



Aedes.**PCM** 2017

PROGETTAZIONE DI **C**OSTRUZIONI IN **M**MURATURA

Analisi strutturale di costruzioni in muratura secondo la Normativa Tecnica vigente

Aggiornamenti 2017.1 (estratto dal Manuale d'uso di PCM 2017)

Ultima revisione di questo documento: 27.04.2017

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale, a norma di legge e delle convenzioni internazionali. Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta in qualsiasi forma o mezzo elettronico o meccanico, per alcun uso, senza il permesso scritto della AEDES Software per Ingegneria Civile.

© 1997-2017 **AEDES Software per Ingegneria Civile**

Via F. Aporti 32 - 56028 SAN MINIATO (PI)

Tel.: +39 0571 401073 - Fax: +39 0571 418350

E-mail: info@aedes.it - Internet: www.aedes.it

AVVERTENZE E CONDIZIONI D'USO

La AEDES Software si riserva il diritto di apportare miglioramenti o modifiche al programma PCM, descritto nella documentazione ad esso associata, in qualsiasi momento e senza preavviso.

Il software e la documentazione allegata, anche se curati con scrupolosa attenzione, non possono comportare specifiche responsabilità di AEDES per involontari errori o inesattezze: pertanto, l'utilizzatore è tenuto a controllare l'esattezza e la completezza del materiale utilizzato. Le correzioni relative ad eventuali errori tipografici saranno incluse nelle versioni di aggiornamento.

PCM è di esclusiva proprietà della AEDES e viene concesso in uso non esclusivo secondo i termini e le condizioni riportati nel contratto di licenza d'uso. L'Utente non avrà diritto ad utilizzare PCM fino a quando non avrà sottoscritto la suddetta licenza d'uso.

L'Utente è responsabile della scelta di PCM al fine del raggiungimento dei risultati voluti, nonché dell'installazione, dell'uso dello stesso e dei relativi risultati.

Le sole garanzie fornite dalla AEDES in merito a PCM sono quelle riportate nella licenza d'uso. La AEDES non garantisce che le funzioni contenute in PCM soddisfino le esigenze dell'Utente o funzionino in tutte le combinazioni che possono essere scelte per l'uso da parte dell'Utente.

I nomi dei prodotti citati nella documentazione di PCM possono essere marchi di fabbrica o marchi registrati dalle rispettive Società.

Appendice B. AGGIORNAMENTI 2017.1

Le novità introdotte con la versione 2017.1 comprendono sia nuove funzionalità, in grado di estendere il campo applicativo di PCM, sia evoluzioni per alcune funzioni già disponibili.

Per Utenti della versione 2016: i progetti già analizzati con la versione precedente possono presentare alcune variazioni sui risultati a seguito di nuove ipotesi adottate; consultare l'elenco delle evoluzioni. Per progetti in corso di elaborazione, con modelli strutturali già analizzati, si consiglia di valutare l'opportunità di trasferirli integralmente nella versione 2017, oppure mantenere per tali progetti l'utilizzo della versione 2016.

La versione 2017.1 opera nel rispetto della Normativa in vigore alla data del suo rilascio (D.M. 14.1.2008 e norme collegate), e dal punto di vista normativo è quindi pienamente compatibile con la versione precedente.

Nuove funzionalità

Classificazione del rischio sismico delle costruzioni
Comportamento trilineare degli elementi murari
Drift a pressoflessione dipendente dalla snellezza
Output su drift di interpiano in analisi statica non lineare
Cerniere plastiche per elementi in acciaio (travi, colonne)
Azioni sulle connessioni dei solai alle pareti

Evoluzioni

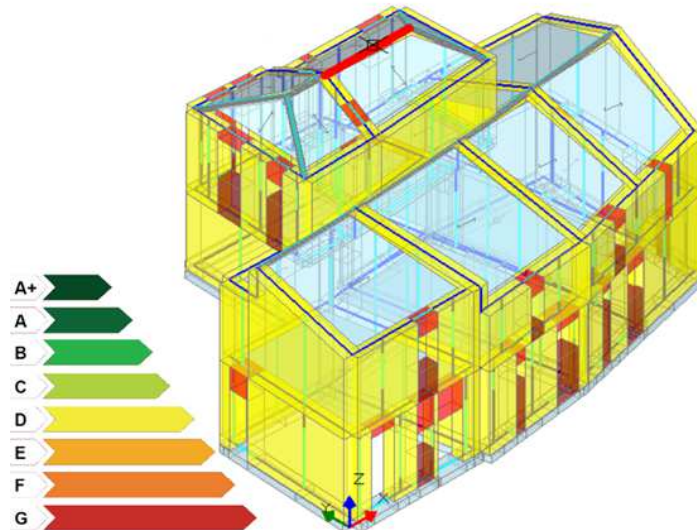
Rigidezze fessurate nei diversi tipi di analisi
Parametri di calcolo
Check up dati

B 1. NUOVE FUNZIONALITÀ

Le nuove funzionalità introdotte con la versione 2017.1 estendono il campo applicativo di Aedes.PCM. Si segnala in particolare la possibilità di considerare il comportamento trilineare dei maschi murari, aspetto direttamente collegato al riassetto teorico-applicativo della questione delle 'rigidezze fessurate'. Altre nuove funzioni rendono disponibili maggiori informazioni sulle deformazioni di interpiano raggiunte ai vari passi della curva pushover, e consentono la definizione del drift a pressoflessione in base alla snellezza della singola parete, aspetto ancora non direttamente presente nella Normativa italiana vigente ma considerato invece nelle Norme internazionali (fra cui l'EuroCodice).
Le cerniere plastiche nelle travi e nelle colonne in acciaio consentono, fra l'altro, lo studio degli effetti di telai integrativi inseriti nei progetti di consolidamento per conferire maggiore rigidità e/o duttilità alle strutture murarie.
E' ora possibile conoscere le azioni di scorrimento fra solaio e pareti murarie che lo delimitano, in modo da poter progettare adeguate connessioni.

