

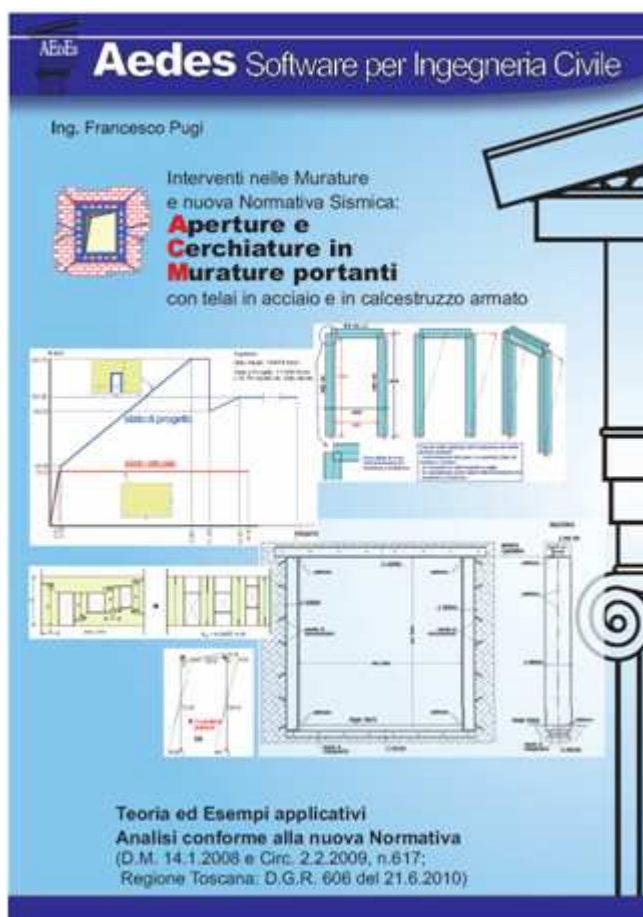
AEDES Software



**AC.M:**

## **APERTURE E CERCHIATURE IN MMURATURE PORTANTI**

Conforme alla **nuova Normativa Tecnica** (D.M. 14.1.2008)



## **Manuale completo (vers. 2012)**

TEORIA (SINTESI) - MANUALE D'USO - ESEMPI APPLICATIVI

Edizione completa della Teoria su volume:

F.Pugi: **Aperture e Cerchiature in Murature portanti**,  
ALINEA Editrice, Firenze, 2010 (ISBN: 978-88-6055-566-3)

## Manuale di AC.M © AEDES Software

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.

**Edizione 2012** conforme al D.M. 14.1.2008  
(rev. 2012.01: marzo 2012)



© **AEDES** Software per Ingegneria Civile  
Via F. Aporti 32 - 56028 SAN MINIATO (PI)  
Tel.: **0571.401073** - Fax: **0571.401173**  
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 AC.M, 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.

AC.M 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 AC.M fino a quando non avrà sottoscritto la suddetta licenza d'uso.

L'utente è responsabile della scelta di AC.M 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 AC.M sono quelle riportate nella licenza d'uso. La AEDES non garantisce che le funzioni contenute in AC.M 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 AC.M possono essere marchi di fabbrica o marchi registrati dalle rispettive Società.

## INDICE

### A. LA TEORIA 6

#### A.1. INTRODUZIONE 6

- A.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 6
- A.1.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO 7

#### A.2. ANALISI DI PARETI MURARIE OGGETTO DI INTERVENTO 8

- A.2.1. COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLE PARETI IN MURATURA 9
- A.2.2. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER PRESSOFLESSIONE NEL PIANO 10
- A.2.3. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE 10
- A.2.4. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER SCORRIMENTO 11

#### A.3. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'ANALISI; CALCOLO DELLA CAPACITÀ IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO 12

- A.3.1. COMPORTAMENTO STRUTTURALE DEL SINGOLO MASCHIO MURARIO 12
- A.3.2. COSTRUZIONE DELLA CURVA DI CAPACITÀ (ANALISI STATICA NON LINEARE):  
COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA PARETE COMPOSTA DA PIÙ MASCHI MURARI 13
- A.3.3. I PIEDRITTI DEI TELAI 13
- A.3.4. VERIFICA DI SICUREZZA 16
- A.3.5. SINTESI DEI RISULTATI 18
- A.3.6. ASPETTI COMPLEMENTARI SULLA MODELLAZIONE 18
- A.3.7. CRITERI DI EQUIVALENZA PER L'INSERIMENTO DELLE PARETI STUDIALE IN AC.M IN UN  
MODELLO GLOBALE 19

#### A.4. ESTRATTI DALLA NORMATIVA VIGENTE 21

- A.4.1. D.M. 14.1.2008 (NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI) 21
- A.4.2. CIRC. 2.2.2009, N.617 (ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DEL D.M. 14.1.2008) 22
- A.4.3. ORIENTAMENTI INTERPRETATIVI 24

### B. MANUALE D'USO 27

#### B.1. GENERALITÀ 27

- B.1.1. AMBIENTE DI LAVORO 27

#### B.2. FINESTRA PRINCIPALE 29

- B.2.1. BARRA DEGLI STRUMENTI 29
- B.2.2. NAVIGATORE 31
- B.2.3. COMANDI COMUNI 33
  - B.2.3.1. Menu FILE 33
  - B.2.3.2. Menu FINESTRA 33
  - B.2.3.3. Menu ? 34

#### B.3. FINESTRA PROGETTO 35

- B.3.1. Dati PROGETTO 35
  - B.3.1.1. PARAMETRI DI CALCOLO 36
- B.3.2. BARRA DEGLI STRUMENTI DELLA FINESTRA PROGETTO 39
- B.3.3. Menu FILE 40
- B.3.4. Menu ESEGUI 42
- B.3.5. Menu OPZIONI 42

#### B.4. ESECUZIONE DEI CALCOLI 43

#### B.5. FINESTRA CERCHIATURE 44

- B.5.1. Dati CERCHIATURE 44
  - B.5.1.1. Scheda GEOMETRIA E VINCOLI 44
  - B.5.1.2. Scheda MURATURA 45
  - B.5.1.3. Scheda STRUTTURE IN C.A. 46
  - B.5.1.4. Scheda STRUTTURE IN ACCIAIO 46
  - B.5.1.5. Scheda CARICHI 47
  - B.5.1.6. Scheda CALCOLO 47
  - B.5.1.7. Scheda GRAFICA 49
  - B.5.1.8. Scheda SALDATURE 49
- B.5.2. Menu MODIFICA 51
- B.5.3. Menu SPOSTA 51
- B.5.4. Menu COPIA 51

## **B.6. FINESTRA PARETI 52**

- B.5.1. Dati PARETI 52
  - B.6.1.1. Scheda GEOMETRIA 52
  - B.6.1.2. Scheda MURATURA 53
  - B.6.1.3. Scheda CARICHI 54
  - B.6.1.4. Scheda APERTURE-MASCHI 55
    - B.6.1.4.1. DATI APERTURE 56
    - B.6.1.4.2. DATI MASCHI MURARI 56
  - B.6.1.5. Scheda CALCOLO 58
  - B.6.1.6. Scheda GRAFICA 60
- B.6.2. Menu MODIFICA 61
- B.6.3. Menu SPOSTA 61
- B.6.4. Menu COPIA 61

## **B.7. FINESTRA TABELLA MATERIALI 62**

- B.7.1. Dati TABELLA MATERIALI 62
- B.7.2. Menu MODIFICA 62
- B.7.3. Menu OPZIONI 63

## **B.8. FINESTRA RISULTATI 64**

- B.8.1. RISULTATI CERCHIATURE 66
  - B.8.1.1. Scheda RIGIDEZZA 66
  - B.8.1.2. Scheda STATO LIMITE DI ESERCIZIO 67
  - B.8.1.3. Scheda STATO LIMITE ULTIMO 70
  - B.8.1.4. Scheda GIUNTI SALDATI 72
- B.8.2. RISULTATI PARETI 73
  - B.8.2.1. Scheda STATICA 73
  - B.8.2.2. Scheda SISMICA: COEFFICIENTI DI SICUREZZA 75
  - B.8.2.3. Scheda SISMICA: STATO ATTUALE 77
  - B.8.2.4. Scheda SISMICA: STATO DI PROGETTO 78
  - B.8.2.5. Scheda SISMICA: EQUIVALENZA 79

## **B.9. GRAFICA 80**

- B.9.1. Menu IMMAGINE 82

## **B.10. FINESTRA RELAZIONE 84**

- B.10.1. Menu FILE 84

## **B.11. FINESTRA GALLERIA 85**

## **B.12. SUGGERIMENTI SULL'USO INFORMATICO 87**

- B.12.1. COME FARE PER... 87
  - B.12.1.1. SALVARE UNA SCHERMATA 87
  - B.12.1.2. INTRODURRE NUOVI MATERIALI E ASSEGNARLI A PARETI 87
  - B.12.1.3. INSERIRE NELLA RELAZIONE LE FIGURE DELLA FINESTRA GRAFICA 87
- B.12.2. SOLUZIONI IN CASO DI DIFFICOLTA' 87
  - B.12.2.1. NELLA STAMPA NON COMPAIONO TUTTE LE CERCHIATURE O PARETI 87
  - B.12.2.2. FINESTRE SOVRAPPOSTE 88
  - B.12.2.3. IMPOSSIBILE APRIRE PIU' ISTANZE DI AC.M 88

## **B.13. SUGGERIMENTI SULL'USO INGEGNERISTICO 89**

- B.13.1. COME FARE PER... 89
  - B.13.1.1. INDIVIDUARE UNA PARETE MURARIA DA ANALIZZARE 89
  - B.13.1.2. ELEMENTI MURARI A SEZIONE TRASVERSALE NON RETTANGOLARE 89
  - B.13.1.3. MURATURE MISTE NON RICONOSCIBILI NELLE TIPOLOGIE DI NORMATIVA 89
  - B.13.1.4. CONSOLIDARE IN PRATICA UNA PARETE 89

## **C. ESEMPI APPLICATIVI e PROCEDURE DI VALIDAZIONE 91**

### **C.1. ESEMPIO PER LA VALIDAZIONE DEL SOFTWARE 91**

- C.1.1. SVOLGIMENTO DELL'ESEMPIO CON CALCOLI MANUALI 91
- C.1.2. SVOLGIMENTO DELL'ESEMPIO CON AC.M E CONFRONTI SUI RISULTATI 97

### **C.2. ESEMPIO DI APPRENDIMENTO 104**

- C.2.1. ESEMPIO GUIDATO 104

### **C.3. COMPLEMENTI (QUESITI) 123**

- C.3.1. FATTORE DI CONFIDENZA PARI A 1.00 123
- C.3.2. RIDUZIONE MODULI DI ELASTICITA' PER MURATURE LESIONATE 126
- C.3.3. CLASSE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO 127
- C.3.4. ZONE RIGIDE CON DIFFUSIONE A 30° IN CASO DI FINESTRA 128

## CONVENZIONI TIPOGRAFICHE

Nel testo vengono richiamati paragrafi del D.M.14.1.2008 (NTC08) attraverso il simbolo **§** seguito dal numero del paragrafo (seguendo l'impostazione delle norme, **§C** indica il corrispondente paragrafo della Circolare applicativa di NTC08). Ad esempio:

*Il taglio per scorrimento è descritto in §7.8.2.2.2 per gli edifici nuovi, ma, come suggerito in §C8.7.1.5, deve essere preso in considerazione nel caso di murature esistenti (...)*

I riferimenti ai paragrafi del presente Manuale d'uso sono invece preceduti dal simbolo p.:

*Nel p. 4.6 viene svolto un esempio di calcolo della resistenza a taglio (...)*

Per i riferimenti bibliografici, si utilizzano le parentesi quadre con sigla identificativa dell'opera: [8] significa il riferimento bibliografico 8; quando si fa riferimento ad un paragrafo specifico dell'opera, al riferimento bibliografico segue il simbolo §: [8],§9.3.4 indica il paragrafo 9.3.4 dell'opera [8].

