORTOGONALI	p.	60
3.1.	Premessa	"	60
3.2.	Valutazione del carico di progetto	"	61
3.2.1.	Carico dovuto alla pressione del vento	"	61
3.2.2.	Carico dovuto alle azioni sismiche	"	62
3.3.	Analisi del modello resistente a flessione	"	62
3.3.1.	Meccanismi di rottura	"	62
3.3.2.	Calcolo delle sollecitazioni	"	64
3.3.2.1.	Schema a trave verticale	"	64
3.3.2.2.	Schema a piastra	"	65
3.3.3.	Verifiche di resistenza	"	67
3.3.3.1.	Verifica a flessione	"	68
3.3.3.2.	Verifica a taglio	"	77
3.4.	Analisi del modello resistente ad arco	"	79
3.4.1.	Schema resistente ad arco verticale	"	80
3.4.2.	Schema a volta	"	87
3.5.	Tamponamenti a cassa vuota	"	88
3.5.1.	Comportamento dei tamponamenti a cassa vuota	"	89
3.5.2.	Verifica dei connettori	"	93
3.5.3.	Osservazione sulla muratura a cassa vuota	"	96
4.	VERIFICA PER AZIONI COMPLANARI	"	97
4.1.	Premessa	"	97
4.2.	Analisi del comportamento del pannello	"	98
4.3.	Definizione dei modelli resistenti	"	102
4.4.	Comportamento del pannello con aperture	"	109
4.5.	Valutazione delle resistenze di progetto	"	114
4.5.1.	Resistenze di progetto per i setti	"	114
4.5.1.1.	Resistenza di progetto a pressoflessione	"	115
4.5.1.2.	Resistenza di progetto a taglio per scorrimento	"	125
4.5.1.3.	Resistenza di progetto a taglio per fessurazione diagonale	"	127
4.5.2.	Resistenze di progetto per le fasce	"	129
4.5.2.1.	Resistenza di progetto a pressoflessione	"	130
4.5.2.2.	Resistenza di progetto a taglio per scorrimento	"	135
4.5.2.3.	Resistenza di progetto a taglio per fessurazione diagonale	"	135
4.6.	Verifica del tamponamento	"	135
4.6.1.	Verifica degli elementi verticali del pannello	"	136

	4.6.1.1. Verifica a pressoflessione	p. 137
	4.6.1.2. Verifica a taglio.....	" 140
4.6.2.	Verifica degli elementi orizzontali del pannello	" 141
	4.6.2.1. Verifica a pressoflessione	" 142
	4.6.2.2. Verifica a taglio.....	" 144
4.6.3.	Riepilogo delle deformazioni angolari limite	" 146
4.6.4.	Procedura per le verifiche	" 146
4.7.	Verifica a schiacciamento locale degli spigoli.....	" 149
4.8.	Tamponamenti a cassa vuota	" 149
5.	VERIFICHE IN PRESENZA DI RINFORZI	
	CON MATERIALI COMPOSITI	" 151
5.1.	Premessa.....	" 151
5.2.	I materiali compositi.....	" 152
5.2.1.	Le matrici	" 155
	5.2.1.1. Matrici di natura organica	" 155
	5.2.1.2. Matrici di natura inorganica.....	" 156
	5.2.1.3. Caratteristiche meccaniche delle matrici.....	" 156
5.2.2.	Le fibre.....	" 157
	5.2.2.1. Fibre di vetro	" 158
	5.2.2.2. Fibre di carbonio	" 160
	5.2.2.3. Fibre aramidiche	" 161
	5.2.2.4. Fibre di PBO	" 162
	5.2.2.5. Fibre di acciaio	" 162
5.2.3.	Caratteristiche meccaniche delle fibre	" 163
	5.2.3.1. Caratteristiche tecniche dei filati.....	" 165
	5.2.3.2. I tessuti (fabric).....	" 165
5.2.4.	L'interfase	" 168
5.2.5.	I compositi a matrice polimerica, FRP.....	" 169
	5.2.5.1. Caratteristiche meccaniche dei FRP	" 170
5.2.6.	I compositi a matrice inorganica, FRCM.....	" 177
	5.2.6.1. Caratteristiche meccaniche dei FRCM	" 178
5.2.7.	Caratteristiche geometriche e meccaniche di alcuni compositi.....	" 180
5.2.8.	Modalità e tecniche di applicazione dei rinforzi	" 185
5.3.	Il progetto del rinforzo strutturale con materiali compositi	" 188
	5.3.1. Considerazioni generali	" 188
	5.3.2. Le ipotesi di base per le verifiche.....	" 191
	5.3.3. La delaminazione	" 193
	5.3.3.1. La delaminazione per i compositi con matrice organica	" 195

	5.3.3.2. La delaminazione per i compositi con matrice inorganica	p. 202
	5.3.4. Verifica dei tamponamenti.....	" 207
	5.3.4.1. Verifica nei confronti di azioni ortogonali al piano.....	" 207
	5.3.4.2. Verifica nei confronti di azioni complanari al piano del pannello	" 226
6.	ESEMPI SVOLTI	" 241
6.1.	Premessa.....	" 241
6.2.	Tamponamenti non rinforzati	" 243
6.2.1.	Esempio n. 1.....	" 243
6.2.2.	Esempio n. 2.....	" 246
6.2.3.	Esempio n. 3.....	" 249
6.2.4.	Esempio n. 4.....	" 252
6.2.5.	Esempio n. 5.....	" 253
6.2.6.	Esempio n. 6.....	" 254
6.2.7.	Esempio n. 7.....	" 257
6.2.8.	Esempio n. 8.....	" 259
6.2.9.	Esempio n. 9.....	" 259
6.3.	Tamponamenti rinforzati.....	" 260
6.3.1.	Esempio n. 10.....	" 260
6.3.2.	Esempio n. 11.....	" 261
6.3.3.	Esempio n. 12.....	" 264
6.3.4.	Esempio n. 13.....	" 266
6.3.5.	Esempio n. 14.....	" 267
6.3.6.	Esempio n. 15.....	" 267
6.3.7.	Esempio n. 16.....	" 268
6.4.	Tamponamenti particolari.....	" 269
6.4.1.	Esempio n. 17.....	" 269
6.4.2.	Esempio n. 18.....	" 270
6.4.3.	Esempio n. 19.....	" 271
6.4.4.	Esempio n. 20.....	" 272
6.4.5.	Esempio n. 21.....	" 273
6.5.	Tabella riepilogativa degli esempi.....	" 274
7.	INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO.....	" 275
7.1.	Note sul software VTM2.....	" 275
7.2.	Requisiti hardware e software	" 275
7.3.	Attivazione del software incluso	" 275
7.4.	Assistenza tecnica sui prodotti Grafill	" 276