B 1.1. CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI

La classificazione del rischio sismico delle costruzioni è stata introdotta da un'apposita Normativa: il Decreto 65 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, del 7.3.2017, con la finalità di definire la classe di rischio in relazione a progetti di consolidamento antisismico e ad incentivi economici ad essi collegati.



In PCM è stato predisposto il nuovo comando Classificazione del menu Supporto, attraverso il quale, dopo aver eseguito l'analisi, si ottiene la classe di rischio sismico con elaborazione del diagramma PAM (perdita annua media).

Alla 'Classificazione sismica' è dedicato un documento specifico, che è possibile aprire direttamente dal menu Supporto, gruppo Manuali.

B 1.2. COMPORTAMENTO TRILINEARE DEGLI ELEMENTI MURARI

Gli elementi in muratura (Maschi e Fasce) in analisi Pushover sono ora caratterizzati da una legge di comportamento trilineare, attivata quando in input è specificata una rigidezza fessurata (per esempio, pari al 50%).

Consideriamo un pannello murario incastrato alla base e sollecitato nel piano da una forza orizzontale V in sommità. La curva caratteristica del pannello è la relazione che lega la forza V allo spostamento δ della sezione di sommità rispetto alla sezione di base. In PCM tale curva viene schematizzata mediante una poligonale individuata dai seguenti spostamenti notevoli (fig. 1a):

- δ_1 corrispondente alla prima fessurazione ovvero la parzializzazione di una sezione del pannello
- δ_e corrispondente alla plasticizzazione per superamento della resistenza a taglio o a pressoflessione
- δ_u spostamento ultimo oltre il quale il pannello esaurisce la sua capacità di resistere ad azioni orizzontali

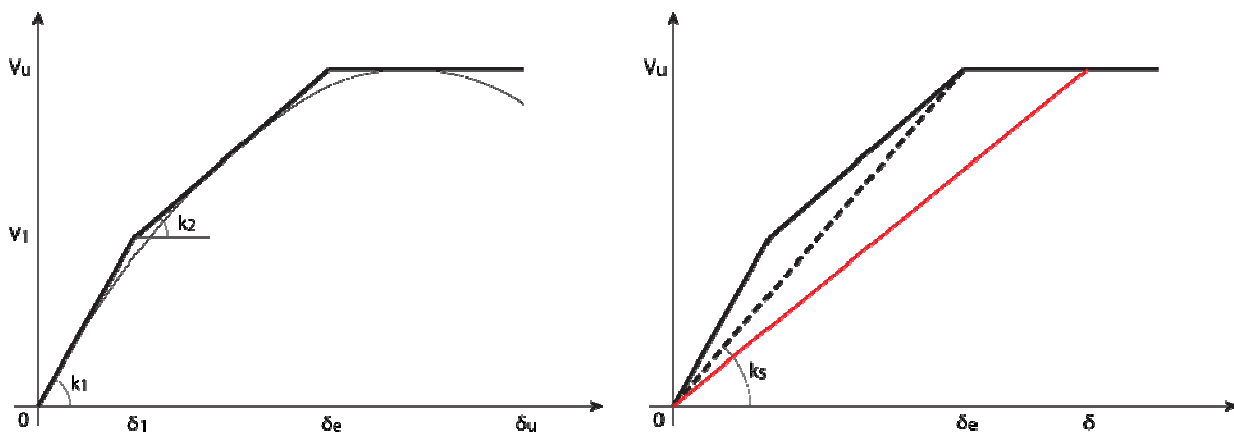


Fig. 1. Curve caratteristiche del pannello murario

Nell'intervallo $[0-\delta_1]$ lungo il quale le sezioni del pannello sono completamente reagenti la curva caratteristica presenta un tratto elastico crescente con rigidezza k_1 pari alla rigidezza iniziale non fessurata. Nell'intervallo $[\delta_1-\delta_e]$ la parzializzazione delle sezioni del pannello si traduce in un secondo tratto elastico con rigidezza fessurata k_2 comunemente posta pari al 50% di k_1 .

Dopo la plasticizzazione, nell'intervallo $[\delta_e-\delta_u]$ l'introduzione di cerniere plastiche annulla la rigidezza tangente del pannello il quale continua a supportare il taglio ultimo V_u fino al collasso per raggiungimento dello spostamento ultimo definito secondo i criteri di drift ultimo o duttilità massima.

Nell'analisi Pushover di una struttura muraria condotta per incrementi di forze, il collasso di un pannello murario determina l'interruzione della sottocurve corrente e la ripartenza con una nuova sottocurve condotta a partire da uno schema strutturale che tenga conto dei collassi e delle crisi intervenute fino a quel punto.