Le seguenti simbologie evidenziano note, osservazioni e approfondimenti:



### Suggerimento

Consigli per ottimizzare l'utilizzo del software.



### Nota bene

Osservazioni e note che è opportuno conoscere.



### Importante!

Da sapere: informazioni tecniche, approfondimenti, riferimenti normativi.



### Attenzione

Da sapere assolutamente: aspetti particolarmente delicati.

## A. LA TEORIA

### A.1. INTRODUZIONE

Conformemente alle prescrizioni della Normativa vigente (D.M. 14.1.2008 e documenti applicativi) per edifici esistenti in muratura, un intervento strutturale di consolidamento di una parete muraria deve essere sottoposto a verifica calcolando e confrontando tra loro, allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto, rigidezze, forza ultima e capacità di spostamento, e stimando, laddove necessario, l'accelerazione al suolo sostenibile dalla struttura. Talvolta questo tipo di analisi affianca verifiche più estese, alle quali si affida la valutazione globale della sicurezza statica e sismica dell'edificio.

Per inquadrare correttamente la metodologia applicativa della Normativa vigente, si rende necessaria in primo luogo la definizione del comportamento strutturale delle pareti murarie e dei telai di rafforzamento (dove si utilizzano altri materiali: conglomerato cementizio armato e/o acciaio).

Successivamente, si devono analizzare le tipologie di intervento previste dalle Norme, distinguendo la Riparazione locale dal Miglioramento sismico, e proponendo per ognuna uno specifico percorso operativo.

#### **Importante!**

In questo manuale viene riportata una sintesi della Teoria, la cui **trattazione completa è reperibile nel volume [6] collegato ad AC.M, edito da ALINEA Editrice** (disponibile nel pacchetto AEDES o direttamente acquistabile da ALINEA Editrice inviando una mail a: [ordini@alineait.it](mailto:ordini@alineait.it); consultare anche il sito [www.aedes.it](http://www.aedes.it)). ■

Nel capitolo 'Esempi Applicativi', l'esempio utilizzato come linea guida nell'opera citata viene elaborato con il software AC.M, confrontando i risultati ottenuti con quelli precedentemente valutati in via diretta. Tale percorso definisce peraltro la **validazione della procedura** conformemente alle richieste del D.M. 14.1.2008 (§10.2). Si deve altresì considerare che il tipo di elaborazione di calcolo effettuato da AC.M non prevede l'utilizzo di particolari tecniche di analisi numerica ma consiste sostanzialmente nell'applicazione di formulazioni analitiche dirette, derivate dalla Teoria delle Strutture esposta nelle opere citate ed ampiamente illustrata in [6].

#### A.1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

[1] **D.M. 14.1.2008**: "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"

[2] **Circolare 2.2.2009, n.617**: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008

[3] **Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico** in materia di rischio sismico (Delibera Giunta Regionale n.606 del 21/6/2010): "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti".

[4] **Circolare Min.LL.PP. n.21745 del 30.7.1981**: "Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma."

[5] **D.M. 16.1.1996**: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche."

## A.1.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [6] F. Pugi: **Aperture e Cerchiature in Murature portanti**, ALINEA Editrice, Firenze, 2010.
- [7] F. Pugi: **Edifici in Muratura e nuova Normativa Sismica**, ALINEA Editrice, Firenze, 2006.
- [8] N. Augenti: **Il calcolo sismico degli edifici in muratura**, UTET, Torino, 2000.
- [9] A. Benedetti: **Progettazione di Strutture in Muratura in Zona Sismica**, Corso di aggiornamento sulle nuove Normative Sismiche, Imola, Maggio 2004.
- [10] M. Dolce: **Schematizzazione e modellazione per azioni nel piano delle pareti**, Corso sul consolidamento degli edifici in muratura in zona sismica, Ordine degli Ingegneri, Potenza, 1989.
- [11] G. Magenes, D. Bolognini, C. Braggio (A cura di): **Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura**, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000. Il volume è reperibile on line all'indirizzo:  
[http://ndt.ingv.it/Pubblicazioni/Monografie\\_disponibili\\_con\\_intestazione.htm](http://ndt.ingv.it/Pubblicazioni/Monografie_disponibili_con_intestazione.htm)
- [12] B. Furiozzi, C. Messina, L. Paolini: **Prontuario con software didattico per il calcolo di elementi strutturali**, Le Monnier, Firenze, 2002.
- [13] P. Pozzati: **Teoria e Tecnica delle Strutture, Vol.III: Sistemi di Travi: interpretazione del collasso**, UTET, Torino, 1987.
- [14] [www.promozioneacciaio.it](http://www.promozioneacciaio.it)
- [15] C. Bernuzzi, F. M. Mazzolani: **Edifici in acciaio. Materiale, calcolo e progetto secondo l'Eurocodice EN-1993-1-1**, Hoepli, Milano, 2007.
- [16] G. Ballio, C. Bernuzzi: **Progettare costruzioni in acciaio**, Hoepli, Milano, 2004.
- [17] F. M. Mazzolani, R. Landolfo, G. Della Corte, B. Faggiano: **Edifici con Struttura di Acciaio in Zona Sismica**, IUSS Press, Pavia, 2006.
- [18] Long Carbon Europe, Sections and Merchant Bars: **Strutture antisismiche in acciaio**, ArcelorMittal Commercial Sections, LUXEMBOURG, [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections).
- [19] L. Petrini, R. Pinho, G. M. Calvi: **Criteri di Progettazione Antisismica degli Edifici**, IUSS Press, Pavia, 2004.
- [20] **Manuale di Ingegneria Civile**, Sezione seconda: Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Ponti, Cremonese, Roma, 1982.
- [21] Università degli Studi di Brescia, materiale didattico on line a cura del Prof. Gelfi:  
[http://bsing.ing.unibs.it/~gelfi/didattica/appunticorso/pdf/piastre\\_di\\_base.pdf](http://bsing.ing.unibs.it/~gelfi/didattica/appunticorso/pdf/piastre_di_base.pdf)
- [22] AICAP: **Progettazione sismica di edifici in calcestruzzo armato. Guida all'uso dell'EuroCodice 2 con riferimento alle Norme Tecniche D.M.14.1.2008**, Roma, 2008.
- [23] Prof. Ing. Enrico Spacone, Ing. PhD. Guido Camata: **Cerniere plastiche. Descrizione delle cerniere plastiche sviluppate per telai in cemento armato e implementate nel programma AEDES**. Ricerca su commissione di AEDES Software, Pescara, 2007 (in corso di pubblicazione. Per approfondimenti: [www.aedes.it](http://www.aedes.it)).
- [24] American Society of Civil Engineers (ASCE). Pre standard and commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. **FEMA 356**, Federal Emergency Management Agency. Washington DC, 2004.
- [25] **ACI 318**. Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary. American Concrete Institute. Michigan, 2000.

## A.2. ANALISI DI PARETI MURARIE OGGETTO DI INTERVENTO

Secondo il D.M. 14.1.2008, l'intervento locale su una parete di un edificio esistente in muratura che preveda aperture nuove o modificate con eventuali inserimento di telai metallici o in cemento armato e/o consolidamento della muratura, deve essere soggetto a verifica sismica.

Gli interventi sugli edifici esistenti sono classificati in 3 tipologie (§8.4):

- Intervento di Adeguamento (§8.4.1)
- Intervento di Miglioramento (§8.4.2)
- Riparazione o Intervento locale (§8.4.3).

L'intervento sulla parete può rientrare nell'ambito della '**Riparazione o Intervento locale**' alle condizioni previste dal punto §C8.4.3: *Riparazione o intervento locale*, Circolare 2.2.2009 n.617: "Rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidezza o di peso. (...) interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione o un rafforzamento localizzato (ad esempio l'**apertura di un vano in una parete muraria, accompagnata da opportuni rinforzi**) possono rientrare in questa categoria solo a condizione che si dimostri che la **rigidezza** dell'elemento variato non cambi significativamente e che la **resistenza** e la **capacità di deformazione, anche in campo plastico**, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali."

Per verificare che rigidezza, resistenza e capacità di spostamento non peggiorino occorre analizzare la parete allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto, e confrontare i corrispondenti parametri. Per la rigidezza occorre fissare un limite di riferimento per la sua variazione (interpretando correttamente il testo, può trattarsi sia di una diminuzione sia di un aumento): in [3] si indica un valore di riferimento pari a  $\pm 15\%$ . Se la variazione di rigidezza supera il 15%, l'intervento non può essere classificato come *Riparazione o intervento locale*, ed entra nell'ambito degli *Interventi di Miglioramento*.

La qualifica di '**Intervento di Miglioramento**' si applica nei seguenti casi:

- quando l'intervento comporta una variazione di rigidezza eccessiva (superiore al 15%);
- quando l'intervento costituisce un 'peggioramento' per forza ultima e/o capacità di spostamento: non si riesce in alcun modo a 'migliorare' il comportamento locale, e quindi la parete non può essere vista come oggetto di intervento locale ma solo come parte di una riorganizzazione complessiva della struttura che necessariamente richiede un'analisi globale dell'edificio.

Se l'intervento rientra nell'ambito della 'Riparazione o intervento locale', la verifica di confronto Stato Attuale / Stato di Progetto su Rigidezza, Resistenza e Capacità di spostamento è esaustiva.

Se invece si tratta di un 'Intervento di Miglioramento', all'analisi della parete dovrà essere affiancata una verifica della struttura nel suo insieme:

§8.4.2: *Intervento di Miglioramento*, D.M.14.1.2008:

"(...) Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme."

Con riferimento all'orizzontamento sovrastante la parete, possono distinguersi i casi di impalcato rigido o di impalcato deformabile (quest'ultimo frequentemente presente negli edifici esistenti: ad es. solai in legno, o in putrelle, o senza soletta di calcestruzzo adeguatamente armata).

Nel caso di **impalcato rigido** si rende sempre necessaria un'analisi globale, che potrà essere condotta con i metodi previsti dalla Norma (analisi lineare o non lineare); nello schema statico complessivo della struttura, la parete oggetto di intervento potrà essere rappresentata con una parete 'equivalente' dal punto di vista di rigidezza, forza ultima e duttilità (cfr. paragrafo di questo documento, dedicato ai criteri di equivalenza).

Nel caso di **impalcato deformabile** sovrastante la parete, si può considerare che la variazione locale di rigidezza abbia un effetto limitato sul comportamento strutturale globale: la ripartizione delle azioni sismiche infatti avviene non in base alle rigidezze ma alle masse locali. Nel caso di impalcato deformabile, pertanto, la verifica 'globale' può intendersi soddisfatta con la sola analisi della parete, senza studiare lo schema globale, ma prendendo in considerazione anche la verifica in base all'accelerazione al suolo PGA sostenibile allo stato limite ultimo. Ciò rispetta infatti quanto previsto dal D.M. 14.1.2008 in §8.7.5 (è



richiesta la determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU).