8. MANUALE OPERATIVO DEL PROGRAMMA VTM2	p. 277
8.1. Descrizione dell'ambiente di lavoro.....	" 277
8.2. Descrizione dei comandi	" 278
8.2.1. Creazione di un nuovo progetto.....	" 278
8.2.2. Apertura di un progetto esistente.....	" 279
8.2.3. Salvataggio del progetto corrente con un altro nome	" 279
8.2.4. Assegnazione dei dati generali relativi al progetto	" 279
8.2.5. Assegnazione dei dati relativi al zona.....	" 280
8.2.6. Immissione dei dati relativi alla struttura	" 281
8.2.7. Assegnazione dei dati relativi ai tamponamenti.....	" 281
8.2.8. Disposizione delle aperture.....	" 283
8.2.9. Assegnazione dei dati relativi al materiale di rinforzo	" 284
8.2.10. Avvio ed esecuzione del calcolo di verifica	" 288
8.2.11. Visualizzazione di dati e risultati.....	" 288
8.2.12. Stampa su carta dei dati e dei risultati	" 289
8.2.13. Visualizzazione e stampa di disegni.....	" 290
8.2.14. Archivio delle murature	" 290
8.2.15. Archivio materiali di rinforzo	" 293
8.2.16. Archivio connettori metallici trasversali	" 295
8.2.17. Archivio materiali per architravi	" 295
8.2.18. Parametri per il calcolo e le verifiche.....	" 296
8.2.19. Rete sismica	" 296
8.2.20. Tutorial.....	" 296
 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	 " 298
NORMATIVA	" 298
SEMINARI, CORSI, TESI DI LAUREA, SCHEDE TECNICHE	" 298

PREMESSA

Nel marzo del 2016 veniva pubblicata, da parte della casa editrice Grafill s.r.l., la prima edizione del volume *"Verifica tamponamenti in muratura"*.

L'emanazione da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del D.M. 17 gennaio 2018, contenente l'aggiornamento delle *"Norme tecniche per le costruzioni"*, e della successiva Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019, contenente le Istruzioni per l'applicazione del predetto Aggiornamento, ha indotto il sottoscritto a rivedere la succitata prima edizione al fine di apportare le necessarie modifiche ed integrazioni conseguenti al mutato quadro normativo.

L'organizzazione generale del volume è rimasta pressoché invariata.

Si è, invece, provveduto ad apportare alla precedente versione le modifiche introdotte dalle NTC con la Circolare n. 7/2019 riguardanti, in primo luogo, i criteri generali per la caratterizzazione delle murature esistenti e per la definizione dei parametri da utilizzare in base al livello di conoscenza acquisito.

Con l'occasione si è rivista l'impostazione teorica delle verifiche nei confronti delle azioni complanari adottando la schematizzazione a telaio equivalente prevista dalle NTC.

Nell'ambito di queste verifiche si è tenuto conto della nuova classificazione dei tamponamenti e del diverso criterio per il calcolo degli spostamenti relativi d'interpiano.

Le verifiche degli elementi di schematizzazione del tamponamento (setti e fasce) vengono condotte in campo elasto-plastico confrontando le sollecitazioni di calcolo con le relative resistenze di progetto e le deformazioni angolari di calcolo con le analoghe deformazioni angolari ultime associate al meccanismo di rottura considerato ed al livello di danno ammesso.

Relativamente alle verifiche nei confronti delle azioni ortogonali al piano (fuori piano) si è preso in considerazione soltanto il modello a flessione, mantenendo in ogni caso la trattazione teorica del modello ad arco; inoltre si è affrontato in modo più razionale il comportamento dei tamponamenti a cassa vuota.

Per quanto concerne i rinforzi con materiali compositi si è tenuto conto delle indicazioni contenute nel D.T. 200 R1/2013, versione maggio 2014, contenente le *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Organica"* e del D.T. 215/2018, versione febbraio 2019, concerne le *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il*

Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibro-rinforzati a Matrice Inorganica», entrambi emanati dal CNR.

Con l'occasione è stato rivisto anche l'allegato software realizzando una interfaccia più flessibile e più intuitiva.

Enna, giugno 2021

L'Autore

Ing. Gaetano Di Dio Perna

INTRODUZIONE

Com'è noto, il ruolo fondamentale dei tamponamenti in una costruzione, qualunque sia la sua destinazione, è quello di isolare lo spazio interno da quello esterno regolando l'interscambio tra i due ambienti, garantendo in tal modo un certo comfort all'interno.

Una ulteriore funzione dei tamponamenti è quella di suddividere lo spazio interno della costruzione in ambienti autonomi nei quali ricavare, mediante elementi più leggeri (tramezzature), locali intercomunicanti mediante apposite forature (vani di porte e finestre).

Tuttavia risulta evidente che la presenza di tamponamenti tra le maglie dei telai costituenti l'organismo strutturale portante di una costruzione condiziona, a volte anche in maniera significativa, il comportamento dello stesso specialmente nei confronti delle azioni orizzontali.

A seconda del grado di interazione con gli elementi della struttura portante principale della costruzione, i tamponamenti possono suddividersi in:

- 1) collaboranti;
- 2) non collaboranti.

Nella prima tipologia, i tamponamenti risultano confinati da elementi in cemento armato e risultano collegati rigidamente ad essi interferendo in maniera significativa con la deformabilità della struttura portante. A volte, per aumentare la collaborazione dei tamponamenti con le strutture portanti in c.a. si preferisce eseguire i getti di conglomerato dopo la realizzazione dei pannelli murari. Nella progettazione delle strutture si deve tenere conto di questa interazione adottando modelli di calcolo e criteri di verifiche che prevedono il contributo delle murature come elementi portanti nei confronti delle azioni verticali e orizzontali.

Nella seconda tipologia, i tamponamenti vengono eseguiti sempre dopo la realizzazione della struttura, generalmente procedendo dall'alto verso il basso; il collegamento alla struttura portante principale avviene mediante malte. Nella progettazione delle strutture portanti principali può non tenersi conto della presenza dei tamponamenti che, pertanto, assumono la funzione di elementi non strutturali. Tuttavia in queste ipotesi sia per la struttura portante principale che per i tamponamenti devono essere rispettati alcuni requisiti ed adottati particolari accorgimenti al fine di tenere conto delle irregolarità in pianta ed in altezza determinate dalla presenza dei tamponamenti ed impedire agli stessi danneggiamenti tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

In condizioni normali, i tamponamenti, escludendo il peso proprio, non risultano soggetti ad azioni particolari tali da comprometterne l'integrità.