Con riferimento alla fig. 1b, un pannello murario in fase plastica, che abbia raggiunto lo spostamento δ , nella curva successiva descriverà il tratto di colore rosso. Per ottenere tale comportamento è necessario anzitutto calcolare la rigidezza secante k_s (linea tratteggiata) secondo la seguente formula:

$$k_s = \frac{k_1 \cdot \delta_1 + k_2 \cdot (\delta_e - \delta_1)}{\delta_e}$$

Successivamente, in caso di crisi a taglio, la rigidezza k_s verrà ulteriormente ridotta per mezzo del fattore δ_e/δ . Invece, se il pannello è andato in crisi per pressoflessione la riduzione di rigidezza sarà ottenuta per mezzo di opportuni gradi di incastro che tengano conto delle rotazioni plastiche rilevate in corrispondenza dello spostamento δ .

La seguente tabella riassume i valori di rigidezza considerati nelle varie analisi per gli elementi in muratura (Maschi e Fasce) e per tutti gli altri elementi per i quali sia stato specificato un valore di rigidezza fessurata. Come si evince dalla tabella il comportamento trilineare (rigidezza non fessurata seguita da rigidezza fessurata dopo la parzializzazione) è adottato per maschi e fasce in muratura in Analisi Pushover.

	Maschi e Fasce in muratura	Altri elementi
Analisi Modale	Fessurata	Fessurata
Analisi Statica Non Sismica	Non Fessurata	Fessurata
Analisi Sismiche Lineari	Fessurata	Fessurata
Analisi Pushover	Non Fessurata / Fessurata	Fessurata

La legge trilineare consente un'adeguata descrizione del comportamento dei pannelli murari, come evidenziato dal Prof. Augenti nell'opera "Il calcolo sismico degli edifici in muratura" (UTET, 2000). E' inoltre prevista dalla normativa europea: EuroCodice EC8-1 (UNI EN 1998-1:2005), che in §4.3.3.4.1(2), relativamente ai metodi non lineari, recita:

"Come minimo, si raccomanda di utilizzare una relazione bilineare forza-deformazione a livello dell'elemento. In edifici di calcestruzzo e di muratura, si raccomanda che la rigidezza elastica di una relazione bilineare forza-deformazione corrisponda a quella di sezioni fessurate. In elementi duttili, attesi esibire escursioni in campo plastico durante la risposta, si raccomanda che la rigidezza elastica di una relazione bilineare sia la rigidezza secante al punto di snervamento. Sono permesse **relazioni trilineari** forza-deformazione, che tengono conto di rigidezze prima della fessurazione e dopo la fessurazione."

Con l'introduzione del comportamento trilineare, PCM implementa quindi in modo completo il comportamento descritto dall'EuroCodice, fermo restando che la legge bilineare resta ancora applicabile in PCM in analisi pushover semplicemente evitando di specificare rigidezze fessurate.

B 1.3. DRIFT A PRESSOFLESSIONE DIPENDENTE DALLA SNELLEZZA

Un nuovo parametro di calcolo (già disponibile nell'ultimo aggiornamento 2016) consente l'applicazione del coefficiente di snellezza (H_0/D) al drift a pressoflessione, seguendo le indicazioni dell'EuroCodice 8 (EC8-3, §C.4.2.1):

C.4.2 Elementi soggetti a forza normale e flessione

C.4.2.1 LS di Danno Significativo (SD)