**§8: Costruzioni esistenti - §8.7: Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche - §8.7.5: Progetto dell'intervento**

"Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di adeguamento o miglioramento sismico deve comprendere:

- **verifica della struttura prima dell'intervento con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU** (e SLE se richiesto); [N.B.: da §4.5.6.3: Non è generalmente necessario eseguire verifiche nei confronti di stati limite di esercizio di strutture in muratura, quando siano soddisfatte le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (...)].
- scelta motivata del tipo di intervento;
- scelta delle tecniche e/o dei materiali;
- dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- **analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento;**
- **verifica della struttura post-intervento con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU** (e SLE se richiesto)."

Altri contenuti normativi relativi agli interventi locali sulle pareti sono i seguenti:

**§C8A.5.5: Interventi che modificano la distribuzione degli elementi verticali resistenti**, Circ. 2.2.2009, n.617

(...) La realizzazione di nuove aperture, se non strettamente necessaria, va preferibilmente evitata; nel caso in cui la conseguente riduzione di rigidità risulti problematica per la risposta globale, sarà disposto un **telaio chiuso**, di rigidità e resistenza tali da ripristinare per quanto possibile la condizione preesistente.

Un incremento della rigidità delle pareti murarie, con conseguente modifica del comportamento sismico, si ottiene attraverso la chiusura di nicchie, canne fumarie o altri vuoti, purché venga realizzato un efficace collegamento dei nuovi elementi di muratura con quelli esistenti attraverso la tecnica dello scuci e cuci. La chiusura di queste soluzioni di continuità nella compagine muraria rappresenta anche un intervento positivo nei riguardi dei collegamenti.

**§C8A.5.8: Interventi volti a rinforzare le pareti intorno alle aperture**

Negli interventi di inserimento di architravi o cornici in acciaio o calcestruzzo di adeguata rigidità e resistenza, occorre curare il perfetto contatto o la messa in forza con la muratura esistente.

## A.2.1. COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLE PARETI IN MURATURA

I **diagrammi di comportamento** dei singoli elementi murari sono assunti **elastoplastici** (bilineari), con forza ultima determinata dalla minima forza resistente fra PressoFlessione e Taglio; lo spostamento ultimo viene generalmente assunto pari a 0.4%H in caso di crisi per taglio (per fessurazione diagonale o per scorrimento) ( $F_u = F_{u, \text{Taglio}}$ ) e 0.6 %H in caso di crisi per PressoFlessione ( $F_u = F_{u, \text{PressoFlessione}}$ ) (in AC.M i valori dei drift di piano dei singoli maschi murari possono essere comunque modificati dall'Utente in relazione alla natura della parete e ad eventuali particolari interventi di consolidamento; H viene assunta pari alla luce deformabile del maschio (che in AC.M coincide con l'altezza di calcolo della parete esaminata). L'altezza di calcolo del maschio può essere inferiore all'altezza complessiva a causa delle zone rigide di intersezione fra maschi e fasce di piano, seguendo in tal modo le indicazioni sulla modellazione 'a telaio' riportate in §7.8.1.5.2:

"(...) In presenza di elementi di accoppiamento l'analisi può essere effettuata utilizzando modelli a telaio, in cui le parti di intersezione tra elementi verticali e orizzontali possono essere considerate infinitamente rigide.(...)"

Se in uno Stato Attuale si considera una parete piena ed in uno Stato di Progetto si pratica un'apertura con irrigidimento del traverso sovrastante l'architrave, è possibile che i modelli corrispondenti presentino una parete con altezza di calcolo pari all'altezza di interpiano nello Stato Attuale, e maschi adiacenti all'apertura con altezza di calcolo pari all'altezza dell'apertura nello Stato di Progetto.

Le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale murario costituente la parete vengono descritte in §C8A.2, dove la Tab.C8A.2.1 fornisce valori di riferimento per parametri meccanici (resistenze e moduli di elasticità) e peso specifico; i parametri possono essere modificati dall'applicazione dei coefficienti correttivi proposti in Tab.C8A.2.2 (N.B.: ex Tab.11.D.2 di OPCM 3431/2005: da quest'ultima Norma vengono desunti i coefficienti correttivi per le murature presenti in Tab.C8A.2.1 ma non riportate in Tab.C8A.2.2).

Seguendo un'indicazione riportata in §C8A.2, AC.M consente opzionalmente di ridurre i moduli di elasticità E e G, considerando rigidità fessurate pari al 50% rispetto ai valori non fessurati (in tal caso, in pratica, E e G vengono ridotti della metà).

## A.2.2. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER PRESSOFLESSIONE NEL PIANO

(D.M. 14.1.2008, § 7.8.2.2.1- § C8.7.1.5)

Per i **maschi murari**, la verifica a pressoflessione di una sezione di un elemento strutturale si effettua confrontando il momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione ed una opportuna distribuzione non lineare delle compressioni. Nel caso di una sezione rettangolare tale momento ultimo può essere calcolato come:

$$M_u = (I^2 t \sigma_o / 2) (1 - \sigma_o / 0.85 f_d), \text{ dove:}$$

$M_u$  = momento corrispondente al collasso per pressoflessione; se  $F$  è la forza orizzontale agente in sommità alla parete, alla base il momento è pari  $Fh/2$  nello schema a doppio incastro (con incastro scorrevole in sommità); a  $Fh$  nello schema a mensola ed in altri schemi statici diversi dal doppio incastro (a favore di sicurezza);

$I$  = larghezza complessiva della parete (inclusiva della zona tesa);

$t$  = spessore della zona compressa della parete;

$\sigma_o$  = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ( $= P / It$ , con  $P$  forza assiale agente positiva se di compressione), agente nella sezione di base della luce deformabile.

Se  $P$  è di trazione,  $M_u = 0$ ;

$f_d = f_k / \gamma_m$  è la resistenza a compressione di calcolo della muratura.

In Analisi Non Lineare la resistenza di calcolo è data da:  $f_d = f_m$ , dove  $f_m$  è il valore medio della resistenza a compressione della muratura (se  $f_m$  non è nota, si pone:  $f_m = f_k / 0.7$ ); inoltre, non si applica il coefficiente  $\gamma_m$ .

La formulazione riportata in §7.8.2.2.1 fa diretto riferimento a muratura nuova.

Per la muratura esistente, il parametro descrittivo del materiale è la resistenza a compressione media  $f_m$ , definita in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali interventi (Tab. C8A.2.1).  $f_m$  sostituisce  $f_k$  nella formulazione di  $f_d$ ; inoltre,  $\gamma_m$  deve essere moltiplicato per il Fattore di Confidenza  $F_C$  (§C8.7.1.5):  $F_C = 1.35, 1.20, 1.00$  rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $f_m$ ).

In Analisi Non Lineare, non si applica  $\gamma_m$ , e la resistenza di calcolo è data da:  $f_d = f_m / F_C$ .

Poiché in AC.M viene eseguita un'Analisi Non Lineare, consistente nella determinazione del diagramma Forza-Spostamento del sistema (costruito considerando i contributi dei singoli elementi, maschi e telai cerchianti), si ha che  $f_d = f_m / F_C$ .

In AC.M,  $F_C$  si applica alla resistenza media a compressione  $f_m$  definita nei dati sui Materiali.

## A.2.3. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE

(§ C8.7.1.5)

La resistenza a taglio per fessurazione diagonale viene valutata per mezzo di una formulazione esprimibile nel modo seguente:

$$V_t = I t * f_{vd}, \text{ dove:}$$

$$f_{vd} = \tau_{od} * \sqrt{[1 + \sigma_o / (b \tau_{od})]} = (f_{td} / b) * \sqrt{[1 + \sigma_o / f_{td}]}$$

essendo:

$\sigma_o$  = tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ( $= P / It$ , con  $P$  forza assiale agente positiva se di compressione), agente nella sezione di mezzzeria della luce deformabile (dove si ipotizza l'innescio della lesione a X tipica della fessurazione diagonale);

$f_{td}$  = valore di calcolo della resistenza a trazione per fessurazione diagonale;

$\tau_{od}$  = valore di calcolo della resistenza a taglio di riferimento (=resistenza a taglio puro, cioè in assenza di sforzo normale) per fessurazione diagonale;

$b$  = coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere  $b=h/l$ , comunque non superiore a 1.5 e non inferiore a 1, dove  $h$  è l'altezza della parete.

Si ha:  $f_t = b \tau_o$ . Si osservi che in AC.M le relazioni fornite nella Circolare al D.M. 14.1.2008 in §C8.7.1.5 sono precisate secondo quanto riportato nei riferimenti bibliografici sulla formulazione della resistenza a taglio per fessurazione diagonale (N.Augenti, "Il calcolo sismico degli edifici in muratura", UTET, giugno 2000, pagg. 280-281).

Secondo §C8.7.1.5 i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza  $F_C$  (Analisi Lineare e Non Lineare) e per il coefficiente parziale di sicurezza sui materiali  $\gamma_m$  (solo Analisi Lineare). Il Fattore di Confidenza  $F_C$  è pari a 1.35, 1.20, 1.00 rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $\tau_o$ ). I valori medi delle resistenze sono definiti in base alla tipologia della muratura e ad opportuni fattori correttivi riguardanti le caratteristiche dell'organizzazione strutturale e degli eventuali

interventi (Tab. C8A.2.1).

In AC.M, FC si applica alla resistenza media a taglio  $\tau_0$  definita nei dati sui Materiali.

Nel caso di presenza di precompressione, la formulazione della resistenza a taglio si modifica nel seguente modo

( $\sigma_0$  precompressione orizzontale,  $\sigma_{pv}$  precompressione verticale):

$$f_{vd} = \tau_0 * \sqrt{[1 + (\sigma_0 + \sigma_{pv}) / (b \tau_0) + (\sigma_0 + \sigma_{pv}) * \sigma_{pv} / (b \tau_0)^2]}$$

#### A.2.4. CALCOLO DELLA FORZA ULTIMA PER TAGLIO PER SCORRIMENTO

(D.M.14.1.2008, §7.8.2.2.2)

La resistenza a taglio per scorrimento viene definita per i nuovi edifici in §7.8.2.2.2; è inoltre considerata per l'analisi degli edifici esistenti (in §C8.7.1.5) qualora per il materiale considerato sia possibile questa modalità di collasso (ad es. per murature di mattoni pieni con letti regolari di malta).

La resistenza a taglio per scorrimento viene valutata per mezzo della relazione seguente:

$$V_t = l' t f_{vd}, \text{ dove:}$$

$l'$  = lunghezza della parte compressa della parete;

$t$  = spessore della parete;

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$  è definito in §4.5.6.1:  $f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_n$ , calcolando la tensione normale media sulla parte compressa della sezione:  $\sigma_n = P / (l' * t)$ , nella sezione di base della luce deformabile.

In Analisi Non Lineare, la resistenza di calcolo è data da:  $f_{vd} = f_{vmo} + 0.4 \sigma_n$ , dove  $f_{vmo}$  è la resistenza media a taglio della muratura ( $f_{vmo} = \tau_0$ ). Al valore medio della resistenza a taglio deve inoltre essere applicato il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_M$  (solo per l'Analisi Lineare), ed il fattore di confidenza  $F_C$  (sia in Lineare, che in Non Lineare) (§C8.7.1.5).

Il Fattore di Confidenza  $F_C$  è definito in §C.8.7.1.5, Tab.C8A.1:  $F_C = 1.35, 1.20, 1.00$  rispettivamente per i livelli di conoscenza LC1, LC2, LC3 (si osservi che dal livello di conoscenza dipende anche il valore adottato per  $\tau_0$ ).