Tuttavia, una eccessiva deformazione degli elementi strutturali dei telai, compatibile con le relative caratteristiche di elasticità, potrebbe risultare del tutto inammissibile per i tamponamenti che, avendo un comportamento rigido-plastico, non sarebbero in grado di tollerare spostamenti e rotazioni con conseguente formazione di lesioni e fratture.

Inoltre, in particolari condizioni, quali risultano quelle in cui si hanno notevoli azioni orizzontali dovute al vento e, ancor di più, alle azioni sismiche, i tamponamenti risultano particolarmente sollecitati con formazione di macrofratture e di distacchi lungo il contorno con conseguente espulsione e crollo degli stessi.

A causa della anisotropia ed eterogeneità dei materiali costituenti i tamponamenti risulta particolarmente difficoltoso, se non impossibile, individuare un modello analitico rigoroso da utilizzare per il calcolo delle sollecitazioni e per le relative verifiche.

I pochi modelli di calcolo cui normalmente si fa riferimento devono essere suffragati da prove di carico su campioni di murature molto spesso realizzati in scala 1:1.

Nelle pagine che seguono sono stati analizzati i criteri di verifica che più comunemente vengono utilizzati ed adottati dalla vigente normativa tecnica.

In particolare:

- il **capitolo 1**, dopo un breve richiamo delle prescrizioni dettate dalla vigente normativa, analizza le azioni che possono interessare un tamponamento;
- il **capitolo 2** riporta una rapida rassegna delle diverse tipologie di murature finalizzata a chiarire i criteri da utilizzare per l'individuazione delle relative caratteristiche meccaniche, mantenendosi nella logica delle NTC;
- il **capitolo 3** si occupa del comportamento e delle verifiche dei tamponamenti soggetti ad azioni ortogonali al proprio piano indotte dal vento e dal sisma;
- nel **capitolo 4** viene esaminato il comportamento dei tamponamenti soggetti ad azioni complanari adottando la modellazione a telaio equivalente che vede l'individuazione nel contesto del tamponamento di elementi monodimensionali verticali (setti) ed orizzontali (fasce) interconnessi da elementi rigidi (nodi). In testa al telaio viene applicata una forzante orizzontale di intensità tale da determinare tra la sezione di testa e quella di base del tamponamento lo spostamento relativo indotto dalle strutture perimetrali di confinamento;
- il **capitolo 5** tratta delle problematiche connesse al rinforzo dei tamponamenti in muratura mediante l'impiego di materiali compositi del tipo FRP ed FRCM:
 - per quanto concerne la prima tipologia di materiali compositi si è fatto riferimento alle «*Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati*», emanate dal CNR con il D.T. 200 R1/2013, versione del 15 maggio 2014;
 - per quanto concerne la seconda tipologia si è fatto riferimento alle «*Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolida-*

mento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica», emanato dal CNR con il D.T. 215/2018, nel mese di febbraio 2019.

Il testo si conclude con alcuni esempi di verifiche, utili per meglio comprendere le problematiche ad esse connesse.

Il **software allegato**, denominato **VTM2**, è stato sviluppato nel rispetto delle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni aggiornate con il D.M. 17 gennaio 2018 e con la successiva Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019.

Il succitato programma di calcolo automatico consente di effettuare, con efficacia ed affidabilità, la verifica sia di tamponamenti tradizionali, del tipo semplice o a cassa vuota, che rinforzati superficialmente con materiali compositi del tipo FRP ed FRCM.

Prima di procedere alla verifica dei tamponamenti rinforzati, si consiglia di approfondirne gli aspetti teorici specialmente nel caso in cui si preveda l'impiego di rinforzi del tipo FRCM. Inoltre per questa tipologia di rinforzi occorre preliminarmente acquisire la relativa documentazione tecnica contenente i dati necessari da utilizzare per le verifiche e per, eventualmente, creare una nuova tipologia di rinforzo da inserire nel relativo archivio.

Enna, giugno 2021

L'Autore

Ing. Gaetano Di Dio Perna

ANALISI DEL PROBLEMA

1.1. Interazione dei tamponamenti con le strutture dei telai

In condizioni normali i tamponamenti, escludendo il peso proprio, non risultano soggetti ad azioni particolari tali da comprometterne l'integrità. Tuttavia, una eccessiva deformazione degli elementi strutturali dei telai portanti, compatibile con le relative caratteristiche di elasticità, potrebbe risultare del tutto inammissibile per i tamponamenti che, avendo un comportamento rigido-plastico, non sarebbero in grado di tollerare spostamenti e rotazioni con conseguente formazione di lesioni e fratture. Inoltre, in particolari condizioni, quali risultano quelle in cui si hanno notevoli azioni orizzontali dovute al vento e, ancor di più, alle azioni sismiche, i tamponamenti risultano particolarmente sollecitati con formazione di macrofratture e di distacchi lungo il contorno con conseguente espulsione e crollo degli stessi. Le cause di tali inconvenienti sono sostanzialmente due:

- 1) gli eccessivi spostamenti d'interpiano, tanto maggiori quanto più elastiche risultano le strutture portanti principali;
- 2) la poca resistenza dei tamponamenti ad azioni ortogonali al proprio piano.

In genere le precedenti cause interagiscono tra loro per cui un danneggiamento nel piano del tamponamento ne può comportare una riduzione di resistenza fuori piano.

In considerazione di quanto sopra appare evidente che, in presenza di azioni orizzontali, risulta imprescindibile preoccuparsi della stabilità dei tamponamenti verificandone la prestazione al fine di garantire il livello di sicurezza richiesto per la costruzione interessata. Come accennato in precedenza, ai tamponamenti non collaboranti non viene affidato il compito di contribuire alla capacità portante dell'organismo strutturale per cui, nel calcolo di questo ultimo, se ne trascura il relativo contributo. Tale deduzione scaturisce dalle seguenti considerazioni:

- questa tipologia di tamponamenti viene eseguita sempre dopo la realizzazione della struttura portante principale;
- nel corso del tempo i tamponamenti sono suscettibili di modifiche sia planimetriche, a seguito di modifiche nella suddivisione degli ambienti, sia nella forma e nelle dimensioni, a causa della apertura e/o chiusura di vani di porte e finestre;
- l'efficienza dei collegamenti dei tamponamenti con le strutture portanti lungo il contorno risulta molto variabile a seconda del tipo di legante utilizzato e delle modalità esecutive.

