

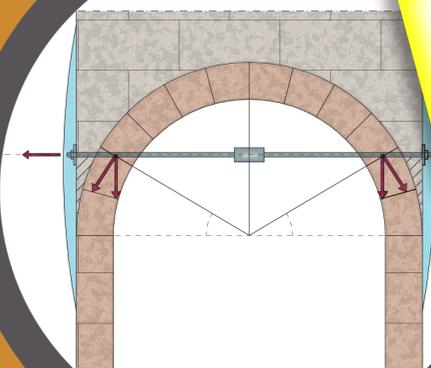


RICCARDO MARIOTTI

I TIRANTI NEGLI EDIFICI IN MURATURA

INTERVENTI LOCALI, MIGLIORAMENTO
E ADEGUAMENTO SISMICO

Fogli di calcolo per i più frequenti calcoli di routine



**PRONTO
GRAFILL**

Clicca e richiedi di essere contattato
per **informazioni** e **promozioni**

 **WEBAPP INCLUSA**
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO



Riccardo Mariotti
I TIRANTI NEGLI EDIFICI IN MURATURA
Ed. I (10-2020)

ISBN 13 978-88-277-0182-9
EAN 9 788827 701829

Collana **COME FARE PER** (32), versione eBook



Prima di attivare Software o WebApp inclusi prendere visione della licenza d'uso.

Inquadrare con un reader il QR Code a fianco oppure collegarsi al link <https://grafill.it/licenza>

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

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



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	5
1. TIPOLOGIE DI INTERVENTI SUGLI EDIFICI IN MURATURA E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	7
1.1. Premessa	"	7
1.2. Criteri generali di progettazione	"	8
1.3. Valutazione della sicurezza.....	"	9
1.4. Classificazione degli interventi.....	"	13
1.4.1. Intervento di adeguamento sismico	"	14
1.4.2. Intervento di miglioramento	"	16
1.4.3. Riparazione o intervento locale	"	17
1.5. Tipologie edifici esistenti in muratura	"	22
1.6. Il rilievo geometrico e tipologico	"	26
1.6.1. Il quadro fessurativo	"	27
1.7. Diagnostica dello Stato Attuale	"	30
1.7.1. Indagini non distruttive su murature esistenti.....	"	31
1.7.1.1. Endoscopia	"	31
1.7.1.2. Termografia.....	"	32
1.7.1.3. Martinetti piatti.....	"	32
1.7.1.4. Prove soniche/ultrasoniche.....	"	34
1.7.1.5. Indagini sclerometriche	"	36
1.7.1.6. Prove di pull-out.....	"	37
1.7.1.7. Indagini con pacometro	"	37
1.7.1.8. Valori tabellari di normativa.....	"	37
1.8. Tecniche di intervento sulle murature.....	"	37
1.8.1. Risarciture localizzate (cuci scuci).....	"	38
1.8.2. Iniezioni di miscele leganti.....	"	38
1.8.3. Perforazioni armate.....	"	38
1.8.4. Paretine di contenimento	"	39
1.8.4.1. Paretine di contenimento in cemento armato	"	39
1.8.4.2. Paretine di contenimento in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer).....	"	40