I coefficienti  $\gamma_M$  e  $F_C$  vengono applicati all'espressione completa della resistenza, cioè sia al termine di taglio puro sia a quello dovuto alla tensione normale. Infatti 0.4 è il coefficiente di attrito del materiale murario: è quindi un parametro caratteristico del materiale, e pertanto anche ad esso vanno applicati i coefficienti di sicurezza  $\gamma_M$  e  $F_C$ .

Per quanto riguarda  $l'$ , lunghezza della parte compressa della parete, questa viene determinata ipotizzando una distribuzione di tensioni lineare (triangolare, in caso di sezione parzializzata). Con tale ipotesi, la lunghezza di zona reagente per sezione parzializzata è data da:

$$l' = 3 (l/2 - e) = 3 (l/2 - M/N).$$

Il taglio resistente è quindi:  $V_{Rd} = l' t * (\tau_{0d} + 0.4 * N/l't) / F_C = (l' t \tau_{0d} + 0.4 N) / F_C = [3 (l/2 - M/N) t \tau_{0d} + 0.4 N] / F_C$

Ora: il momento è legato al taglio secondo lo schema statico adottato. Più precisamente:  $M = V_{Rd} H/2$  nell'ipotesi di doppio incastro, e  $M = V_{Rd} H$  nel caso di comportamento a mensola (in sintesi:  $M = V_{Rd} H/\alpha$ ). Si ha dunque:

$$V_{Rd} = [3 (l/2 - (V_{Rd} H/\alpha)/N) t \tau_{0d} + 0.4 N] / F_C$$

Con alcuni semplici passaggi, si ottiene l'espressione del taglio resistente per scorrimento:

$$V_{Rd} = \alpha (1.5 l t \tau_{0d} + 0.4 N) / (\alpha F_C/H + 3 t \tau_{0d}/N) / H$$

### A.3. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'ANALISI; CALCOLO DELLA CAPACITA' IN TERMINI DI ACCELERAZIONE AL SUOLO

Il comportamento della parete muraria, composta da uno o più maschi murari con eventuali telai di rafforzamento nelle aperture, viene adeguatamente studiato tramite analisi statica non lineare, considerando i diagrammi di comportamento dei singoli elementi costitutivi della parete.

#### A.3.1. COMPORTAMENTO STRUTTURALE DEL SINGOLO MASCHIO MURARIO

Consideriamo il singolo maschio sottoposto all'azione di una forza orizzontale (fig. A.3.1).

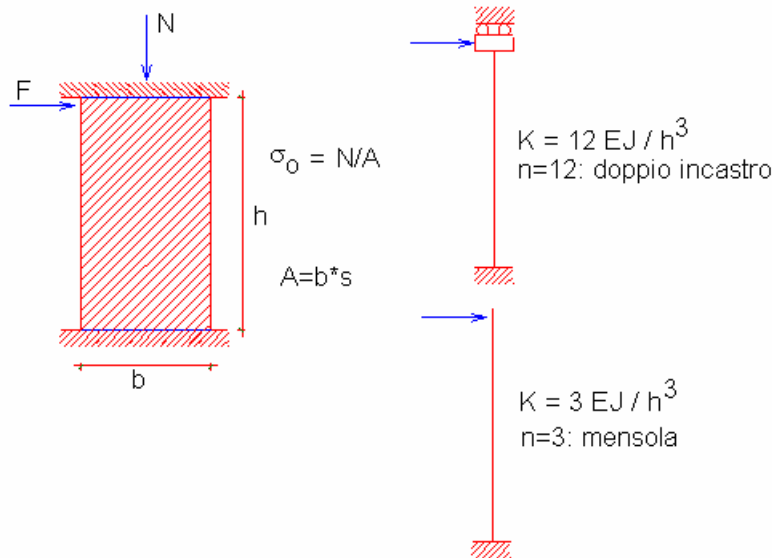


Fig. A.3.1.

Lo spostamento in sommità, componendo la deformazione flessionale e tagliente, è dato dalla

$$(1) \quad \delta = \delta_M + \delta_T = F h^3 / (n EJ) + \chi F h / (GA), \quad \chi = 1.2, \quad 3 \leq n \leq 12$$

Ponendo lo spostamento uguale a 1, si ottiene il valore della rigidezza alla traslazione:

$$(2) \quad K = 1 / [ h^3 / (n EJ) + 1.2 h / (GA) ]$$

dove  $n=3$  per il caso della mensola, e  $n=12$  per la parete doppiamente incastrata.

La rigidezza elastica alla traslazione è uno dei tre parametri necessari per la definizione del comportamento strutturale del maschio murario. Infatti, assumendo una legge costitutiva elasto-plastica (rappresentata dal diagramma Forza-Spostamento (fig. A.3.2), occorrono i seguenti tre parametri:

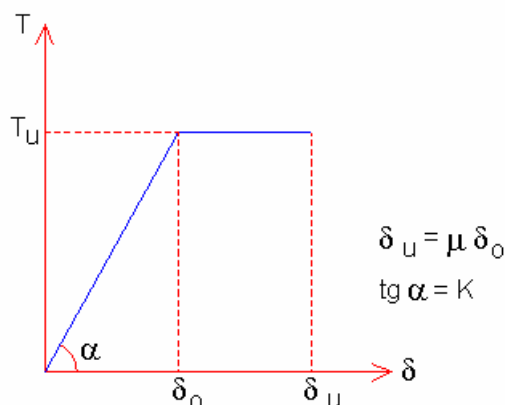
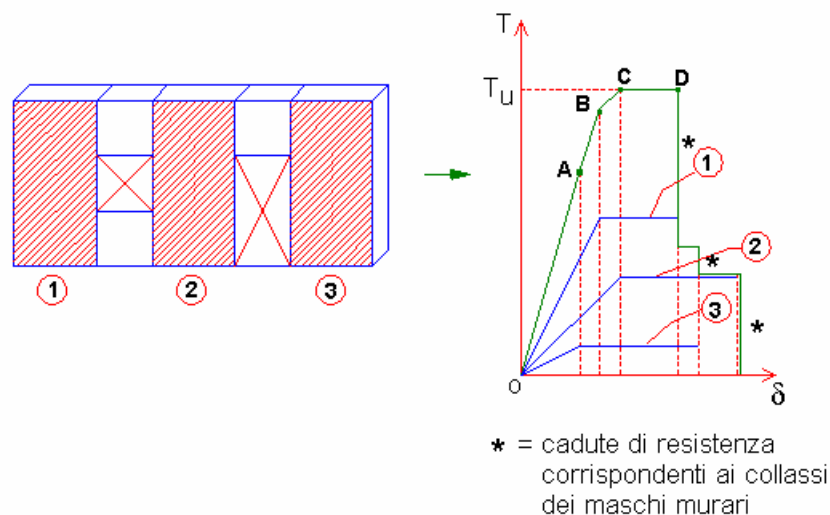


Fig. A.3.2.

- la rigidezza elastica  $K$ , espressa dalla (2), che fornisce la pendenza del tratto inclinato del diagramma (campo elastico);
- la forza ultima  $T_u$ , che rappresenta il valore minimo fra la resistenza a taglio (valutata come minima fra i due meccanismi di fessurazione diagonale e di scorrimento) e la resistenza a pressoflessione del maschio;
- la duttilità  $\mu$ , pari al rapporto tra spostamento ultimo  $\delta_u$  e spostamento al limite elastico  $\delta_o$  ( $\delta_o$  si indica anche con  $\delta_y$ ). Secondo il D.M. 14.1.2008, la deformazione ultima è espressa come drift di piano (percentuale dell'altezza deformabile del maschio).

### A.3.2. COSTRUZIONE DELLA CURVA DI CAPACITA' (ANALISI STATICA NON LINEARE): COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA PARETE COMPOSTA DA PIU' MASCHI MURARI

Il comportamento strutturale della parete, costituita da più maschi in parallelo, viene definito a partire da quello dei singoli maschi. Sotto l'azione di una forza orizzontale agente globalmente, la parete presenta uno spostamento comune a tutti i maschi. Ognuno reagisce con una forza dipendente dalla propria rigidezza alla traslazione. Pertanto, il diagramma Forza-Spostamento della parete si ottiene sommando i contributi resistenti di ciascun maschio (fig. A.3.3).



**Fig. A.3.3.** Diagramma Forza-Spostamento globale

Grazie al diagramma globale Forza-Spostamento, è possibile, noto il valore della forza orizzontale, ricavare il corrispondente spostamento della parete, mentre i vari contributi resistenti dei maschi murari vengono letti sui rispettivi diagrammi.

Per fissare le idee, si faccia riferimento al diagramma in fig. A.3.3, costruito per l'esempio di 3 maschi. Supponiamo che i singoli diagrammi Forza-Spostamento dei maschi siano quelli riportati in figura; vogliamo costruire il diagramma complessivo che descrive il comportamento della parete. Fino al punto A si sommano i contributi resistenti elastici dei tre maschi. La fine della fase elastica è determinata dal raggiungimento del limite elastico per il maschio n.3.

Il punto B è caratterizzato dal raggiungimento del limite elastico per il maschio n.1; il punto C è determinato dal limite elastico del maschio n.2.

Successivamente, inizia un tratto orizzontale (fase perfettamente plastica): la forza corrispondente è la massima sviluppabile dalla parete nel suo complesso, ed è quindi la resistenza ultima della parete stessa. Il tratto orizzontale termina in D, dove viene a mancare il contributo del maschio n.1, giunto a rottura. Proseguendo oltre questo punto, il diagramma presenta scalini corrispondenti alle successive cadute di resistenza degli altri due maschi.

### A.3.3. I PIEDRITTI DEI TELAI

Per la costruzione del diagramma globale Forza-Spostamento della parete occorrono i corrispondenti diagrammi dei singoli componenti. Per quanto riguarda i maschi murari, la procedura è già stata

illustrata. Nel caso di elementi in c.a. o acciaio corrispondenti ai montanti di telai di cerchiatura, occorre definirne il comportamento elasto-plastico attraverso opportuni criteri di costruzione del diagramma.

Si analizza anzitutto il caso di **vincolamento del montante ad incastro perfetto**, con momento resistente corrispondente al momento di snervamento della sua sezione trasversale. La rigidezza alla traslazione del piedritto è espressa da:

$$(3) \quad K = 12 EJ / h^3$$

dove:

$J$  = momento d'inerzia della sezione trasversale del piedritto nella direzione della sollecitazione (cioè della forza orizzontale). Nel caso di piedritto composito, formato da 'n' ritti aventi stessa sezione, ugualmente orientata, il momento d'inerzia deve ovviamente essere moltiplicata per 'n';  
 $h$  = altezza del piedritto.

Per la costruzione del diagramma Forza-Spostamento del piedritto è necessario definire un limite elastico; a tal fine, per i telai in acciaio, è possibile procedere nel seguente modo.

L'espressione della tensione normale per un piedritto sottoposto a carico verticale  $N$  e forza orizzontale  $F$ , vincolato in sommità con un incastro scorrevole (per cui:  $M = F h / 2$ ) è:

$$(4) \quad \sigma = N/A + M/W = N/A + F h / (2 W)$$

dove:

$A$  = area della sezione trasversale del piedritto;

$W$  = modulo di resistenza della sezione del piedritto nella direzione della sollecitazione. Nel caso di piedritto composito, formato da 'n' ritti aventi stessa sezione, ugualmente orientata, il modulo di resistenza deve ovviamente essere moltiplicata per 'n'.

Nella (4) si prescinde da fenomeni di instabilità, poiché nella pratica la membratura in c.a. o in acciaio verrà collegata alla muratura con vincoli diffusi.