Come si è detto, la diversa capacità deformativa dei telai e dei tamponamenti, più elastici i primi, più rigidi i secondi, può portare, in presenza di eccessive deformazioni al danneggiamento non solo dei tamponamenti, ma anche degli elementi dell'organismo strutturale portante. Può capitare, infatti, che una non corretta distribuzione dei tamponamenti ai vari piani ovvero una brusca variazione delle relative caratteristiche meccaniche da un piano all'altro, possano indurre alle strutture portanti principali incrementi delle sollecitazioni e delle deformazioni tali da portare al danneggiamento delle stesse.

Per ovviare a questa tipologia di danneggiamenti dovuti alla presenza di particolari configurazioni dei tamponamenti, le NTC riportano varie prescrizioni da seguire.

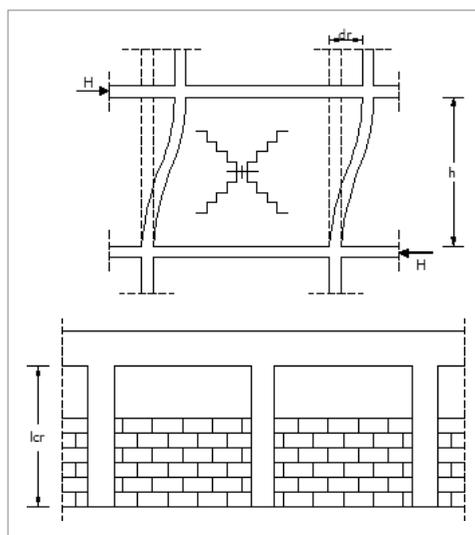


Figura 1.1

Ad esempio nel caso di strutture a telaio in cemento armato, si deve evitare la formazione di colonne corte, tipico di tamponamenti non estesi sull'intera altezza dei pilastri, o che i pilastri abbiano tamponamenti da un lato e siano completamente liberi dall'altro: in entrambi i casi, si consiglia di estendere all'intera altezza dei pilastri la zona dove infittire le staffe di contenimento. Inoltre, qualora la distribuzione dei tamponamenti risulti fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità devono essere valutati e tenuti in conto. Questo requisito si intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 2 l'eccentricità accidentale di cui al § 7.2.6. delle NTC.

Ed ancora, qualora la distribuzione dei tamponamenti sia fortemente irregolare in altezza deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significativa riduzione del numero di tali elementi rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito si intende soddisfatto incrementando di un fattore 1,4 le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con significativa riduzione degli elementi non strutturali.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE

2.1. Premessa

Nelle pagine che seguono si riporta una rapida rassegna delle diverse tipologie di murature finalizzata a chiarire i criteri da utilizzare per l'individuazione delle relative caratteristiche meccaniche, mantenendosi nella logica delle NTC.

In base alle predette NTC le murature possono classificarsi in due categorie:

- *Murature nuove;*
- *Murature esistenti.*

2.2. Murature nuove

La tipologia e le caratteristiche meccaniche delle nuove murature vengono definite dai Capitoli 4, 7 e 11 delle NTC.

Per le murature esistenti di recente realizzazione e per le quali sono state seguite le indicazioni contenute nelle NTC possono applicarsi i criteri validi per le nuove murature.

Per definire la tipologia di una muratura bisogna individuare:

- *l'elemento resistente;*
- *il legante o malta.*

2.2.1. Elemento resistente

Gli elementi resistenti possono essere di due tipologie:

- 1) *Artificiali*, e precisamente:
 - in laterizio;
 - in calcestruzzo;
- 2) *Naturali*, e precisamente:
 - blocchi squadrati;
 - pietra informe.

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alla pertinente norma europea armonizzata della serie UNI EN 771 e recare la Marcatura CE, secondo il Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione indicato nella tabella 2.1.

Gli elementi di Categoria I hanno una resistenza alla compressione dichiarata, determinata tramite il valore medio, $f_{b,m}$, o il valore caratteristico, $f_{b,k}$, e una probabilità di insuccesso nel raggiungerla non maggiore del 5%.

Gli elementi di Categoria II non soddisfano questo requisito. L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza γ_M , riportato nel successivo paragrafo 2.2.4.

Tabella 2.1.

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Specifica per elementi per muratura – Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	Categoria I	2+
	Categoria II	4

2.2.2. Malte

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m ; per l'impiego in muratura portante non sono ammesse malte con resistenza $f_m < 2,5 \text{ N/mm}^2$.

La classe di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm^2 .

Le malte possono essere di due tipologie:

- 1) *Malte a prestazione garantita;*
- 2) *Malte a composizione prescritta.*

1. *Malte a prestazione garantita*

La malta a prestazione garantita deve essere specificata per mezzo della classe di resistenza a compressione con riferimento alla classificazione riportata nella seguente tabella 2.2.

Tabella 2.2. *Classi delle malte a prestazione garantita*

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza media a compressione, f_m , in N/mm^2	2,5	5,0	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm^2 dichiarata dal produttore						

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche, deve essere conforme alla norma ar-

VERIFICA PER AZIONI ORTOGONALI

3.1. Premessa

Il comportamento delle tamponature soggette ad azioni ortogonali al proprio piano è stato, in passato, poco studiato in quanto, trattandosi di elementi vincolati ai bordi, di dimensioni limitate e dotati di un certo spessore, l'effetto delle predette azioni, generalmente, non provocava pericoli per la stabilità delle stesse.

La tendenza ad usare pannelli di tompagno sempre più sottili e leggeri unitamente all'aumento delle altezze degli edifici, ha fatto sì che l'azione del vento, specialmente per i pannelli direttamente investivi, determina effetti combinati di pressioni e depressioni non compatibili con le relative condizioni di stabilità.

Inoltre la constatazione che, a seguito di eventi sismici, le tamponature subiscono notevoli danneggiamenti a causa delle azioni ortogonali al piano, con conseguenti crolli ed espulsioni e, quindi, con pericolo per la pubblica e privata incolumità ed intralcio delle vie di fuga, ha indotto il legislatore ad introdurre nelle recenti normative tecniche particolari prescrizioni onde evitare i succitati inconvenienti. Infatti sia la O.P.C.M. n. 3274/2003, successivamente modificata dalla O.P.C.M. n. 3431/2005, sia le recenti NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008, aggiornate con il D.M. 17 gennaio 2018, hanno imposto che i tamponamenti il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati. Tuttavia le vigenti NTC non danno indicazioni esplicite sui criteri da utilizzare per le succitate verifiche di resistenza, per cui, nel seguito, verranno date alcune indicazioni in tal senso facendo riferimento, per quanto possibile, alle indicazioni fornite per la verifica degli edifici in muratura.