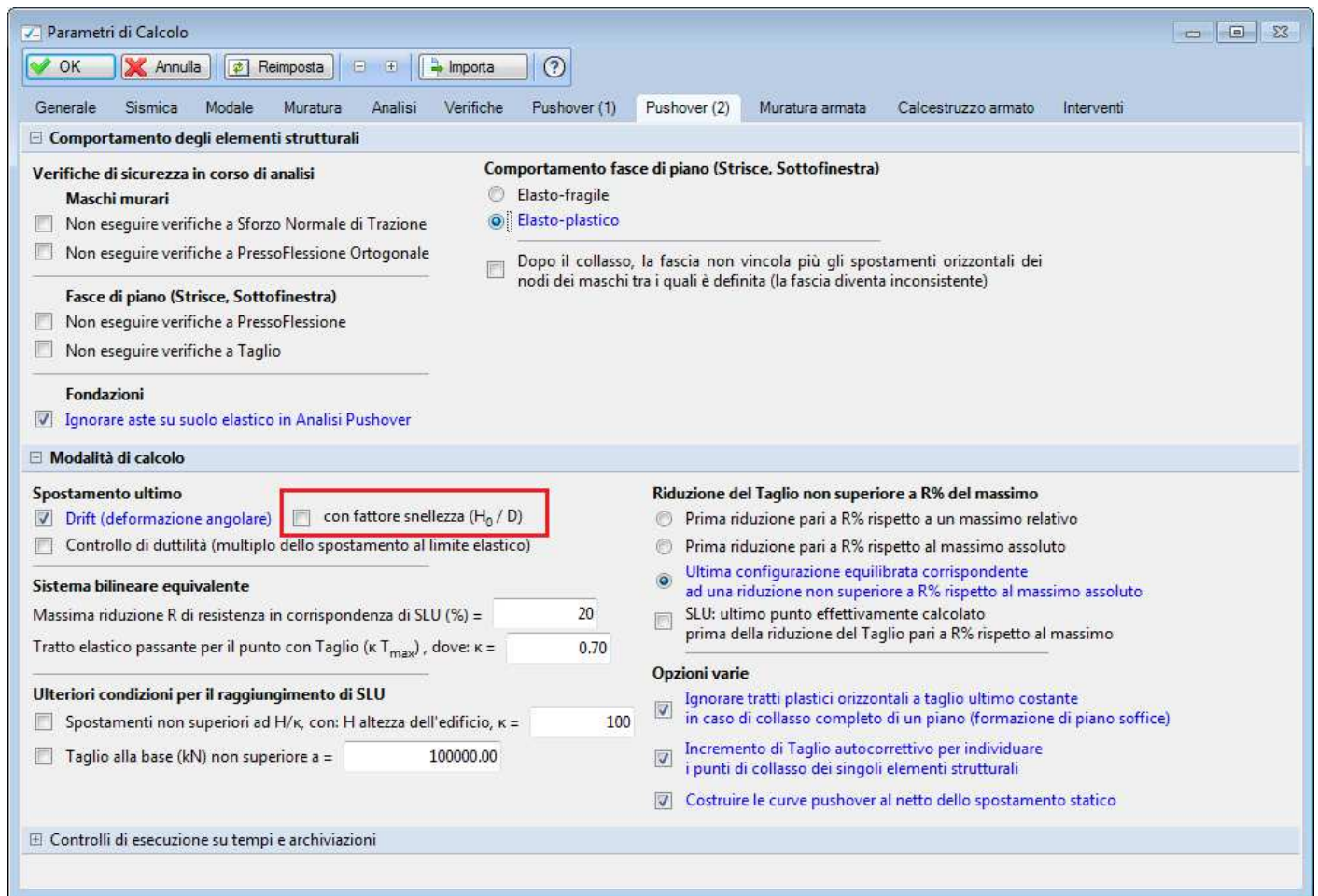
- (1) La capacità di una parete in muratura non armata è controllata dalla flessione, se il valore della sua capacità a taglio data nel punto **C.4.2.1(3)** è minore rispetto al valore dato nel punto **C.4.3.1(3)**.
- (2) La capacità di una parete in muratura non armata controllata dalla flessione può essere espressa in termini di spostamento e presa uguale a $0,008 \cdot H_0/D$ per pareti sismiche primarie e uguale a $0,012 \cdot H_0/D$ per quelle secondarie, dove:
 D è la dimensione orizzontale nel piano della parete (altezza);
 H_0 è la distanza tra la sezione dove è raggiunta la capacità flessionale ed il punto a momento nullo.
- (3) La capacità a taglio di una parete in muratura non armata controllata dalla flessione soggetta a un carico assiale N , può essere presa uguale a:

$$V_f = \frac{DN}{2H_0}(1 - 1,15v_d) \quad (C.1)$$

dove:

D e H_0 sono definiti come nel punto (2).

$V_d = N/(Dtf_d)$ è il carico assiale normalizzato (con $f_d = f_m/CF_m$, dove f_m è la resistenza a compressione media come ottenuta da prove in sito e da fonti di informazione aggiuntive, e CF_m è il coefficiente di confidenza per murature dato nel prospetto 3.1 per l'appropriato livello m di conoscenza), t è lo spessore della parete.



B 1.4. OUTPUT SU DRIFT DI INTERPIANO IN ANALISI STATICA NON LINEARE

Per ogni passo di una qualsiasi curva pushover è possibile consultare il nuovo file, avente estensione *dft*, che contiene l'elenco degli spostamenti di interpiano relativi a tutti i maschi dei vari piani, con corrispondente drift (deformazione angolare di interpiano, data dal rapporto tra spostamento e altezza d'interpiano).