Il termine a compressione risulta in genere sensibilmente inferiore rispetto a quello flessionale, in considerazione del fatto che si vuole determinare un limite elastico e quindi la forza orizzontale che produce flessione avrà un valore elevato.

Per semplicità quindi si prescinde dal termine a compressione; ne segue l'espressione della forza orizzontale in funzione della tensione normale:

$$(5) \quad F = 2 W \sigma / h$$

Per i **piedritti in acciaio**, considerando la tensione di progetto  $f_d$  fornita dalla tensione di snervamento  $f_y$  (tensione che segna il limite elastico), divisa per il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio strutturale ( $\gamma_M = 1.05$  per le verifiche di resistenza plastica) si ottiene quindi la seguente espressione della Forza ultima:

$$(6) \quad F_u = 2 W f_{yd} / h$$

dove:

$W$  = modulo di resistenza del profilato utilizzato, nella direzione di sollecitazione. Nel caso di piedritto composito, formato da 'n' ritti aventi stessa sezione, ugualmente orientata, la forza ultima deve ovviamente essere moltiplicata per 'n'.

Per i vari tipi di acciaio si ha:

S 235:  $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$  e quindi  $f_{yd} = 228.5 \text{ N/mm}^2$

S 275:  $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$  e quindi  $f_{yd} = 266.6 \text{ N/mm}^2$

S 355:  $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$  e quindi  $f_{yd} = 342.8 \text{ N/mm}^2$

Note la rigidezza (3) e la forza ultima (6), lo spostamento al limite elastico è dato da:

$$(7) \quad \delta_{el} = F_u / K$$

Nel diagramma di comportamento del pilastro in acciaio, oltre lo spostamento al limite elastico si considera un tratto orizzontale indefinito. In pratica ciò corrisponde a non individuare uno spostamento di collasso, dal momento che il pilastro in acciaio si trova inserito in un organismo murario che presenta valori ben più bassi di spostamento al limite di collasso.

Riassumendo: l'acciaio si considera in fase elastica fino al raggiungimento del punto di coordinate  $(\delta_{el}-F_u)$ , oltre il quale avrà comportamento indefinitamente plastico ( $F_u$  costante per spostamenti in aumento), e

cesserà di fornire il contributo alla resistenza al momento in cui si verifica il collasso degli elementi murari con cui il pilastro in acciaio si trova ad interagire.  
Adottando per l'acciaio questa schematizzazione, senza riferimento allo spostamento ultimo di collasso, non ha significato definire una 'duttilità'.

Nel caso di **vincolamento a cerniera per la sezione di base del montante**, la procedura resta invariata, con le seguenti precisazioni:

la rigidezza alla traslazione vale  $3 EJ / h^3$  anziché  $12 EJ / h^3$ ;

la relazione che lega taglio e momento è:  $M=Fh$  anziché  $M=Fh/2$ : pertanto, la forza ultima è data da:  
 $F_u = W f_{yd} / h$ .

Il diagramma di comportamento del telaio è sempre di tipo bilineare.

L'ipotesi di vincolamento alla base con **incastro caratterizzato da momento resistente di ancoraggio** ( $=M_{r,base}$ , che indichiamo anche con:  $M_{r_i}$  momento resistente inferiore) minore del momento resistente della sezione trasversale del montante ( $=M_{r,mont}$ , che indichiamo anche con:  $M_{r_s}$  momento resistente superiore o in sommità) conduce ad una procedura modificata secondo le seguenti specifiche.

La schematizzazione iniziale corrisponde anche in questo caso ad un montante doppiamente incastrato ( $K=12 EJ / h^3$ ), con momento legato alla forza orizzontale dalla relazione:  $M=Fh/2$ . Il momento alla base è uguale, per ipotesi, al momento in sommità.

L'incremento progressivo della forza orizzontale conduce al raggiungimento del momento resistente alla base  $M_{r_i}$  prima che sia attinto il momento resistente del montante  $M_{r_s}$ .

Il primo tratto del diagramma è quindi lineare, e termina in corrispondenza del punto caratterizzato dalla forza:

$$F = 2 M_{r_i} / h$$

e dal corrispondente spostamento:  $\delta=F/K_{iniz}$ , con  $K_{iniz}=12 EJ / h^3$

In corrispondenza di tale punto si forma la cerniera plastica alla base: la rigidezza tangente diviene  $K_{fin}=3 EJ / h^3$ .

Sotto i successivi incrementi di forza orizzontale  $\Delta F$ , il momento incrementale superiore  $\Delta M_s$  corrisponderà allo schema 'a mensola':

$$\Delta M_s = \Delta F \cdot h.$$

Il momento complessivamente agente in sommità sarà quindi:  $M_s = M_{r_i} + \Delta M_s = M_{r_i} + \Delta F \cdot h$ , da cui:

$$\Delta F = (M_s - M_{r_i}) / h$$

Il valore complessivo del momento superiore  $M_s$  raggiungerà, per un certo incremento di forza, il momento resistente del montante. Tale incremento di forza è dunque pari a:  $\Delta F = (M_{r_s} - M_{r_i}) / h$

e complessivamente la forza agente è:  $F^* = 2 M_{r_i} / h + (M_{r_s} - M_{r_i}) / h = (M_{r_i} + M_{r_s}) / h$

Per quanto riguarda lo spostamento, si ha:  $\Delta d = \Delta F / K_{fin}$

e complessivamente:  $\delta^* = (2 M_{r_i} / h) / K_{iniz} + \Delta d$

Il diagramma di comportamento del montante è quindi caratterizzato dall'ulteriore punto:  $(F^*, \delta^*)$ , a partire dal quale inizia il tratto orizzontale plastico. Si tratta quindi di un diagramma trilineare, con rigidezza iniziale uguale al caso del diagramma bilineare corrispondente all'incastro perfetto, ma con tratto intermedio a rigidezza abbattuta dovuto alla formazione della cerniera plastica alla base prima che sia attinto il momento resistente del montante in sommità.

Per i **piedritti in cemento armato** la forza ultima dipende dall'armatura, considerando il momento ultimo nello schema a doppio incastro (verifica di sezione rettangolare pressoinflessa allo stato limite ultimo).

$$(8) \quad M_u = f \text{ (sezione rettangolare in c.a., armatura)}$$

A favore di sicurezza è anche possibile considerare la sezione semplicemente inflessa, ipotizzando che il carico sovrastante alla parete muraria sia sostanzialmente portato dalle murature, ritenendo il contributo dei pilastri della cerchiatura prevalente in fase sismica, sotto azioni orizzontali.

Risulta:

$$(9) \quad F_u = 2 M_u / h$$

Per quanto riguarda la rigidezza alla traslazione, viene utilizzata la formula completa del contributo a flessione e a taglio, considerando l'ipotesi di vincolo di doppio incastro. Lo spostamento al limite elastico è analogo alla (7).

Per i casi di vincolo alla base corrispondente ad una cerniera, oppure ad un incastro con momento resistente minore di quello del pilastro, valgono considerazioni del tutto analoghe a quanto esposto per i piedritti in acciaio.

### A.3.4. VERIFICA DI SICUREZZA

Da §7.8.1.6: "(...) Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo della costruzione e la domanda di spostamento ottenute applicando il procedimento illustrato al §7.3.4.1. In ogni caso, per le costruzioni in muratura ordinaria e per le costruzioni in muratura armata in cui non si sia applicato il criterio di gerarchia delle resistenze, nelle quali il rapporto tra il taglio totale agente sulla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico e il taglio alla base resistente del sistema equivalente ad un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare ecceda il valore 3.0, la verifica di sicurezza deve ritenersi non soddisfatta. La rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente si individua tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente ad un taglio alla base pari a 0.7 volte il valore massimo (taglio massimo alla base). Il tratto orizzontale della curva bilineare si individua tramite l'uguaglianza delle aree sottese dalle curve tracciate fino allo spostamento ultimo del sistema."

In AC.M, conformemente a §7.8.1.5.4, nello schema della muratura a telaio equivalente, i pannelli murari vengono caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza al limite elastico definita per mezzo della risposta flessionale o a taglio di cui in §7.8.2.2 e §7.8.3.2. Nel modello di AC.M, riferito ad un'analisi locale di 1 interpiano, è possibile adottare l'ipotesi shear-type, trascurando gli effetti connessi alla variazione delle forze verticali dovuta all'azione sismica. Qui di seguito si fornisce una descrizione dettagliata del procedimento di analisi statica non lineare.

Il concetto alla base dell'analisi sismica statica non lineare è che la capacità complessiva della struttura di sostenere le azioni sismiche può essere descritta dal comportamento della stessa sottoposta ad un sistema di forze statiche equivalenti incrementate fino a raggiungere il collasso, inteso come incapacità di continuare a sostenere i carichi verticali. **'Analisi pushover'** significa **'analisi di spinta'**, intendendo appunto per 'spinta' l'applicazione delle forze orizzontali progressivamente incrementate.

Nel caso dell'analisi di una singola parete di 1 interpiano, la curva di capacità può essere immediatamente ottenuta assemblando le curve di comportamento dei singoli elementi (maschi murari e telai cerchianti), come è stato illustrato ai paragrafi precedenti.

Si tratta di un sistema ad un unico grado di libertà, coincidente con lo spostamento orizzontale del traverso superiore. La curva di capacità viene poi ricondotta ad un legame tipico di un oscillatore non lineare ad un grado di libertà (oscillatore monodimensionale bilineare elastoplastico), rendendo possibile un diretto confronto con la domanda sismica rappresentata in termini di spettro di risposta.

Le verifiche di compatibilità degli spostamenti per il sistema reale 1-GDL consistono nel confronto tra la domanda sismica e la capacità deformativa della struttura.

Per il calcolo della domanda sismica, l'espressione degli spettri di risposta elastico  $S_e(T)$  e degli spettri di progetto a SLV (stato limite di salvaguardia della vita, che è un tipo di stato limite ultimo) è fornita dalla Normativa di riferimento: D.M. 14.1.2008.

Lo spettro di risposta elastico in termini di spostamento è dato da:  $S_{De}(T) = S_e(T) * (T / 2\pi)^2$

Sulla curva pushover (curva forza-spostamento), lo **Stato Limite Ultimo** coincide con il punto caratterizzato dallo spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo.

L'analisi viene condotta separatamente sia per lo **Stato Attuale**, sia per lo **Stato di Progetto**, e in ognuno dei due casi viene costruita la curva forza-spostamento.

La curva consente la definizione dei parametri necessari per la **verifica di sicurezza**:

- la **rigidezza** è pari alla rigidezza elastica iniziale del sistema reale (oscillatore reale monodimensionale elastoplastico, non necessariamente bilineare: sarà tale solo nel caso di un solo maschio murario costituente la parete);
- la **resistenza** è pari alla forza massima sostenibile dal sistema reale prima del raggiungimento dello Stato Limite Ultimo;
- la **capacità di deformazione**, considerando anche il campo plastico, è pari al massimo spostamento mostrato dal diagramma.

I risultati sono esprimibili sotto forma di **Coefficienti di Sicurezza**, dati dal rapporto tra valore nello Stato di Progetto e valore nello Stato Attuale: un coefficiente  $\geq 1$  esprime verifica soddisfatta. Per la rigidezza, uno scarto maggiore del 15% richiede l'inquadramento nell'ambito degli Interventi di Miglioramento e non della Riparazione o intervento locale.