Al fine di dare una corretta impostazione alla definizione dei possibili criteri da adottare per le succitate verifiche, si fa rilevare che il comportamento delle tamponature, inserite all'interno delle maglie delle strutture a telaio, nei confronti di azioni ortogonali al proprio piano, dipende notevolmente dalla efficienza del vincolo che si riesce ad avere lungo il contorno, per cui è indispensabile assicurare sempre un efficace contatto lungo i bordi, contatto che potrebbe venir meno o perdere parzialmente efficacia, ad esempio, a causa del ritiro della malta di collegamento.

Quando le modalità costruttive non suppliscono al succitato requisito, si possono prevedere idonei connettori o altri dispositivi di collegamento tra telaio di contorno e pannello.

Nel calcolo della resistenza del pannello, bisogna tenere conto della eventuale presenza di incassature e nicchie.

Nel caso di tamponamenti del tipo a cassa vuota, entrambi i componenti (paramenti o fodere) possono concorrere alla stabilità del pannello a condizione che vengano debitamente uniti mediante gambette o connettori metallici, o di altro materiale, in grado di resistere a sollecitazioni sia di trazione che di compressione.

Nella ipotesi che vengano rispettate le superiori indicazioni, ai fini delle verifiche per azioni ortogonali, non disponendo di metodi rigorosi, si fa riferimento, in genere, ai seguenti modelli approssimati di comportamento:

- *Modello resistente a flessione* (figura 3.1a);
- *Modello resistente ad arco* (figura 3.1b).

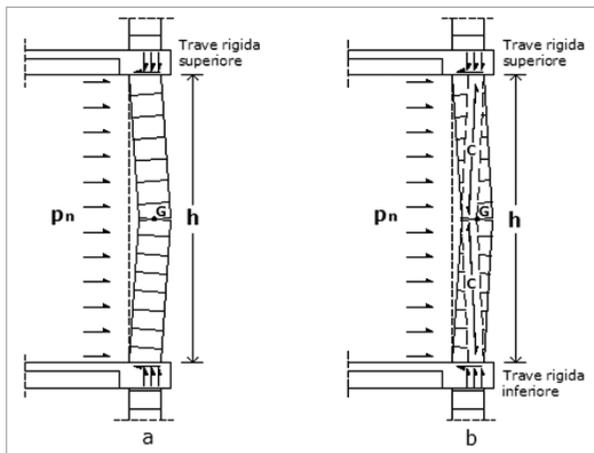


Figura 3.1

3.2. Valutazione del carico di progetto

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, bisogna preliminarmente determinare l'intensità del carico di progetto, p_d , ortogonale al piano del pannello.

Al capitolo primo sono stati valutati i valori caratteristici del succitato carico, distinguendo tra pressione del vento ed azione sismica.

Anche per la determinazione del carico di progetto p_d bisogna distinguere il caso in cui il carico sia dovuto alla pressione del vento ovvero agli effetti delle azioni sismiche.

3.2.1. Carico dovuto alla pressione del vento

Nel caso in cui le azioni sono quelle prodotte dal vento, la verifica per azioni fuori piano deve essere effettuata nei confronti dello Stato Limite Ultimo adottando la combinazione fondamentale ed assumendo la pressione del vento come azione variabile di base.

VERIFICA PER AZIONI COMPLANARI

4.1. Premessa

Come già accennato al Capitolo 1, la presenza di significativi spostamenti in direzione orizzontale della struttura portante di una costruzione, determina tra tamponamenti e strutture perimetrali di confinamento una interazione che induce nei primi tensioni di compressione, dirette sostanzialmente secondo la diagonale, e nelle seconde azioni distribuite alle relative estremità.

In particolare agli estremi dei pilastri insorgono sollecitazioni assiali, taglianti e flettenti di entità rilevante, nonostante la limitata ampiezza della zona interessata.

Anche nelle travi insorgono sollecitazioni di flessione e taglio di rilevante entità, mentre lo sforzo normale risulta quasi irrilevante atteso che si distribuisce su tutta la loro lunghezza.

La presenza di queste ulteriori azioni rappresenta il motivo per cui bisogna prestare particolare attenzione nella staffatura in corrispondenza dei nodi e dei tratti terminali delle travi e dei pilastri.

La valutazione dell'effettivo contributo dei tamponamenti alla resistenza ed alla deformabilità di una struttura intelaiata non risulta semplice, principalmente a causa del comportamento anisotropo della muratura; essa, infatti, si oppone all'avvicinamento dei vertici opposti della maglia del generico telaio, mentre risulta completamente inattiva nel caso in cui i vertici tendono ad allontanarsi; in pratica si comporta come un vincolo interno unilaterale.

Il modello a cui si ricorre più usualmente è quello a *puntone equivalente* che prevede la sostituzione del pannello in muratura con un'asta collegante i vertici opposti della maglia ed incernierata agli estremi; in pratica il puntone rappresenta una biella in grado di resistere soltanto a sollecitazioni di compressione.

Sostanzialmente il modello a *puntone equivalente* coincide con il modello proposto dalla Circolare n. 65/AA.GG. del 10 aprile 1997, contenente le «Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D. M. 16 gennaio 1996».

Ancora più difficoltosa risulta essere la valutazione degli effetti della intelaiatura, in cemento armato o in acciaio, sui tamponamenti interposti nelle maglie sia per la eterogeneità dei materiali costituenti i pannelli, sia per la difficoltà di interpretarne il reale comportamento sotto l'effetto di azioni complanari.

4.2. Analisi del comportamento del pannello

Dalle numerose prove sperimentali eseguite su campioni di pannelli in muratura confinata e dall'osservazione dei danneggiamenti subiti dalle tamponature di edifici a seguito di terremoti, si è potuto constatare che i principali meccanismi di rottura di un pannello a causa di azioni orizzontali agenti nel piano possono riassumersi nelle seguenti tipologie:

- a) *rottura per pressoflessione*, dovuta al raggiungimento, nelle sezioni di estremità, del valore ultimo del momento flettente;
- b) *rottura per scorrimento lungo giunti orizzontali*, di solito nella parte centrale della parete; questo meccanismo si verifica principalmente in pannelli realizzati utilizzando malta di scadenti qualità;
- c) *rottura per fessurazione diagonale* nella zona centrale della parete dovuta alle tensioni di trazione inclinate; questo meccanismo si verifica principalmente quando si è in presenza di buona aderenza tra malta ed elementi lapidei;
- d) *rottura per schiacciamento locale degli spigoli* della tamponatura dovuta alla concentrazione delle tensioni di compressione nelle zone di contatto con gli elementi dei telai; questo meccanismo si verifica principalmente quando si è in presenza di muratura con basse e medie resistenze.