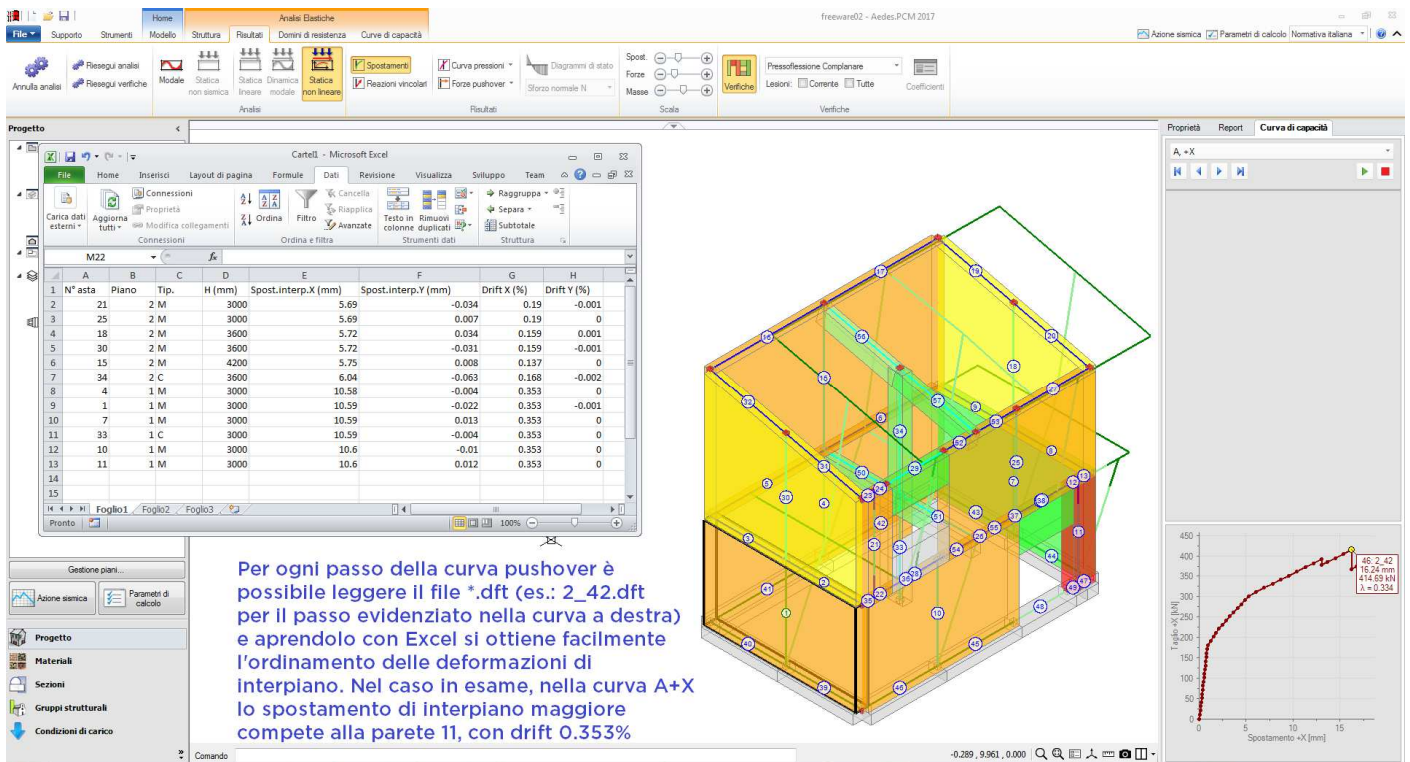
Aperto il file con Microsoft Excel è immediato eseguire un qualsiasi ordinamento, ad esempio per ricavare lo spostamento ed il drift massimo.

Lo spostamento viene riportato nelle due direzioni ortogonali di riferimento globale X e Y, ed ovviamente è in genere maggiore nella direzione della curva esaminata (ad es. la curva in figura seguente è la A+X e gli spostamenti significativi sono secondo X).

Facendo riferimento al progetto freeware02 contenuto nella cartella Progetti di PCM 2017, i files contenenti i drift relativi alla curva A+X sono posti nel percorso:

C:\Aedes2017\Pcm_1\Progetti\freeware02\SNL\VAPX_

e c'è un file per ogni passo della curva complessiva.



Per ogni passo della curva pushover è possibile leggere il file *.dft (es.: 2_42.dft per il passo evidenziato nella curva a destra) e aprendolo con Excel si ottiene facilmente l'ordinamento delle deformazioni di interpiano. Nel caso in esame, nella curva A+X lo spostamento di interpiano maggiore compete alla parete 11, con drift 0.353%

B 1.5. CERNIERE PLASTICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO (TRAVI, COLONNE)

Per le aste in acciaio con sezione profilato viene condotta la verifica a pressoflessione deviata nelle sezioni di estremità. In analisi Pushover, nel momento in cui l'azione sollecitante supera la resistenza della sezione viene introdotta una cerniera plastica.

Le aste in acciaio di sezione qualsiasi per le quali sia stato impostato il vincolamento Cerniera-Cerniera sono considerate in analisi Pushover come aste in grado di reagire solo a trazione (un caso tipico è quello dei diagonali di controvento). Tali aste subiscono uno svincolamento assiale nel caso siano soggette a sforzo di compressione e nel caso in cui lo sforzo di trazione superi la resistenza dell'asta.

B 1.6. AZIONI SULLE CONNESSIONI DEI SOLAI ALLE PARETI

I diaframmi di piano assolvono il compito di raccogliere l'azione sismica relativa alle masse di loro competenza e trasferirla ai setti sismo resistenti costituiti dalle pareti orientate lungo la direzione del sisma. Nell'organizzazione del diaframma riveste grande importanza la progettazione delle connessioni tra il solaio e i setti murari che si basa sull'azione di scambio tra i due elementi: il flusso di sforzi tangenziali q (Figura 1). In PCM il flusso di sforzi tangenziali agente tra setti e solaio viene valutato nelle direzioni 'a' e 'b', che corrispondono rispettivamente alla direzione principale e trasversale del solaio. Consideriamo il calcolo del flusso in direzione 'a' che si basa sull'azione sismica nella tessa direzione (il calcolo in direzione 'b' sarà analogo).

Il calcolo del flusso di taglio q viene effettuato ad ogni passo della curva pushover e si basa sulla forza sismica F relativa alle masse portate dal solaio. La forza F viene determinata per mezzo della seguente formula:

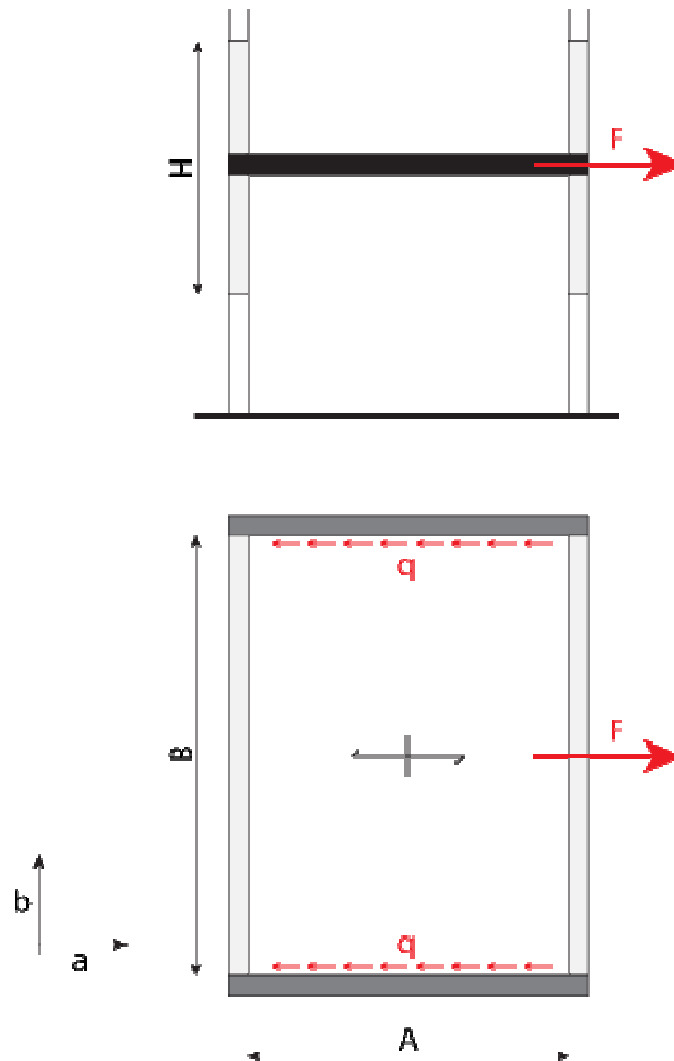
$$F = F_{lev} \cdot W / W_{lev}$$

dove,

F_{lev} è la componente in direzione 'a' della forza sismica totale agente sul livello di appartenenza del solaio.

W è uguale a W_1 la risultante dei carichi superficiali agenti sul solaio più W_2 il peso della muratura ortogonale al sisma nella fascia di competenza del solaio. In PCM il peso della muratura viene calcolato sommando i contributi di ogni lato con la seguente formula $W_2 = \sum_{i=0}^n (l_i * s * w * H)$ dove: l_i è la proiezione del lato in direzione ortogonale al sisma; s e w sono rispettivamente lo spessore e il peso specifico della muratura di contorno forniti in input come proprietà del solaio; H è l'altezza della fascia di competenza del solaio calcolata come la somma di metà altezza di interpiano inferiore e superiore;

W_{lev} è il peso totale del livello di appartenenza del solaio



Una volta nota la forza sismica F il flusso di sforzi tangenziali q viene calcolato con la seguente formula:

$$q = \frac{F}{\sum_{i=0}^n l_i}$$

dove l_i è la lunghezza della proiezione del lato i nella direzione parallela al sisma.

Nel caso particolare riportato in figura, $q = F/2A$.

I flussi di taglio nella direzione principale e trasversale del solaio relativi al passo corrente della curva pushover sono forniti nelle Proprietà del solaio, nel gruppo Connessioni.

B 2. EVOLUZIONI

Le nuove funzionalità introdotte con la versione 2017.1 estendono il campo applicativo di Aedes.PCM. Si segnala in particolare il completo riassetto delle 'rigidezze fessurate', che ora vengono gestite in modo tale da assicurare la corretta descrizione dei fenomeni fessurativi, inquadrando il ruolo delle rigidezze fessurate anche nei confronti delle lesioni di tipo statico e delle plasticizzazioni sismiche.

B 2.1. RIGIDEZZE FESSURATE NEI DIVERSI TIPI DI ANALISI

La questione delle rigidezze fessurate è piuttosto delicata. In alcuni casi, l'utilizzo delle rigidezze fessurate è stato evitato in analisi statica non lineare, dove le progressive lesioni determinano la riduzione di rigidità attraverso gli svincolamenti. Tuttavia, in considerazione anche degli stati di fessurazione statici e della parzializzazione delle sezioni per elementi che superano il limite elastico ma ancora non hanno raggiunto la plasticizzazione (comportamento ora adeguatamente descrivibile attraverso la legge trilineare introdotta con PCM 2017), l'approccio nei confronti delle rigidezze fessurate è stato sottoposto a una completa revisione, e qui di seguito sono riportati gli sviluppi corrispondenti.

Anzitutto, diamo un cenno ai riferimenti normativi vigenti:

- dal D.M. 14.1.2008:

Nell'ambito del capitolo 7.8: Progettazione per azioni sismiche, Costruzioni di muratura:

7.8.1.5.2 Analisi lineare statica

Le rigidezze degli elementi murari debbono essere calcolate considerando sia il contributo

*flessionale sia quello tagliante. **L'utilizzo di rigidezze fessurate è da preferirsi; in assenza di***

valutazioni più accurate le rigidezze fessurate possono essere assunte pari alla metà di quelle non fessurate.

- dalla Circ.617/2009:

Con riferimento agli Edifici Esistenti (capitolo 8 del D.M.14.1.2008), si danno le seguenti indicazioni:

C8A.2. TIPOLOGIE E RELATIVI PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE

Nella Tabella C8A.2.1 sono indicati i valori di riferimento che possono essere adottati nelle analisi, secondo quanto indicato al § C8A.1.A.4 in funzione del livello di conoscenza acquisito.