La curva forza-spostamento consente inoltre la definizione di **PGA,CLV**, massima accelerazione al suolo consentita dall'edificio (PGA,CLV = capacità corrispondente a SLV in termini di accelerazione), definita dal valore in corrispondenza del quale viene raggiunto lo Stato Limite Ultimo. PGA,CLV viene calcolata ricercando per iterazioni il valore di  $a, g$  che rende uguale la richiesta di spostamento secondo lo spettro di risposta (detta anche: PGA,DLV = domanda corrispondente a SLV in termini di accelerazione) e la



capacità di spostamento allo stato limite ultimo mostrata dal sistema reale. Confrontando PGA,CLV con PGA,DLV è possibile rilevare se l'accelerazione sostenibile (PGA,CLV) è superiore o meno rispetto all'accelerazione al suolo prevista per l'edificio (PGA,DLV).

Per il calcolo corretto di PGA,CLV occorre tenere conto della **posizione in elevazione della parete**.

La parete sottoposta ad intervento può infatti essere posta ad un qualunque piano dell'edificio.

Affinché la verifica di sicurezza dipenda dalla posizione in elevazione della parete, occorre definire una metodologia idonea a considerare la deformabilità della struttura sottostante, che si traduce in un'amplificazione dell'accelerazione al suolo.

A tal fine, può essere utilizzata un'analogia con le formulazioni riportate in §C8A.4.2.3 nell'ambito dello studio dei cinematismi di macroelementi murari (analisi dei meccanismi di collasso in edifici esistenti in muratura).

Nelle formule dell'accelerazione spettrale, per le strutture che interessano una porzione della costruzione poste ad una certa quota, (ag S) è sostituita da:  $S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma$ , dove:

$T_1$  = primo periodo di vibrazione dell'intera struttura nella direzione esaminata, che può essere posto pari a:  $0.05 \cdot H^{0.75}$  ((7.3.5) in §7.3.3.2), essendo H l'altezza totale del fabbricato (altezza della costruzione rispetto alla fondazione);

$\psi(Z) = Z/H$  dove Z è l'altezza rispetto alla fondazione della quota di base della parete;

$\gamma$  è il coefficiente di partecipazione modale, che può essere assunto pari a  $3N/(2N+1)$ , con N=numero di piani dell'edificio.

Pertanto, conformemente alle indicazioni normative, se la parete è posta al piano i-esimo sopra al piano terreno ( $i > 1$ , ponendo: 'piano terreno' = 'piano 1'), l'accelerazione al suolo viene amplificata: il termine (ag S) viene sostituito da:  $S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma$ .

E' quindi possibile definire un 'fattore amplificativo F' dato da:

$$F = [ S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma / (ag S) ]$$

Se la parete ha quota di base zero, cioè si imposta sul piano di fondazione (essa appartiene quindi al piano '1' di calcolo), il fattore amplificativo non deve essere considerato: la parete riceve l'input sismico alla sua base direttamente dal suolo; la PGA,CLV calcolata dal diagramma pushover è direttamente la reale PGA sostenibile.

Se invece la parete è posta a livelli superiori (quota di base > 0), il fattore amplificativo può assumere valori maggiori di 1. In tal caso, la PGA reale si ottiene dalla PGA di calcolo divisa per F: tale fattore va infatti a ridurre la PGA che diventa più bassa, cioè è sufficiente una minore accelerazione al suolo per condurre allo stato limite la parete posta ai piani superiori.

Si osservi infine che il termine "PGA" può riferirsi sia all'accelerazione di picco su suolo rigido (a,g), come finora considerato, sia all'accelerazione di picco sul suolo di fondazione, che tiene quindi conto degli effetti di suolo (PGA = a,g S). I risultati delle analisi in termini di PGA devono ovviamente tenere conto della modalità di definizione della PGA stessa.

### A.3.5. SINTESI DEI RISULTATI

Riepilogo dei risultati ottenuti dall'analisi strutturale della parete con aperture ed eventuali telai di cerchiatura, con riferimento alla parete allo Stato Attuale (prima dell'intervento; in caso di danneggiamento per evento sismico si deve fare riferimento alla configurazione pre-evento) e allo Stato di Progetto (applicando l'intervento di progetto).

#### STATICA:

Sotto l'azione dei **soli carichi verticali** (carico in sommità e peso proprio), i maschi murari vengono analizzati a **Stato Limite Ultimo** facendo riferimento alla **Combinazione fondamentale** (cfr. (2.5.1) in §2.5.3). Il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_F$  viene posto pari a 1.3 per il peso proprio, e ad 1.5 per il carico agente sulla sommità (a favore di sicurezza). La tensione statica alla sezione di base della luce deformabile del maschio viene confrontata con la tensione di progetto a compressione data dalla resistenza media a compressione, divisa per il coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma_M$  (che assume un valore compreso fra 2.0 o 3.0, Tab. 4.5.II in §4.5.6.2) e per il fattore di confidenza.

#### SISMICA: COEFFICIENTI DI SICUREZZA:

Viene riportato il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale, definendo i seguenti coefficienti di sicurezza:

- \* **rigidezza** (rapporto tra rigidezze elastiche iniziali): il coefficiente di sicurezza deve essere compreso nei limiti indicati in input ai fini della classificazione dell'intervento come Riparazione locale (ad esempio, secondo gli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, il coefficiente di sicurezza deve essere compreso fra 0.85 e 1.15): diversamente, l'intervento viene ricondotto all'ambito del Miglioramento sismico;
- \* **resistenza** (rapporto tra forze massime): deve essere  $\geq 1.00$ ;
- \* **capacità di spostamento** (rapporto tra spostamenti ultimi): deve essere  $\geq 1.00$ .

Viene inoltre riportato un ulteriore coefficiente di sicurezza, relativo all'Energia dissipata dall'oscillatore monodimensionale rappresentato dalla parete, e definita dall'area sottesa dalla curva di capacità fino al punto di stato limite ultimo. Tale coefficiente, non richiesto dalla Normativa, può essere utile per confrontare dal punto di vista energetico lo Stato Attuale con lo Stato di Progetto.

Se l'intervento rientra nel campo del Miglioramento (a causa di una eccessiva variazione di rigidezza), si devono fare le seguenti considerazioni:

- se l'orizzontamento sovrastante la parete è rigido, occorre il calcolo globale e quindi non viene più svolta la verifica locale della parete ma si deve eseguire un'analisi complessiva;
- se invece l'orizzontamento sopra la parete è flessibile, la variazione di rigidezza non influisce sulla reazione delle altre parti dell'edificio e quindi è possibile 'contenere' la verifica di sicurezza entro i limiti della verifica locale, valutando un ulteriore coefficiente relativo all'**accelerazione al suolo** e definito dal rapporto tra PGA,CLV allo Stato di Progetto e PGA,CLV allo Stato Attuale. Per convalidare il Miglioramento, il coefficiente deve ovviamente essere  $\geq 1.00$  (preferibilmente:  $> 1.00$ ).

#### STATO ATTUALE:

Si evidenziano i parametri riguardanti singolarmente i maschi murari che definiscono lo Stato Attuale della parete: rigidezza  $K$ ; forza ultima  $F_u$  a pressoflessione complanare, a taglio per scorrimento e a taglio per fessurazione diagonale, secondo i meccanismi di comportamento scelti per i singoli maschi nei dati in input; spostamento al limite elastico  $\delta_y$ ; spostamento ultimo  $\delta_u$ .

Viene costruita la curva di capacità complessiva allo Stato Attuale.

#### STATO DI PROGETTO:

Si evidenziano i parametri riguardanti singolarmente i maschi murari e le eventuali cerchiature presenti nello Stato di Progetto della parete: rigidezza  $K$ ; forza ultima  $F_u$ ; spostamento al limite elastico  $\delta_y$ , Spostamento ultimo  $\delta_u$ .

Viene costruita la curva di capacità complessiva allo Stato di Progetto.

### A.3.6. ASPETTI COMPLEMENTARI SULLA MODELLAZIONE

La revisione dei parametri meccanici proposta dalla nuova Normativa rispetto ai valori tradizionalmente utilizzati per le pareti in muratura (cfr. Circ. 21745/1981 e OPCM 3431/2005), può condurre a casi di pareti notevolmente rigide per le quali la realizzazione di un'apertura comporta teoricamente strutture intelaiate aventi sezioni trasversali di grandi dimensioni, o addirittura casi in cui l'intervento appare non praticabile.

Ferma restando la considerazione che in alcuni casi tali tipi di interventi non siano consigliabili, AC.M

rende disponibili una serie di parametri che consentono la corretta calibrazione dell'intervento evitando sovradimensionamenti. Essi sono i seguenti:

- è possibile definire con precisione un'altezza di calcolo singolarmente per ogni maschio murario, diversa dall'altezza della parete, in modo da valutare correttamente la sua rigidezza, tenendo conto della zona rigida superiore (in caso di porta, e inferiore, in caso di finestra) dovuta alle fasce di piano qualora queste assicurino continuità di spessore con i maschi adiacenti;
- il vincolo flessionale in sommità alla parete è modificabile: può essere assunto a doppio incastro ( $K=12 EJ/H^3$ ) o a mensola ( $3 EJ/H^3$ ) a seconda anche della condizione di collegamento fra parete e impalcato sovrastante; questo aspetto influisce, ovviamente, sulla rigidezza dei maschi murari;
- è possibile ridurre i moduli di elasticità  $E$  e  $G$  per tenere conto di condizioni fessurate (secondo §C8A.2), influenzando in tal modo sulle rigidezze;
- è possibile modificare adeguatamente i drift di piano per la definizione dello spostamento massimo a taglio e a pressoflessione per ogni singolo maschio murario, influenzando sulla capacità di spostamento; ad esempio, nel caso di una muratura nuova inserita nella parete il drift a pressoflessione diviene  $0.8\%H$  invece che  $0.6\%H$ ; analogamente può variare nel caso di pareti rafforzate con armature o nastri in FRP (per pannelli armati:  $1.2\%H$  a pressoflessione e  $0.6\%H$  a taglio);
- è possibile intervenire sul materiale applicando i coefficienti correttivi previsti in §C8A.2: in questo ambito si collocano anche gli interventi di iniezioni cementizie e intonaco armato, nonché la qualifica di muratura di caratteristiche migliori o scarse.

### A.3.7. CRITERI DI EQUIVALENZA PER L'INSERIMENTO DELLE PARETI STUDIAE IN AC.M IN UN MODELLO GLOBALE

Qualora l'intervento sulla parete non possa essere classificato come intervento locale, è necessario inquadrare lo Stato di Progetto nell'ambito di un **Intervento di Miglioramento**, dimostrando che rispetto allo Stato Attuale l'edificio nel suo complesso consegue una migliore capacità antisismica. Per lo studio del miglioramento sismico si rende quindi necessaria un'analisi globale dell'edificio (§C8.4.2), con confronto tra Stato Attuale e Stato di Progetto.

Per Stati di Progetto dove sono previsti interventi di cerchiatura delle aperture, risulta opportuno studiare i **criteri di 'Equivalenza'** secondo i quali è possibile rappresentare in un modello globale dell'edificio i maschi murari appartenenti alla Parete analizzata in AC.M allo Stato di Progetto.

Si faccia quindi riferimento al modello dello Stato di Progetto dell'edificio, che ipotizziamo schematizzato con il software PC.E (o con modellatore equivalente), all'interno del quale è presente la Parete di AC.M, ossia i maschi che la definiscono. Il consolidamento di questa Parete, ad esempio con l'inserimento di un telaio di cerchiatura, è stato studiato in AC.M.