1.8.5.	Cerchiature catene e tiranti	p.	40
1.8.6.	Cordoli in cemento armato	"	41
1.8.7.	Cucitura attiva della muratura – CAM	"	42
2.	CALCOLO E COMPORTAMENTO DEI TIRANTI	"	43
2.1.	Generalità sui tiranti	"	43
2.2.	Cerchiature, catene, tiranti	"	45
2.3.	Valutazione della resistenza	"	47
2.3.1.	Capochiave-piastra circolare di raggio r	"	47
2.3.1.1.	Verifica del tiro per taglio sulla superficie di rottura (resistenza della muratura per punzonamento)	"	47
2.3.1.2.	Verifica del tiro per attrito sulla superficie di rottura	"	49
2.3.1.3.	Verifica meccanismo di rottura relativo alla resistenza del muro nei confronti della penetrazione dell'ancoraggio, dovuta ad eccesso di pressione di contatto	"	50
2.3.2.	Capochiave con piastra rettangolare di dimensioni a e b con $a > b$	"	51
2.3.2.1.	Verifica del tiro per taglio sulla superficie di rottura (resistenza della muratura per punzonamento)	"	51
2.3.2.2.	Verifica del tiro per attrito sulla superficie di rottura (tensioni tangenziali)	"	52
2.3.2.3.	Verifica meccanismo di rottura relativo alla resistenza del muro nei confronti della penetrazione dell'ancoraggio, dovuta ad eccesso di pressione di contatto	"	54
2.3.3.	Capochiave con paletto di dimensioni a e b	"	55
2.3.3.1.	Verifica del tiro per taglio sulla superficie di rottura (resistenza della muratura per punzonamento)	"	55
2.3.3.2.	Verifica del tiro per attrito sulla superficie di rottura	"	55
2.3.3.3.	Verifica tensione di contatto tra il paletto e la muratura	"	56
2.3.4.	Ancoraggio iniettato	"	58
2.3.5.	Ancoraggio in cordolo/trave in cemento armato	"	59
2.4.	Caratterizzazione meccanica dei materiali	"	62
2.5.	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	"	63
2.5.1.	I livelli di conoscenza per le costruzioni in muratura portante	"	63

3. MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO NELLE MURATURE	p.	77
3.1. Meccanismi locali di collasso nelle murature.....	"	77
3.1.1. Ribaltamento semplice di parete.....	"	84
3.1.2. Ribaltamento semplice		
della parte alta di parete monolitica.....	"	86
3.1.3. Ribaltamento semplice di parete a doppia cortina.....	"	87
3.1.4. Ribaltamento composto di parete	"	87
3.1.5. Ribaltamento composto		
di cuneo diagonale – parte alta	"	89
3.1.6. Ribaltamento composto		
di cuneo a doppia diagonale	"	89
3.1.7. Ribaltamento del cantonale	"	89
3.1.8. Flessione verticale di parete	"	89
3.1.9. Flessione verticale		
di parete monolitica ad un solo piano.....	"	90
3.1.10. Flessione verticale di parete monolitica a più piani	"	91
3.1.11. Flessione verticale		
di parete a doppia cortina ad un solo piano	"	92
3.1.12. Flessione verticale		
di parete a doppia cortina a più piani.....	"	92
3.1.13. Flessione orizzontale di parete	"	92
3.1.14. Flessione orizzontale di parete confinata.....	"	93
3.1.15. Flessione orizzontale di parete a doppia cortina.....	"	93
3.1.16. Sfondamento della parete del timpano	"	94
3.1.17. Analisi limite dell'equilibrio		
(approccio cinematico – metodo dei lavori virtuali).....	"	94
4. CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP	"	97
4.1. Contenuti della WebApp.....	"	97
4.2. Requisiti hardware e software	"	97
4.3. Utilizzo della piattaforma WebApp Grafill.....	"	97
4.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem).....	"	98
BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	"	101

PREFAZIONE

L'Italia è un paese ad alta vulnerabilità sismica e pertanto la sicurezza delle costruzioni esistenti è di fondamentale importanza anche per il valore storico e artistico di buona parte del patrimonio edilizio esistente.

La maggior parte dei fabbricati esistenti sono stati costruiti senza tener conto in alcun modo delle azioni sismiche. Inoltre le tipologie strutturali dei fabbricati esistenti sono molto variegata, si pensi alle strutture murarie con orizzontamenti di diversa tipologia, presenza di archi, volte catene, ecc.. È pertanto molto problematico trovare soluzioni univoche e standardizzate per i metodi di verifica e di progetto ed anche per le numerose tecnologie di intervento tradizionali e moderne oggi disponibili.

Le recenti normative tecniche hanno introdotto importanti novità riguardanti il recupero del patrimonio edilizio esistente, introducendo, fra gli altri, i concetti di *livello di conoscenza*, relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali e *fattore di confidenza* che modifica i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza acquisito.