*Il riconoscimento della tipologia muraria è condotto attraverso un dettagliato rilievo degli aspetti costruttivi (§ C8A.1.A.2). E' noto che la muratura presenta, a scala nazionale, una notevole varietà per tecniche costruttive e materiali impiegati ed un inquadramento in tipologie precostituite può risultare problematico. **I moduli di elasticità normale E e tangenziale G sono da considerarsi relativi***

a condizioni non fessurate, per cui le rigidezze dovranno essere opportunamente ridotte.

Quindi:

- dal D.M. 14.1.2008 si deduce che la rigidità fessurata in analisi lineare debba essere preferibilmente utilizzata;

- dalla Circ.617/2009 si può dedurre che la rigidità fessurata interpreti un degrado del materiale, da considerarsi anche nell'analisi statica e non solo nella sismica.

Per definire una linea operativa coerente con l'assetto delle strutture resistenti e con le varie analisi: statica, sismica lineare, sismica non lineare, a partire dalla versione 2017 PCM, nel caso in cui in input sia stata definita una rigidità fessurata <100% per una o più pareti, adotta le seguenti ipotesi di lavoro.

1. Per le **fessurazioni di origine statica** (lesioni statiche rilevate nell'edificio), che di fatto costituiscono un degrado delle caratteristiche meccaniche del materiale: si riducono adeguatamente i parametri meccanici, senza agire sulla rigidità fessurata. Pertanto: l'analisi statica non sismica viene condotta sempre con rigidità elastiche indipendentemente dalla eventuale rigidità fessurata in input. Peraltro, sotto i normali carichi di esercizio le pareti murarie non si presentano fessurate: gli sforzi normali determinano in generale compressioni diffuse e i momenti di tipo statico sono limitati.

2. **La rigidità fessurata è considerata rappresentativa della parzializzazione delle sezioni** che per i maschi murari avviene sotto momenti dovuti alle azioni orizzontali (in particolare, di tipo sismico). Le sezioni dei pannelli murari possono condurre a verifica di resistenza soddisfatta, anche se sono parzialmente reagenti. In tali condizioni non si ha plasticizzazione, ma la rigidità della sezione deve essere ridotta. Questo comportamento è efficacemente descritto dalla legge trilineare implementata in PCM 2017 (cfr. §B.1.2 di questo documento), la quale ovviamente può intervenire solo nell'analisi non lineare, l'unica in grado di descrivere il passaggio dalla fase elastica alla fase fessurata e infine alla fase plastica.

3. Pertanto, in **analisi sismica lineare**, dove non è possibile descrivere la fessurazione progressiva, vengono adottate direttamente le rigidità fessurate specificate in input. Queste si applicano sia alla componente statica che a quella sismica; si è scelto infatti di non differenziare le rigidità nell'ambito di una stessa analisi lineare, in quanto l'azione applicata è quella complessiva e quindi contiene entrambi i contributi statico e sismico.

In analisi lineare la rigidità fessurata descrive sezioni non resistenti (o parzialmente resistenti) a trazione che si parzializzano, mentre la capacità di dissipare energia corrispondente al tratto plastico in analisi lineare resta descritta dal fattore di struttura q .

4. L'**analisi modale** viene condotta con la rigidità fessurata, in quanto in tal modo è coerente con i modi di vibrare utilizzati per il calcolo delle forze sismiche in analisi dinamica modale.

5. In **analisi statica non lineare (pushover)**: per gli elementi murari l'analisi inizia con la rigidità iniziale elastica. Appena si manifesta la parzializzazione, viene applicata la rigidità fessurata (generalmente pari al 50%). In seguito si gestiscono le plasticizzazioni a taglio e pressoflessione, attraverso gli svincolamenti interni tipici dell'algoritmo utilizzato da PCM. Si applica così la legge comportamento trilineare, nella quale vi sono due tratti 'elastici' iniziali (sezione completamente reagente e poi sezione parzializzata) seguiti dal tratto plastico.

In definitiva, un'analisi pushover non deve partire dalla rigidità fessurata ma dalla elastica, e la fessurata entra in gioco solo al momento della parzializzazione.

Questa modalità di esecuzione dell'analisi non lineare è peraltro coerente con la normativa europea (EC8-1, cfr. §B.1.2 di questo documento).

L'analisi modale eseguita all'inizio (per le distribuzioni modali) ed eventualmente durante l'analisi (per le distribuzioni adattive) viene svolta coerentemente alla rigidità corrente degli elementi. La prima analisi modale eseguita all'inizio della pushover viene quindi svolta con rigidità elastiche, e pertanto può condurre a risultati diversi rispetto alla semplice analisi modale, svolta con rigidità fessurate e finalizzata alle forze modali utilizzate in analisi dinamica lineare.

Il quadro riassuntivo è il seguente:

	Maschi e Fasce in muratura	Altri elementi
Analisi Modale	Fessurata	Fessurata
Analisi Statica Non Sismica	Non Fessurata	Fessurata
Analisi Sismiche Lineari	Fessurata	Fessurata
Analisi Pushover	Non Fessurata / Fessurata	Fessurata

B 2.2. PARAMETRI DI CALCOLO

In PCM 2017 è stata modificata la funzione dei seguenti parametri:

- Verifiche in sommità per pareti poste all'ultimo piano

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa ?