E' possibile modificare opportunamente i parametri meccanici dei maschi interessati, in modo tale che nel loro insieme forniscano rigidezza, forza ultima e capacità di spostamento coincidenti con i corrispondenti parametri calcolati per la Parete di AC.M, evitando la necessità di inserire le eventuali cerchiature nel modello globale.

Ponendo:

**K** = rigidezza, **Fu** = forza ultima, **Cap.Spost.** = capacità di spostamento

della Parete di AC.M allo Stato di Progetto formata da maschi + eventuali cerchiature, si può procedere nel seguente modo.

- L'i-esimo maschio murario della Parete è caratterizzato dalla rigidezza  $K_i$ ; sia  $K_{tot}$  la somma delle rigidezze dei maschi.
- Si ripartiscono sia la rigidezza  $K$  sia la forza ultima  $F_u$  complessive secondo coefficienti di ripartizione definiti da:  $(K_i / K_{tot})$ . Ad ogni maschio sono così attribuite una rigidezza  $K_i$  e una forza  $F_{u,i}$  tali che il rapporto:  **$F_{u,i}/K_i$**  è uguale per tutti, ed uguale a quello della Parete: lo spostamento al limite elastico è quindi coincidente con quello della Parete; il diagramma elastoplastico composto dai contributi di tutti i maschi è quindi perfettamente coincidente con quello della Parete.
- A partire da  **$K_i$**  e  **$F_{u,i}$**  occorre ora definire i parametri correttivi del maschio i-esimo, tali appunto da far sì che proprio queste siano la sua rigidezza ( **$K_i$** ) e la sua forza ultima ( **$F_{u,i}$** ).
- Per la rigidezza, si utilizza la nota espressione:

$$K_i = 1 / [ h^3 / (n E_i J) + 1.2 h / (G_i A) ]$$

ed esprimendo  $G$  in funzione di  $E$  ( $G=xE$ , lasciando quindi il rapporto  $G/E$  invariato rispetto al materiale originario), è possibile ricavare l'incognita  $E$ , corrispondente al valore del modulo modificato da attribuire al maschio i-esimo: ( $J=sb^3/12$ ,  $A=sb$ )

$$E_i = K_i * [ 12 h^3 / (n sb^3) + 1.2 h / (x sb) ], \text{ con } x=G/E.$$

In alternativa al modulo di elasticità, è possibile fare riferimento alla percentuale di rigidezza elastica (%K<sub>elast</sub>) definita nei Dati Aste di PC.E. Essa corrisponderà alla variazione del modulo di elasticità E<sub>i</sub> rispetto al modulo originario E:

$$\%K_{elast,i} = (E_i / E) * 100$$

Nel calcolo di Equivalenza, AC.M fornisce direttamente il valore di **%K<sub>elast,i</sub>**.

- Per la forza ultima, si utilizza la resistenza a taglio per fessurazione diagonale:

$$F_{u,i} = b s \tau'_{oi} * \sqrt{[1 + (\sigma_o + \sigma_{p_o} + \sigma_{p_v}) / (1.5 \tau'_{oi}) + (\sigma_o + \sigma_{p_v}) * \sigma_{p_o} / (2.25 \tau'^2_{oi})]}$$

dove  $\sigma_o$  rappresenta la tensione verticale corrispondente ai carichi verticali agenti in combinazione sismica (dovuta quindi a:  $G_1 + G_2 + \sum \psi_{2,i} Q_{ki}$ ) (tali sono i carichi che devono essere attribuiti ai maschi murari di AC.M, per l'analisi sismica secondo il D.M. 14.1.2008), e  $\tau'_{oi}$  è la resistenza a taglio modificata che caratterizzerà il maschio i-esimo nel modello globale. Poiché la resistenza a taglio dipende anche dal fattore di confidenza FC definito nei dati di AC.M, si ha:  $\tau'_{oi} = \tau_{oi} / FC$  e quindi  $\tau_{oi}$  che caratterizzerà il maschio sarà fornita da:  $\tau_{oi} = \tau'_{oi} * FC$

$\tau'_{oi}$  si esprime in funzione di **F<sub>u,i</sub>** e può essere ricavata risolvendo la seguente equazione di secondo grado:  $ax^2 + bx + c = 0$ , dove:

$$a = 1, b = (\sigma_o + \sigma_{p_o} + \sigma_{p_v}) / 1.5, c = (\sigma_o + \sigma_{p_v}) * \sigma_{p_o} / 2.25 - (F_{u,i} / b s)^2$$

Per quanto riguarda infine la capacità di spostamento, dal valore fornito dai risultati dell'analisi della Parete di AC.M si ricava il drift a taglio del maschio i-esimo, relazionando lo spostamento alla sua altezza di calcolo (=luce deformabile):

$$d\%,i = (Cap.Spost. / h_{calc,i}) * 100$$

Nel modello globale di PC.E, i maschi che compongono la Parete di AC.M allo Stato di Progetto, potranno quindi essere rappresentati modificando i seguenti parametri:

- moduli di elasticità: **E<sub>i</sub>** e **G<sub>i</sub>**=x**E<sub>i</sub>**, o equivalentemente: **%K<sub>elast,i</sub>** nei Dati Aste (lasciando invariati in tal caso E e G definiti nei Dati Materiali);
- resistenza a taglio:  $\tau_{oi}$  (modifica da effettuare nei Dati Materiali)
- drift a taglio: **d%,i** (modifica da effettuare nei Dati Aste).

Inserite tali modifiche, nella struttura complessiva dell'edificio sarà presente l'informazione dello Stato di Progetto della parete di AC.M, e la verifica globale terrà quindi conto del consolidamento studiato in AC.M.

Per la corretta applicazione del criterio di equivalenza, è indispensabile controllare il valore di alcuni parametri di PC.E. Ovviamente, sarà stata assicurata a priori ogni possibile coerenza fra PC.E e AC.M (ad esempio, per la geometria della Parete, per le zone rigide dei maschi murari, per il fattore di confidenza FC).

- Per ogni maschio murario della Parete di AC.M si dovrà definire un materiale apposito, caratterizzato da  $\tau_{oi}$  e da **E<sub>i</sub>** e **G<sub>i</sub>** (oppure, lasciando inalterati E e G, modificare **%K<sub>elast,i</sub>**, i nei Dati Aste: essa potrà anche essere >100%, in dipendenza dal tipo di consolidamento che caratterizza la Parete di AC.M allo Stato di Progetto)
- Se si eseguirà in PC.E un'analisi sismica lineare (non la pushover), il valore di  $\tau_{oi}$  fornito dal criterio di equivalenza deve essere amplificato per  $\gamma_M = 2.00$  (in quanto nelle verifiche lineari il valore in input viene automaticamente diviso per  $\gamma_M$ ).
- Relativamente alle azioni complanari, i maschi devono essere sottoposti alla sola verifica a Taglio per fessurazione diagonale (deve quindi essere disattivata la verifica a Pressoflessione Complanare, utilizzando il corrispondente check nei Dati Aste; ciò non significa che si prescinde da tale verifica: essa è stata considerata nel calcolo di AC.M, ma l'equivalenza, per semplicità, è stata impostata direttamente sulla formulazione della resistenza a taglio per fessurazione diagonale)
- In PC.E, anche l'analisi statica NON sismica deve essere eseguita con %K<sub>elast</sub> specificata nei Dati Aste (si deve controllare il corrispondente parametro in Parametri di Calcolo, scheda Generali)
- Per ogni maschio murario si dovranno annullare eventuali correttivi ai moduli di elasticità e ai parametri di resistenza (p.es. check su Iniezioni, Intonaco armato...), definibili nei Dati Aste, in quanto tali effetti sono già contenuti nei risultati della Parete di AC.M
- Per ogni maschio murario si specificherà il Drift a Taglio **d%,i**
- La verifica a taglio per fessurazione diagonale deve prevedere b=1.5 fisso nella formulazione di Turnsek-Cacovic (Parametri di Calcolo, Muratura (2)).

## A.4. ESTRATTI DALLA NORMATIVA VIGENTE

### A.4.1. D.M. 14.1.2008 (NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI)

#### 8. PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

##### 8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- interventi di adeguamento atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;
- interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;
- riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.

Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del D. lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.

##### 8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;
- c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b).

In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).

##### 8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1.

Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

##### 8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che **gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.**

(...)

#### 8.7. VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

##### 8.7.4 CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidità e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare

attenzione deve essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale delle costruzioni.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi,
- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità, anche legate alla presenza di elementi non strutturali;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso,
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia,
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti,
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali,
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli urti.

- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario,

Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica può mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4.

Per le strutture in muratura, inoltre, dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento dei collegamenti tra solai e pareti o tra copertura e pareti e fra pareti confluenti in martelli murari ed angolate.
  - riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
  - rafforzamento delle pareti intorno alle aperture,
- (...)

### **8.7.5 PROGETTO DELL'INTERVENTO**

Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di adeguamento o miglioramento sismico deve comprendere:

- verifica della struttura prima dell'intervento con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto);
- scelta motivata del tipo di intervento;
- scelta delle tecniche e/o dei materiali;
- dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento;
- verifica della struttura post-intervento con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto).

## **A.4.2. CIRC. 2.2.2009, N.617 (ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DEL D.M. 14.1.2008)**

### **C8. COSTRUZIONI ESISTENTI**

#### **C8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI**

Indipendentemente dall'appartenenza ad una delle tre categorie individuate dalle NTC, è opportuno che gli interventi, anche non sismici, siano primariamente finalizzati alla eliminazione o riduzione significativa di carenze gravi legate ad errori di progetto e di esecuzione, a degrado, a danni, a trasformazioni, etc. per poi prevedere l'eventuale rafforzamento della struttura esistente, anche in relazione ad un mutato impegno strutturale.

Per gli interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica sui beni del patrimonio culturale vincolato, un opportuno riferimento è costituito dalla "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" del 12 ottobre 2007. Tale direttiva è adottabile per le costruzioni di valenza storico-artistica, anche se non vincolate.

### C8.4.1. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

Indipendentemente dalle problematiche strutturali specificamente trattate nelle NTC, le sopraelevazioni, nonché gli interventi che comportano un aumento del numero di piani, sono ammissibili solamente ove siano compatibili con gli strumenti urbanistici.

La valutazione della sicurezza, nel caso di intervento di adeguamento, è finalizzata a stabilire se la struttura, a seguito dell'intervento, è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, con il grado di sicurezza richiesto dalle stesse. Non è, in generale, necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi (per esempio armatura minima, passo delle staffe, dimensioni minime di travi e pilastri, ecc.) valide per le costruzioni nuove, purché il Progettista dimostri che siano garantite comunque le prestazioni in termini di resistenza, duttilità e deformabilità previste per i vari stati limite.

### C8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza per un intervento di miglioramento è obbligatoria, come specificato nel § 8.3 delle NTC, ed è finalizzata a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto.

Nel caso di intervento di miglioramento sismico, la valutazione della sicurezza riguarderà, necessariamente, la struttura nel suo insieme, oltre che i possibili meccanismi locali. In generale ricadono in questa categoria tutti gli interventi che, non rientrando nella categoria dell'adeguamento, fanno variare significativamente la rigidezza, la resistenza e/o la duttilità dei singoli elementi o parti strutturali e/o introducono nuovi elementi strutturali, così che il comportamento strutturale locale o globale, particolarmente rispetto alle azioni sismiche, ne sia significativamente modificato. Ovviamente la variazione dovrà avvenire in senso migliorativo, ad esempio impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, trasformando i meccanismi di collasso da fragili a duttili.