Nelle attuali Normative Tecniche si prevede che la valutazione della sicurezza venga effettuata ogni qual volta si eseguano interventi strutturali, determinando il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento; vengono definiti alcuni passaggi fondamentali delle procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, individuati nell'analisi storico-critica, nel rilievo geometrico-strutturale, nella **caratterizzazione meccanica dei materiali**, nella **definizione dei livelli di conoscenza** e dei conseguenti **fattori di confidenza**, nella definizione delle azioni e nella relativa analisi strutturale.

Il Progettista dovrà esplicitare nella Relazione Tecnica i livelli di sicurezza già presenti e quelli raggiunti con l'intervento, nonché le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione in funzione della categoria di intervento: **adeguamento, miglioramento e riparazione o intervento locale**.

Le tecniche di consolidamento degli edifici in muratura sono molteplici e tendono sia a ridurre la vulnerabilità di porzioni locali sia ad incrementare la resistenza globale. Nel testo è trattato in modo particolare il consolidamento con tiranti metallici. Questa tecnica, molto antica, risulta molto efficace per incrementare la resistenza dei fabbricati in muratura sia nei confronti delle azioni sismiche e di quelle statiche. Inoltre nel testo si riporta anche come i tiranti influenzano le verifiche dei meccanismi di collasso locale.

Cascina (PI), ottobre 2020

Riccardo Mariotti

TIPOLOGIE DI INTERVENTI SUGLI EDIFICI IN MURATURA E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

1.1. Premessa

Le tipologie strutturali dei fabbricati esistenti sono molto variegate, si pensi alle strutture murarie con orizzontamenti di diversa tipologia, presenza di archi, volte catene, ecc.. È pertanto molto problematico trovare soluzioni univoche e standardizzate per i metodi di verifica e di progetto ed anche per le numerose tecnologie di intervento tradizionali e moderne oggi disponibili.

Per costruzioni *esistenti*, alle quali si applicano le norme contenute nel capitolo 8 delle NTC 2018, si intendono quelle la cui struttura sia già stata completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

L'attuale normativa introduce importanti novità riguardanti il patrimonio edilizio esistente, vengono introdotti, fra gli altri, i concetti di *livello di conoscenza*, relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali e *fattore di confidenza* che modifica i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza acquisito.

Si definiscono le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che, per le costruzioni esistenti, potrà essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi. La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qualvolta si eseguano interventi strutturali e dovrà essere determinato il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare nella Relazione Tecnica i livelli di sicurezza già presenti e quelli raggiunti con l'intervento, nonché le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Vengono definiti alcuni passaggi fondamentali delle procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, individuati nell'analisi storico-critica, nel rilievo geometrico-strutturale, nella **caratterizzazione meccanica dei materiali**, nella **definizione dei livelli di conoscenza** e dei conseguenti **fattori di confidenza**, nella definizione delle azioni e nella relativa analisi strutturale.

Si definiscono poi i criteri di utilizzazione dei materiali, tradizionali e non, per la riparazione ed il rafforzamento delle strutture.

Le norme tecniche individuano tre categorie di intervento (§ 8.4 delle NTC 2018): **adeguamento**, **miglioramento** e **intervento locale o di riparazione**, stabilendo, attraverso la loro definizione, quando si verificano le condizioni per le quali si renda necessario uno degli interventi: per gli interventi di adeguamento e miglioramento sismico la normativa prescrive l'obbligatorietà del collaudo.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti in muratura (§ 8.7.1 delle NTC 2018 e §§ C8.5.3.1 e C8.5.4.1 della Circolare n. 7/2019) occorre distinguere fra meccanismi di collasso locali (§ C8.7.1 della Circolare n. 7/2019) e meccanismi d'insieme; la sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi.

1.2. Criteri generali di progettazione

Le disposizioni di carattere generale valide per nuove costruzioni nelle NTC 2018 costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti salvo per quanto non diversamente specificato dalla normativa stessa al Capitolo 8.