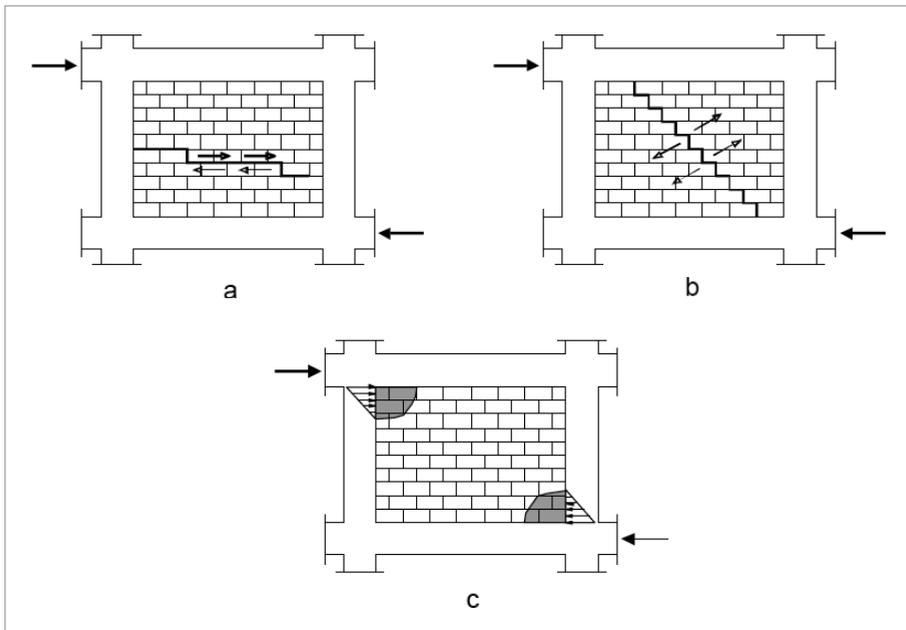


Figura 4.1

Le prove sperimentali più significative per la caratterizzazione del comportamento dei pannelli di muratura sono quelle eseguite su campioni, realizzati a scala 1:1, costituiti da un telaio in cemento armato ad una campata e ad un piano.

VERIFICHE IN PRESENZA DI RINFORZI CON MATERIALI COMPOSITI

5.1. Premessa

La tabella 2.12 riportata al capitolo 2 contiene i Coefficienti Correttivi da applicare ai valori delle resistenze e dei moduli elastici della muratura costituente il tamponamento nel caso in cui la stessa abbia subito un consolidamento ovvero nel caso in cui si voglia procedere ad un suo rinforzo mediante qualcuna delle tecniche indicate nella stessa tabella. Va rilevato, tuttavia, che qualcuna delle tecniche di rinforzo indicate nella succitata tabella 2.12 può risultare particolarmente invasiva o poco efficace.

Una tecnica alternativa e/o integrativa delle precedenti è quella che prevede l'impiego di materiali compositi. Il placcaggio dei tamponamenti mediante l'impiego di materiali compositi è anch'esso un intervento invasivo e la relativa efficacia deve essere adeguatamente comprovata. Questa tipologia di rinforzo risulta particolarmente efficace se realizzata su entrambe le facce del pannello e nel caso in cui lo stesso sia costituito da murature regolari, in mattoni o blocchi; nel caso di tamponamenti costituiti da due paramenti o fodere da sola non garantisce un collegamento trasversale e quindi la sua efficacia deve essere accuratamente valutata per il singolo caso in oggetto. Tuttavia, questa tecnica di rinforzo si fa preferire rispetto a molte di quelle di tipo tradizionale in quanto riesce a conferire al pannello rinforzato incrementi di resistenza e di rigidezza pressoché uniformi senza alterare in maniera significativa l'originario comportamento strutturale della parete.

Come vedremo meglio nel seguito, i principali materiali compositi utilizzabili per il rinforzo dei tamponamenti possono raggrupparsi nelle seguenti due tipologie:

- 1) **materiali tipo FRP** (*Fyber Reinforced Polymers*), che sono costituiti da una matrice polimerica di natura organica con la quale viene impregnato un rinforzo in fibra continua con elevate proprietà meccaniche;
- 2) **materiali tipo FRCM** (*Fyber Reinforced Cementitious Matrix*) che sono il risultato dell'accoppiamento di fibre continue con elevate proprietà meccaniche e di una matrice inorganica a base di malta di calce o di cemento.

In fase di progettazione del rinforzo si dovrà tenere presente che i materiali compositi dovranno essere applicati su pareti di adeguate proprietà meccaniche, pertanto, in presenza di muratura danneggiata, disomogenea o viziata da qualsiasi difetto che precluda la corretta trasmissione degli sforzi all'interfaccia muratura-composito, si dovrà procedere preventivamente al consolidamento del supporto secondo tecniche tradizionali.

Inoltre, nella scelta del sistema di rinforzo si dovrà tener conto delle caratteristiche fisiche e chimiche del composito in rapporto alle finalità dell'intervento.

Nella scelta del tipo di rinforzo, si dovrà tenere presente, altresì, la completa assenza di traspirabilità dei materiali compositi aventi matrice polimerica, per cui è bene limitare il loro impiego ad interventi di modesta estensione.

In considerazione di quanto sopra, atteso che questa tecnica di rinforzo può interessare l'intero pannello è preferibile l'impiego di un materiale composito del tipo FRCM costituito da una matrice di natura inorganica (cementizia o pozzolanica) e da tessuti nella forma di reti a maglie quadrate bilanciate (0° , 90°) costituite da fibre di vetro o basaltiche di qualità alcali-resistente (vetro A.R.), apprettate allo scopo di migliorare le capacità fisico-meccaniche di aggrappo ed ingranamento con la matrice. Inoltre i compositi del tipo FRCM risultano assai più compatibili con le caratteristiche chimico-fisiche delle murature esistenti sia perché è possibile scegliere la matrice più idonea, sia perché mantengono una certa traspirabilità che, invece, risulta compromessa con i compositi del tipo FRP.

Per la valutazione dell'incremento di resistenza, di rigidità e di deformabilità del pannello rinforzato con materiali compositi nel seguito si farà riferimento a due distinti documenti tecnici emanati dal CNR in base alla tipologia di materiale composito trattato. In particolare per la tipologia FRP si farà riferimento al D.T. 200, emanato nel mese di luglio del 2004 e successivamente aggiornato nel mese di ottobre 2013, che contiene le «*Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati*».

Per la tipologia FRCM si farà riferimento al D.T. 215/2018, emanato nel mese di febbraio 2019, che contiene le «*Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica*».