Generale Sismica Modale Muratura Analisi Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

Per maschi murari

Verifica in sommità nelle Analisi Lineari:

in nessun caso in tutti i piani, tranne l'ultimo in tutti i casi

PressoFlessione Complanare

Eseguire le Verifiche a PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1] Considerare la Flessione solo nei maschi snelli, aventi rapporto (h/l) superiore a: (secondo Tassios: maschi snelli se (h/l)>2)

Taglio per Scorrimento

Eseguire le Verifiche a Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2]

Modalità di calcolo della zona reagente

Distribuzione triangolare delle tensioni [EC6, §4.5.3.(6)] Zona reagente a pressoflessione (in caso di comportamento parabola-rettangolo)

Maschi in muratura ordinaria: prescindere in ogni caso dalla parzializzazione

Taglio per Fessurazione diagonale

Eseguire le Verifiche a Taglio per Fessurazione diagonale [§C8.7.1.5] **Coefficiente di forma b in dipendenza dalla snellezza $\lambda=(h/l)$** **Resistenza a trazione per Fessurazione diagonale**

Per muratura nuova, in Analisi lineare: $\tau_0 = f_{vm0}$ in analogia con la muratura esistente, anziché: $\tau_0 = f_{vk0}$

$b = 1.5$ indipendente da λ (Turnsek - Cacovic) $f_t = b \tau_0$

$b = \lambda, 1.0 \leq b \leq 1.5$ [§C8.7.1.5] $f_t = 1.5 \tau_0$

$b = 1.0 + 0.5 \lambda, b \leq 1.5$

PressoFlessione Ortogonale

Analisi Statica [§4.5.6.2] **Analisi Sismica [§7.8.2.2.3]**

a. Con azioni da modello di calcolo 3D a. Con azioni da modello di calcolo 3D

b. Metodo semplificato (ipotesi di parete incernierata a livello dei piani) [§4.5.5, §4.5.6.2] b. Con azioni convenzionali (forze equivalenti per elementi non strutturali) [§7.2.3] (solo per analisi lineare statica o dinamica)

Eseguire le Verifiche (a, b) solo in mezzeria Assumere $T_a=0$ [§7.8.1.5.2] per tutte le pareti che rispettano i requisiti della Tab.7.8.II, per muratura sia nuova che esistente

In Analisi Statica (a) e Analisi Sismica (a,b):

Riduzione della resistenza per gli effetti di instabilità

Considerare eccentricità minima (h/200) (rif.: 4.5.9)

Il parametro indicato in figura fa ora riferimento esplicito alle analisi lineari (fino alla versione 2016 si riferiva a tutte le analisi, pushover inclusa).

In analisi pushover viene sempre considerata l'eventuale plasticizzazione in sommità delle pareti per pressoflessione (formazione di cerniera plastica), compatibile con ulteriori incrementi di taglio nella parete (per la crisi a pressoflessione occorrono infatti entrambe le cerniere, alla base e in sommità), riservando l'opzione di trascurabilità della plasticizzazione in sommità alle analisi lineari, dove per definizione non è possibile tener conto dell'evoluzione progressiva. Per quanto riguarda il taglio, la cui crisi comporta invece la completa sconnessione della parete (che diventa una biella) viene sempre evitata la verifica nella sezione

di sommità delle pareti poste all'ultimo piano, ma ovviamente per la parete all'ultimo piano la verifica viene normalmente eseguita nella sezione di base.

Questa modifica consente analisi pushover più precise, in quanto la cerniera a pressoflessione in sommità può formarsi a seguito di uno sfavorevole rapporto fra momento e sforzo normale, consentendo una plasticizzazione e quindi una deformazione che altrimenti sarebbe impedita generando un comportamento più rigido del reale.

- Massima diminuzione di rigidità fra due passi consecutivi in pushover.

In PCM 2017 l'algoritmo di calcolo pushover è stato ulteriormente migliorato nei confronti dei tratti plastici e di eventuali forti diminuzioni di rigidità che talvolta possono intervenire nella fase terminale della curva. Nella scheda Pushover (2) dei Parametri di Calcolo non è quindi più presente il check relativo alla massima diminuzione di rigidità fra due passi consecutivi. Il parametro è stato considerato obsoleto, ed in ogni caso per ottenere risultati più precisi è possibile adottare l'incremento autocorrettivo per la determinazione dei punti di collasso.

- Non eseguire verifiche di resistenza in fase plastica.

Nella scheda Pushover (2) dei Parametri di Calcolo non è più presente il check relativo alla non esecuzione delle verifiche di resistenza in fase plastica. In pratica, ciò significa che nel corso di una sottocurva dopo la plasticizzazione a taglio non viene più eseguita la verifica a pressoflessione, e viceversa (per plasticizzazione a pressoflessione si intende la formazione delle cerniere alla base e in sommità).

B 2.3. CHECK UP DATI

Nel check-up dati alcuni controlli aggiuntivi permettono l'individuazione di elementi in c.a. non armati o con armatura maldefinita. Se l'elemento in c.a. è un pilastro, sottoposto a verifica, ma non armato o con armatura maldefinita, l'analisi non prosegue ed è necessario inserire i dati mancanti. Per le travi, sia di fondazione sia in elevazione, il check-up ordinario individua gli elementi interessati ma il check-up eseguito all'inizio dell'analisi non interrompe l'elaborazione. Resta in ogni caso consigliabile l'esecuzione del check-up prima di lanciare le analisi.