Nel caso di interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di redistribuzione degli spazi, ecc.) deve essere valutata con attenzione la loro possibile interazione con gli SLU e gli SLE della struttura o parti di essa. Nei lavori di riorganizzazione interna e funzionale degli edifici si possono riscontrare talvolta tipologie di intervento anche non strutturale che interagiscono con il comportamento delle strutture.

Ad esempio nella creazione o variazione di impianti nelle strutture murarie, a causa dell'inserimento di condutture in breccia nelle pareti portanti o della realizzazione di nicchie, che indeboliscono sensibilmente i singoli elementi strutturali o la connessione tra le varie parti, oppure nello spostamento o nella demolizione di tramezzature o tamponature aventi rigidezza e resistenza non trascurabili; in particolare le tipologie strutturali più flessibili, come ad esempio le strutture intelaiate sono maggiormente sensibili all'interazione con le tamponature stesse. Per queste ultime è possibile che si determinino configurazioni sfavorevoli per irregolarità in pianta o in elevazione. Laddove si possano prevedere situazioni di potenziale pericolosità per il comportamento strutturale per carichi verticali e sismici, la normativa impone l'effettuazione delle relative verifiche.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione;
- la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali, si dovrà, inoltre, tenere conto che:

- la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive;
- la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;

CALCOLO E COMPORTAMENTO DEI TIRANTI

2.1. Generalità sui tiranti

In questo capitolo ci occuperemo in particolare di una tecnica di intervento nota fin dall'antichità consistente nell'inserimento di catene e/o tiranti.

I tiranti rappresentano una tecnica di consolidamento molto diffusa ed efficace per rinforzare edifici in muratura e sono utilizzati per vari scopi:

- ridurre la vulnerabilità nei confronti dei meccanismi locali di collasso (figura 2.1);
- incrementare la resistenza nel piano delle pareti (figura 2.2) modificandone il tipo di rottura per effetto di carichi orizzontali;
- ridurre gli effetti delle spinte orizzontali di elementi spingenti quali archi e volte (cfr. figura 2.3).

Se schematizziamo un fabbricato in muratura a telaio equivalente, questo è composto tra tre elementi: i maschi murari, che sono gli elementi verticali deformabili posti tra due aperture, le fasce di piano, che sono gli elementi orizzontali deformabili posti tra due aperture appartenenti a livelli diversi e i conci rigidi che sono gli elementi di collegamento tra i maschi murari e le fasce di interpiano.

Il contributo alla resistenza simica delle fasce di interpiano può essere considerato nel calcolo solo se al suo interno è presente un elemento resistente a trazione (figura 2.1) come un cordolo in cemento armato, un tirante in acciaio e con la presenza di architravi ben ammorsati nella muratura.