I succitati documenti, essendo stati emanati in tempi diversi, non mantengono una uniformità sulla simbologia utilizzata per indicare le caratteristiche meccaniche dei materiali compositi. Nel seguito pertanto si utilizzerà la simbologia riportata nella D.T. 200/2013 che risulta di più ampia diffusione.

Da un confronto tra le impostazioni teoriche relative alle verifiche in presenza di compositi contenuti nel D.T. 215/2018 e quelle già sviluppate nella precedente edizione di questa pubblicazione, si è rilevato che non esistono sostanziali diversità o incongruenze per cui si è pensato di mantenere le basi teoriche e le ipotesi assunte nella precedente pubblicazione. Si rileva che, in ogni caso, la completa progettazione del rinforzo con FRCM rimane subordinata all'acquisizione preventiva della documentazione tecnica a corredo dei prodotti utilizzati forniti dalle ditte produttrici.

5.2. I materiali compositi

In generale per materiali compositi si intendono quei materiali che soddisfano i seguenti requisiti:

ESEMPI SVOLTI

6.1. Premessa

Nel seguito verranno descritti alcuni esempi al fine di meglio comprendere le potenzialità del software sviluppato ed i relativi limiti. Complessivamente gli esempi considerati sono in numero di 21, quelli che vanno dal n. 1 al n. 10 si riferiscono a tamponamenti non rinforzati, mentre quelli che vanno dal n. 11 al n. 21 riguardano tamponamenti rinforzati. Inoltre i primi 16 esempi si riferiscono ai tamponamenti di un telaio in cemento armato ad una sola campata ed a tre elevazioni, mentre gli ultimi cinque esempi sono relativi a casi particolari di tamponamenti; la particolarità dei primi due è dovuta alle dimensioni, quella degli altri due al numero di aperture inserite ed infine quella dell'ultimo esempio alla tipologia della muratura e dei rinforzi, diversi nei vari piani.

I dati Generali relativi alla Zona ed alla Costruzione si sono mantenuti costanti per tutti gli esempi; i relativi valori sono quelli riportati di seguito.

Dati generali relativi alla zona

Longitudine del Sito:	14,284°	
Latitudine del Sito:	37,561°	
Zona Sismica:	2	
Zona di Vento:	4	
Categoria Topografica del Sito:	2	
Categoria del Suolo di Fondazione:	C	
Periodo di Ritorno per il Vento:	50	anni
Classe di Rugosità del Sito:	D	
Distanza del Sito dalla Costa:	100	km
Quota del Sito sul Livello del Mare:	800	m
Ampiezza del Pendio:	100	m
Altezza del Pendio:	20	m

Dati generali relativi alla struttura

Tipologia della Costruzione:	2	
Vita Nominale di Progetto della Costruzione:	50	anni
Classe d'Uso della Costruzione:	2	

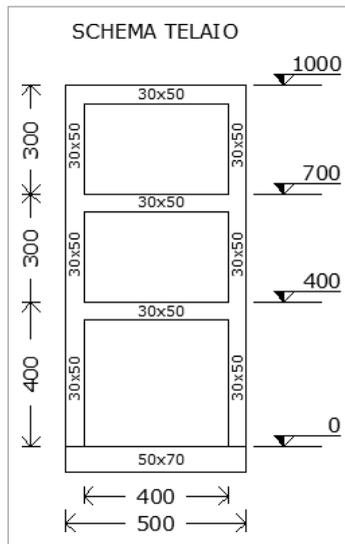
Coefficiente d'Uso della Costruzione:	1,00
Coefficiente Dinamico della Costruzione:	1,00
Altezza Complessiva della Costruzione:	10,00 m
Distanza della Costruzione dal Ciglio Inferiore del Pendio:	10,00 m
Sistema Costruttivo della Costruzione:	2
Fattore di Comportamento della Costruzione:	2

Per le considerazioni che verranno fatte in seguito, si riportano soltanto i Coefficienti relativi alle Verifiche per Azioni Complanari e per Azioni Ortogonali, si omette, pertanto, di riportare i dati assegnanti e le sollecitazioni indotte dalle due tipologie di azioni in quanto sono facilmente visionabili una volta aperto l'esempio che interessa.

Atteso che per le verifiche nei confronti delle azioni complanari i valori dei coefficienti si presentano in forma simmetrica, vengono riportati soltanto quelli relativi alla forzante diretta secondo l'asse delle ascisse positive (direzione X+).

Per gli esempi del primo gruppo, che, come detto sono in numero di 16, le caratteristiche meccaniche e geometriche del telaio rimangono costanti, mentre cambiano, di volta in volta, quelle dei tamponamenti sia per la tipologia della muratura che per la presenza o meno di aperture.

L'ampiezza netta della campata del telaio, che definisce la larghezza dei tamponamenti, rimane costante per le tre elevazioni, ed è uguale a m 4,00; l'altezza degli interpiani risulta di m 4,00 per la prima elevazione e di m 3,00 per le altre due elevazioni.



I pilastri e le travi in elevazione hanno la stessa sezione che si mantiene costante lungo l'altezza; in particolare lo spessore risulta di cm 30 mentre la larghezza dei primi e l'altezza delle seconde risulta di cm 50; le travi di fondazione hanno spessore di cm 50

INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

7.1. Note sul software VTM2

VTM2 è un programma specifico per la verifica dei tamponamenti in muratura in conformità a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 14 gennaio 2008 ed aggiornate con il D.M. 17 gennaio 2018.

Il software consente di effettuare la verifica delle seguenti tipologie di tamponamenti:

- tradizionali, a semplice e a doppia fodera, con o senza aperture;
- rinforzati con materiali compositi, a semplice e a doppia fodera, con o senza aperture.

7.2. Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (sono necessari i privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4+;
- 250MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- Accesso ad internet e browser web;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

7.3. Attivazione del software incluso

- Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0258_1.php

- Inserire i codici **[A]** e **[B]** (v. ultima pagina del volume) e cliccare su **[Continua]**;
- Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**;
- Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- Cliccare su **[Vai alla WebApp]** in corrispondenza del prodotto acquistato;
- Fare il *login* con le stesse credenziali d'accesso al **Profilo utente Grafill**;
- Accedere alla WebApp abbinata alla presente pubblicazione cliccando sulla relativa immagine di copertina presente nello scaffale **Le mie App**.