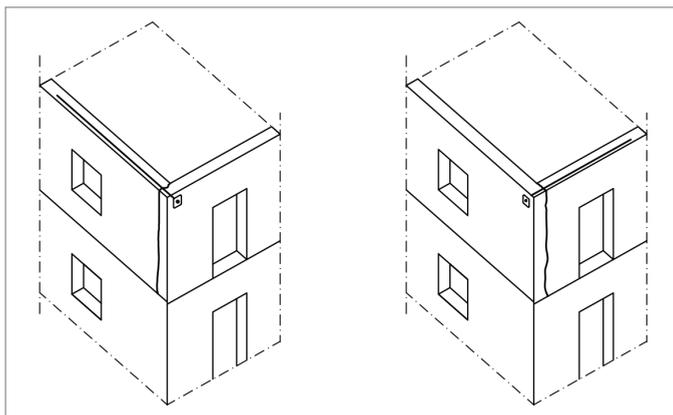


Figura 2.1. Contributo dei tiranti nei meccanismi locali di collasso

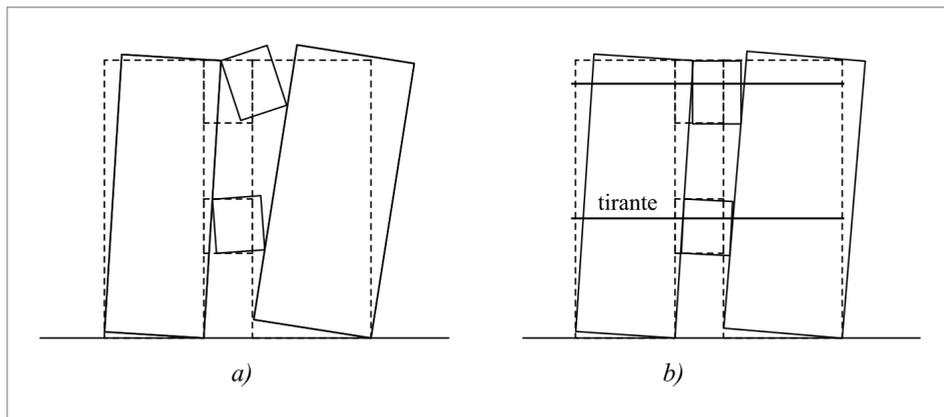


Figura 2.2. a) comportamento della parete in assenza di tiranti;
b) comportamento della parete in presenza di tiranti

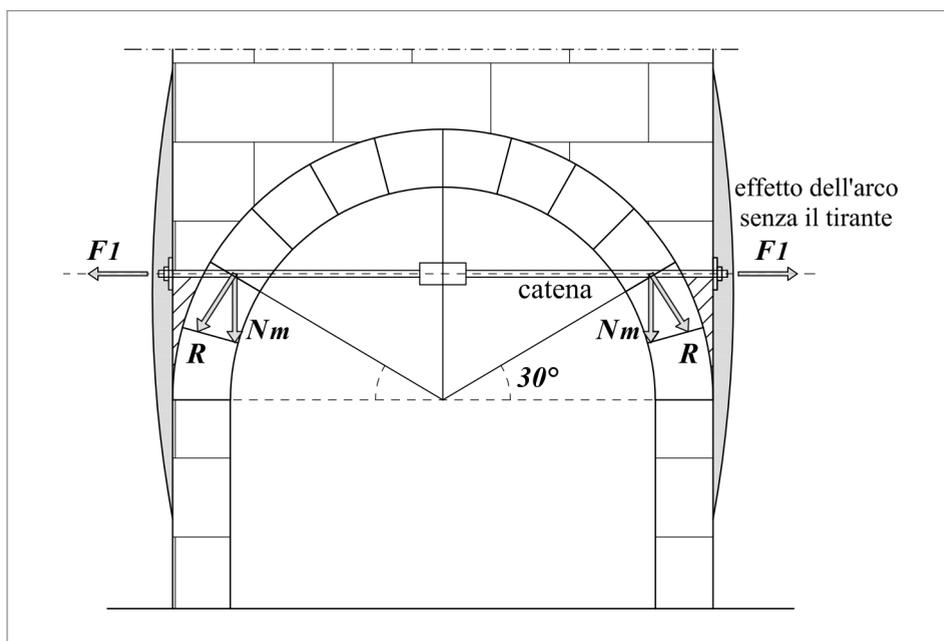


Figura 2.3. Arco con catena in acciaio

La resistenza di una struttura in muratura aumenta per effetto della forza di trazione trasmessa dal tirante e può essere quantificata con apposite verifiche.

Nota la forza di trazione richiesta al tirante, che consente di raggiungere il grado di sicurezza voluto, ad esempio nei confronti di uno dei meccanismi locali di collasso, occorre di conseguenza dimensionare il tirante ed in particolare il capochiave affinché resista alla suddetta forza.

MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO NELLE MURATURE

3.1. Meccanismi locali di collasso nelle murature

Negli edifici esistenti in muratura spesso il danneggiamento maggiore innescato da azioni sismiche avviene per collassi parziali dovuti alla perdita dell'equilibrio di porzioni murarie.

Tabella 3.1. Modalità di collasso di un edificio in muratura in funzione della qualità delle murature

Situazione strutturale		Comportamento sismico	Analisi più adatta	Intervento prioritario
Muratura di qualità meccanica insufficiente.		Disgregazione muratura.	Valutazione qualità muraria.	Migliorare la qualità della muratura e la sua coesione interna.
Muratura di sufficiente qualità. Assenza di collegamenti efficaci.		Locale (formazione di cinematismi).	Analisi cinematica dei meccanismi di Collasso. Analisi per carichi verticali (solai, copertura). Ricognizione delle vulnerabilità locali.	Inserire vincoli (catene, collegamenti, etc.). Rinforzo di solai e coperture (se necessario). Eliminare vulnerabilità.
Muratura di sufficiente qualità e presenza di collegamenti efficaci e diffusi sull'intera costruzione.	Impalcati deformabili.	Complessivo (risposta d'insieme e carichi per aree d'influenza). Assenza di effetti torcenti globali.	Analisi non lineare su modello tridimensionale. Analisi non lineare per allineamenti.	Migliorare resistenza e Capacità deformativa degli elementi resistenti.
	Impalcati rigidi.	Globale (risposta d'insieme e carichi proporzionali alle rigidità). Presenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D.	Migliorare resistenza e Capacità deformativa degli elementi resistenti.

Nel seguito si analizzano alcuni meccanismi di collasso (cfr: figura 3.1).

Questi meccanismi locali si verificano nelle pareti murarie prevalentemente per azioni perpendicolari al loro piano, mentre nel caso di sistemi ad arco anche per azioni nel piano.

Le verifiche, con riferimento ai meccanismi locali di danno e collasso (nel piano e fuori piano), possono essere svolte tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo.