- Per installare ed attivare il software **VTM2**:
 - Cliccare sul pulsante **[Software]** della WebApp; si aprirà una scheda che riporta descrizione e caratteristiche del software, i **codici di attivazione** ed il pulsante **[Scarica Software]**;
 - Cliccare sul pulsante **[Scarica Software]** per avviare il download;
 - Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0259-8.exe**;
 - Avviare il software:
 - Per utenti MS Windows Vista/7/8: **[Start]** › **[Tutti i programmi]** › **[Grafill]** › **[VTM2]** (cartella) › **[VTM2]** (icona di avvio)
 - Per utenti MS Windows 10: **[Start]** › **[Tutte le app]** › **[Grafill]** › **[VTM2]** (icona di avvio)
 - Compilare la maschera *Registrazione Software* e cliccare su **[Registra]**.
 - Avviare il software cliccando su *Avvia software* nella finestra *Starter*.

7.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su:

<https://www.supporto.grafill.it>

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.

8.1. Descrizione dell'ambiente di lavoro

Il programma è di facile utilizzo, sintetico nella richiesta dei dati, approfondito nell'analisi delle verifiche e sobrio nella restituzione grafica sia dell'input che dell'output. Dispone di finestre per l'immissione dei dati, per la visualizzazione dei risultati, per il disegno grafico, per la stampa e per l'aiuto in linea.

Il programma è sviluppato in ambiente MS Windows per cui i comandi sono di facile utilizzo per chi opera nel suddetto ambiente di lavoro.

Completata la procedura di installazione e registrazione del software (v. capitolo 7), avviando il programma comparirà la finestra principale (v. figura 8.1).



Figura 8.1

La parte alta della finestra riporta il nome del programma e quello del progetto corrente. Immediatamente sotto è stata collocata la barra del menu contenente tutti i co-

mandi necessari per il funzionamento del programma. Posizionando il mouse sopra ogni comando viene visualizzata una descrizione sintetica della funzione.

Ogni comando è accessibile senza sequenzialità di utilizzo dei comandi, salvo il caso in cui viene modificato qualche dato tramite le finestre di input per cui, ai fini della visualizzazione dei risultati e dei disegni, viene richiesto di eseguire nuovamente il calcolo.

8.2. Descrizione dei comandi

Nei paragrafi a seguire si riportano le descrizioni dei comandi della barra menu e le modalità per inserire i dati ed ottenere informazioni dal programma.

Funzione dei tasti più ricorrenti nelle griglie del programma:

- Acquisisce i parametri inseriti nelle griglie di immissione dati e memorizza i risultati nella cartella del progetto corrente.
- Esce dalla finestra corrente.
-  Accede alla *Guida in Linea* presente nella finestra corrente.

8.2.1. Creazione di un nuovo progetto

Cliccando su questo comando si visualizza una casella in cui digitare il nome o la sigla da assegnare al nuovo progetto (v. figura 8.2).

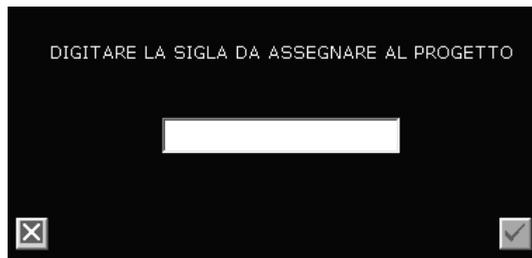


Figura 8.2

Alla conferma il programma crea una cartella avente il nome della sigla assegnata che conterrà tutti i dati del progetto ed i risultati delle verifiche; il percorso per la sua lettura è:

«C:\VTM2\Archivi\Progetti\Sigla»

Contemporaneamente viene creato il file per l'apertura del progetto: «Sigla.vtm» che viene salvato nella cartella:

«C:\VTM2\Progetti\»

Se all'interno della predetta cartella esiste già un progetto con lo stesso nome il programma lo segnalerà.



La presente pubblicazione, unitamente al **software incluso VTM2**, si configura come una guida sistematica per la verifica di tamponamenti in muratura nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019.

Lo studio, ancorché riguarda la verifica di elementi non strutturali, così come definiti dalle NTC, risulta particolarmente interessante in quanto affronta problematiche attinenti la salvaguardia della pubblica e privata incolumità. L'abolizione del limite di altezza degli edifici in funzione della larghezza della strada su cui gli stessi prospettano, ha, infatti, portato in primo piano la necessità di verificare che i tamponamenti non subiscano, a causa delle azioni sismiche o degli effetti indotti dalle strutture portanti perimetrali, danneggiamenti particolari e/o espulsioni tali da provocare danni a persone a seguito del relativo crollo. Analoga necessità sorge per i tamponamenti realizzati in edifici di interesse strategico, per i quali deve essere garantita una certa operatività anche dopo il verificarsi di un evento sismico.

Il testo analizza il comportamento dei tamponamenti, semplici e a doppia fodera, sia tradizionali che rinforzati superficialmente mediante materiali compositi del tipo **FRP** ed **FRCM**, ed esegue le relative verifiche nei confronti delle azioni ortogonali al proprio piano e di quelle complanari adottando, per queste ultime, la schematizzazione a telaio equivalente.

Completano il volume alcuni esempi svolti appartenenti alle diverse tipologie di tamponamenti confrontandone, in maniera critica, i risultati.

Il **software incluso VTM2** è dotato di interfaccia semplice e intuitiva, sia in input che in output; esegue con efficacia e affidabilità la verifica dei tamponamenti fornendo i coefficienti di verifica della capacità di resistenza e di deformazione nei confronti dei vari meccanismi di rottura. In presenza di aperture, il programma tiene conto dell'incremento di resistenza delle fasce dovuto alla presenza di un architrave.

La stampa dell'elaborato è costituita da:

- relazione di calcolo;
- dati relativi al progetto, alla zona, alla costruzione, ai tamponamenti;
- caratteristiche dei materiali;
- sollecitazioni e deformazioni indotte dalle azioni esterne;
- coefficienti di Verifica della capacità di resistenza e di deformazione;
- disegni schematici dei tamponamenti.

REQUISITI HARDWARE E SOFTWARE

Processore da 2.00 GHz; MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore); MS .Net Framework 4+; 250 MB liberi sull'HDD; 2 GB di RAM; Software per la gestione di documenti Office e PDF; Accesso ad internet e browser web.

Gaetano Di Dio Perna, Ingegnere, ex dirigente presso l'Ufficio del Genio Civile di Enna; si è occupato di normativa sismica e delle problematiche ad essa connesse. Con la stessa casa editrice ha già pubblicato: *Autorizzazione Sismica – Guida all'acquisizione* (2012); *Unione aste in legno* (2014 e 2020); *Rinforzo di pareti forate* (2020).



Software
in G-Cloud

Assistenza
tecnica

ISBN 13 978-88-277-0258-1



9 788827 702581 >

Euro 40,00