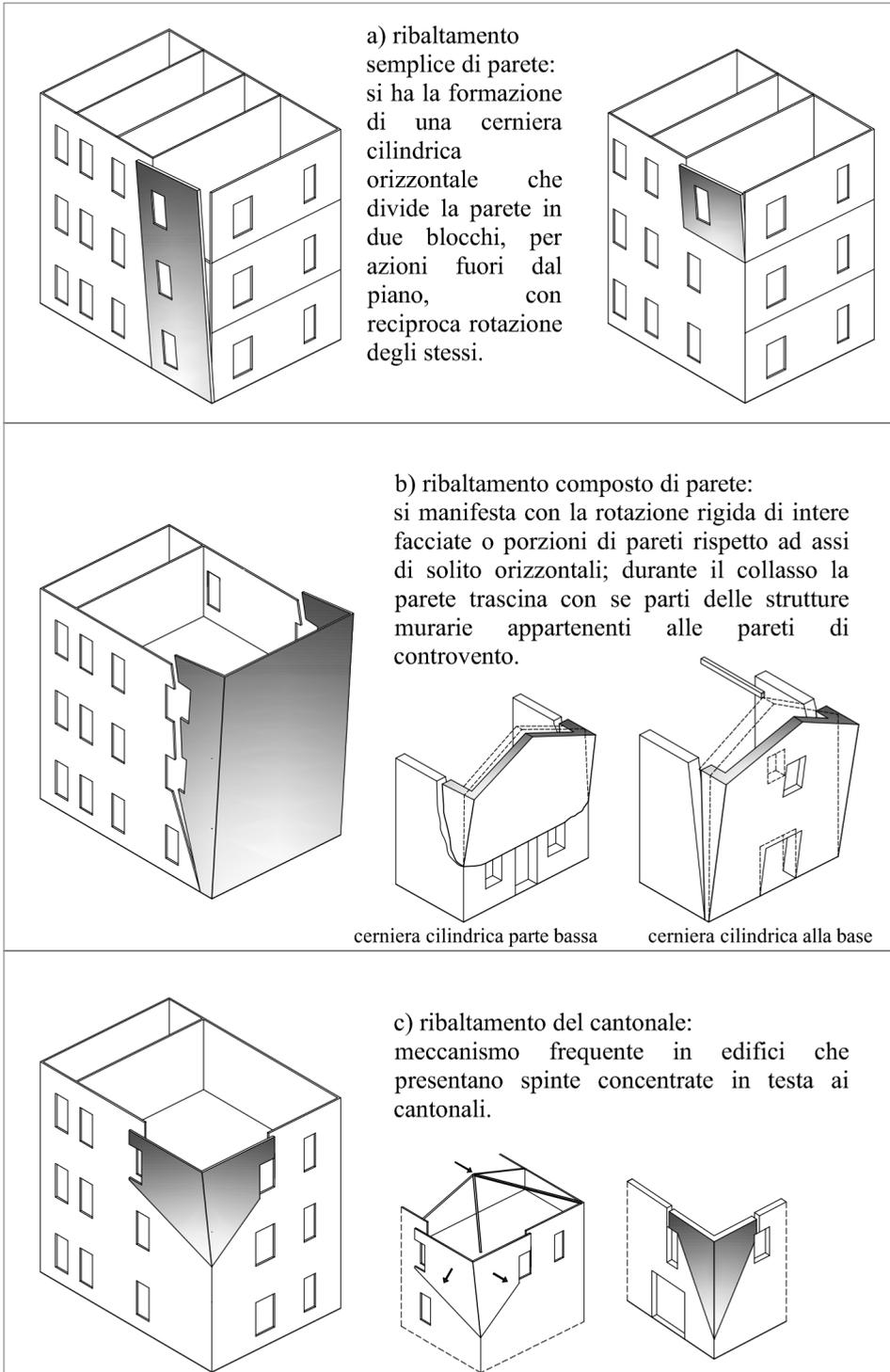


Figura 3.1-1. Schemi cinematici di collasso

CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP

4.1. Contenuti della WebApp

La WebApp inclusa gestisce le seguenti utilità:

- **Fogli di calcolo in Excel** che consentono al tecnico progettista di risolvere alcuni dei più frequenti calcoli di routine:
 - **Verifica tiranti-catene:** software per il calcolo di tiranti e catene che prevede il dimensionamento delle catene, la verifica dei capochiave ed il dimensionamento del capochiave stesso.
 - **Verifica sismica tamponamenti:** software per verifica di tamponamenti, specifico per la verifica di tramezzature e/o tamponamenti.
 - **Verifica solaio e coperture in legno:** software per il calcolo di solai e coperture che prevede il calcolo di travi principali e secondarie in legno con diversa inclinazione.
- **Banca dati normativa e giurisprudenza** consultabile attraverso un motore di ricerca, con aggiornamenti automatici per 365 giorni dall'attivazione della WebApp.

4.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android.
- Accesso ad internet e browser web con *Javascript* attivo.
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

4.3. Utilizzo della piattaforma WebApp Grafill

WebApp Grafill è la piattaforma per l'acquisto di eBook Grafill Editoria tecnica con modalità *on demand*. La piattaforma consente di acquistare ed attivare in tempo reale eBook, software e/o raccolte di documenti editabili. Attraverso il *Tool di assistenza*, disponibile su tutti i prodotti, è possibile ottenere assistenza tecnica e supporto.

Per accedere alla piattaforma **WebApp Grafill** e alla **WebApp** parte integrante della presente pubblicazione procedere come segue:

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

<https://webapp.grafill.it>

- 2) Cliccare su [**Accedi**].

- 3) Inserire *Username* e *Password* dell'account **grafill.it** che hai utilizzato per l'acquisto dell'ebook.
- 4) Nella sezione **LE MIE APP** cliccare sulla copertina del prodotto acquistato e procedere all'uso della WebApp.

4.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem)

L'assistenza tecnica (gratuita per 365 giorni dall'acquisto) è relativa esclusivamente all'installazione e all'avvio del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

L'assistenza *TicketSystem* è disponibile all'indirizzo **<https://www.supporto.grafill.it>**.

Effettuare il login al *TicketSystem* utilizzando i dati del profilo utente di **www.grafill.it** ed aprire un ticket seguendo le istruzioni.

La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del *TicketSystem*.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