### C8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidezza o di peso.

Può rientrare in questa categoria anche la sostituzione di coperture e solai, solo a condizione che ciò non comporti una variazione significativa di rigidezza nel proprio piano, importante ai fini della redistribuzione di forze orizzontali, né un aumento dei carichi verticali statici.

Interventi di ripristino o rinforzo delle connessioni tra elementi strutturali diversi (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di catene/tiranti) ricadono in questa categoria, in quanto comunque migliorano anche il comportamento globale della struttura, particolarmente rispetto alle azioni sismiche.

Infine, interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione o un rafforzamento localizzato (ad esempio **l'apertura di un vano in una parete muraria, accompagnata da opportuni rinforzi**) possono rientrare in questa categoria solo a condizione che si dimostri che **la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.**

## C8A (APPENDICE AL CAP. C8)

### C85. CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DI EDIFICI IN MURATURA

#### C85.5 INTERVENTI CHE MODIFICANO LA DISTRIBUZIONE DEGLI ELEMENTI VERTICALI RESISTENTI

L'inserimento di nuove pareti può consentire di limitare i problemi derivanti da irregolarità planimetriche o altimetriche ed aumentare la resistenza all'azione sismica; tali effetti devono ovviamente essere adeguatamente verificati.

La **realizzazione di nuove aperture**, se non strettamente necessaria, va possibilmente evitata; nel caso in cui la conseguente riduzione di rigidezza risulti problematica per la risposta globale, **sarà**

**disposto un telaio chiuso, di rigidezza e resistenza tali da ripristinare per quanto possibile la condizione preesistente.**

Un incremento della rigidezza delle pareti murarie, con conseguente modifica del comportamento sismico, si ottiene attraverso la chiusura di nicchie, canne fumarie o altri vuoti, purché venga realizzato un efficace collegamento dei nuovi elementi di muratura con quelli esistenti attraverso la tecnica dello scuci e cuci. La chiusura di queste soluzioni di continuità nella compagine muraria rappresenta anche un intervento positivo nei riguardi dei collegamenti.

### **C85.8 INTERVENTI VOLTI A RINFORZARE LE PARETI INTORNO ALLE APERTURE**

Negli interventi di inserimento di architravi o cornici in acciaio o calcestruzzo di adeguata rigidezza e resistenza, occorre curare il perfetto contatto o la messa in forza con la muratura esistente.

## **A.4.3. ORIENTAMENTI INTERPRETATIVI**

Il documento di riferimento è il seguente:

**Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti (Regione Toscana, Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico, Delibera Giunta Regionale n.606 del 21/6/2010) .**

### **Premessa**

Le NTC 2008 hanno introdotto alcuni nuovi concetti che nelle precedenti norme non erano presenti o erano solo accennati.

Le principali novità possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

1. introduzione, rispetto al DM 1996, del concetto del livello di conoscenza dell'edificio. Si è voluto dare una metodologia sistematica e graduale che possa guidare con consapevolezza le scelte progettuali, sia per quanto riguarda i materiali in opera (pietrame, laterizi, ...) che per le tipologie strutturali presenti (pareti, solai, ...), nonché del livello di connessione dei vari macroelementi.
2. nuova classificazione degli interventi possibili: adeguamento, miglioramento, intervento locale o riparazione.
3. introduzione di specifiche metodologie di calcolo (statica, dinamica, statica non-lineare, dinamica non lineare) da applicare a tutto l'organismo strutturale nel caso di analisi complessiva (adeguamento, miglioramento).

Tuttavia la parte delle NTC che affronta gli interventi sugli edifici esistenti contiene esigue specifiche indicazioni di dettaglio.

Nella Circolare applicativa, e negli allegati alla stessa compaiono maggiori indicazioni che, comunque, forniscono indicazioni spesso finalizzate ad interventi di rilevanza notevole (adeguamento o miglioramento) lasciando poche indicazioni sugli interventi minori (locali o di riparazione).

Per una prima applicazione e al fine di dare utili indicazioni procedurali e tecniche, in attesa di eventuali ulteriori indicazioni ministeriali, si ritiene di fornire alcune indicazioni che possono risultare utili in fase di prima applicazione delle NTC, limitatamente agli "interventi locali" o di riparazione.

Si mette in evidenza che le casistiche che possono emergere nel campo degli interventi sugli edifici esistenti sono moltissime e non facilmente codificabili. Pertanto le indicazioni sottostanti hanno valore indicativo e potranno essere oggetto di adattamento al caso specifico in fase di progettazione. In ogni caso il progettista illustrerà nella relazione generale e di calcolo le proprie motivazioni e scelte che dovranno essere adeguatamente supportate.

Si precisa che il progettista si assume comunque la piena responsabilità del progetto e dei dettagli costruttivi, anche se ripresi da questo documento.

Si osserva, infine, che per le tipologie di interventi di tipo "locale" o "riparazione", le tecniche di intervento sono sostanzialmente analoghe a quelle previste dalle previgenti norme. **Rimangono tuttavia indispensabili le verifiche previste dalle NTC 2008.**

Riferimenti normativi: DM 14.1.2008 (NTC 2008)

1. Cap. 8 par. 4.3
2. Circolare esplicativa Cap. 8.4.3
3. Appendice della Circolare esplicativa C8.A

### **1. Interventi sulle murature in elevazione**

I comuni interventi che prevedono una **diversa distribuzione delle aperture interne ed esterne negli edifici in muratura** sono spesso oggetto di dubbi e incertezze.



Tali interventi, fisiologicamente connaturati al naturale evolversi delle esigenze distributive interne agli edifici esistenti, sono molto comuni e a volte abusati sia in numero che in dimensione dei singoli interventi, nonché sconsiderati tra loro.

Senza ulteriormente soffermarsi sulla delicatezza di tali interventi la cui complessità è facilmente intuibile si vuole qui richiamare l'attenzione su alcuni aspetti di calcolo e costruttivi necessari per una corretta progettazione ed a una altrettanto corretta realizzazione.

I suggerimenti che seguono sono integrati da prescrizioni di "buon senso" che, se seguite, consentiranno di omettere ulteriori approfondimenti di calcolo e verifica.

In ogni caso, già in fase di progettazione architettonica, è opportuno limitare il più possibile il numero delle nuove aperture nelle pareti esistenti che dovranno essere motivate da effettive esigenze funzionali primarie. Si tenga presente che le strutture murarie non possono consentire la libertà distributiva interna, caratteristica propria delle strutture puntiformi (a telaio) in cemento armato o acciaio.

### 1.1 Analisi dello stato di fatto

Per una corretta progettazione di un intervento sulle murature, specialmente ad un determinato livello o piano, occorre conoscere l'esatta altezza di interpiano, lo spessore della parete al netto dell'intonaco e la tipologia della muratura.

Inoltre è indispensabile conoscere se la muratura ha continuità ai piani superiori e inferiori.

Per i piani immediatamente superiore e inferiore (adiacenti) è necessario conoscere anche la distribuzione delle aperture in corrispondenza delle pareti oggetto di intervento.

La mancanza anche di uno solo dei dati descritti impedisce, di fatto, di poter correttamente progettare l'intervento sulla parete muraria al piano in questione.

**Il livello di conoscenza che occorre acquisire è, quindi, almeno LC1** (verifiche limitate) così come descritto nel Cap. C8.1.2 e C8.1.3 della Circ.

In mancanza di specifiche prove sperimentali, i valori delle **caratteristiche meccaniche della muratura** potranno essere stimati in base alla tab. C8.2.1 o, in mancanza di altri riferimenti, facendo riferimento ad indicazioni contenute nella letteratura tecnica di comprovata validità.

Ai fini delle verifiche che devono essere condotte per questa tipologia di interventi si ritiene opportuno adottare i **valori medi** tra quelli proposti.

**Non occorre dividere i valori suggeriti per il fattore di confidenza FC.**

Come indicato al p.to 7.8.1.5.2 e C82 si può fare riferimento alla **rigidezza in condizioni fessurate e quindi considerare i valori medi di E e G ridotti (50%)**.

In ogni caso i valori della tab. C8.2.1 devono essere corretti in funzione delle caratteristiche della malta, dell'altezza dei giunti, della presenza di ricorsi o listature, di diafani (elementi di collegamento trasversali). I coefficienti correttivi sono indicati nella Tab. C82.2

### 1.2 Calcolo e verifica

Le indicazioni sono suggerite al punto C8.4.3. In particolare, ai fini del dimensionamento degli elementi e della parete nel suo stato di progetto, deve essere dimostrato:

- che **la rigidezza dell'elemento variato (parete) non cambi significativamente rispetto allo stato preesistente ( $\pm 15\%$ );**
- che **la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali. Il taglio ultimo della parete e lo spostamento ultimo dovranno essere superiori ai valori dello stato iniziale.**

Dovrà essere sufficientemente argomentato che tale intervento non cambia significativamente il comportamento globale della struttura.

Il ripristino di rigidezza (elemento principale dell'intervento) può avvenire secondo le tecniche previste al punto C8.5.5 e C8.5.6. Generalmente si opera con **l'inserimento di telai metallici rigidi in acciaio o in cemento armato a cerchiatura del vano di progetto oppure con rinforzi sulle porzioni di murature residue laterali.**

Pertanto le verifiche di cui sopra si effettueranno **comparando la parete nello stato ante-operam e la parete post-operam, comprensiva degli interventi di rinforzo.**

Nel caso si adottino cerchiature metalliche o in cemento armato occorrerà **verificare le sezioni e le unioni** secondo le sollecitazioni derivanti dall'analisi eseguita secondo le NTC 2008.

### 1.3 Cantierizzazione

La corretta posa in opera è determinante per la buona riuscita dell'intervento.

Nel caso si debba inserire una cerchiatura occorre che questa venga messa in carico all'interno della muratura di perimetro. Tale operazione si rende necessaria al fine di rendere la cerchiatura attiva specialmente per i carichi verticali. L'operazione di "caricamento" della cerchiatura può avvenire con l'ausilio di martinetti o altri tipi di attuatori.

L'ammorsamento laterale alla parete deve essere effettuato con opportune e diffuse zancature.

Nel caso di cerchiature in pareti di piccolo spessore (1 testa) l'ancoraggio laterale deve essere realizzato preferibilmente con idonea fasciatura.

**Le unioni tra i montanti e i trasversi (architrave e traverso inferiore) devono assicurare il grado di vincolo ipotizzato nel calcolo.**

L'incastro alla base potrà essere conseguito anche con tirafondi efficaci ancorati a cordoli in cemento armato.

Nel caso non sia possibile assicurare un efficace vincolo di incastro si dovrà procedere al ridimensionamento della cerchiatura riducendo conseguentemente la rigidità dei montanti.

In ogni caso si dovrà assicurare il corretto ammorsamento perimetrale della cerchiatura alle mazzette laterali.

Nel caso si debba realizzare il rinforzo della muratura residua si dovranno seguire le indicazioni riportate di cui al punto C8.5.6. Si ricorda che nel caso di placcaggio (betoncino armato) questo deve essere realizzato su ambedue le facce della parete. I placcaggi su un solo lato non sono, di norma, da considerarsi efficaci ai fini dell'incremento della rigidità del pannello murario.

### 1.4 Indicazioni dimensionali e costruttive

Si ritiene che siano da evitare i seguenti interventi:

- eliminazione totale di una parete portante o di controvento. Tale intervento può essere ammissibile se inquadrato all'interno di una verifica più ampia rispetto a quella del generico interpiano;
- apertura di porte o finestre nelle pareti che lascino una mazzetta muraria laterale residua inferiore a 50 cm (escluso lo spessore del muro ortogonale). Tale limitazione non si applica nel caso in cui la parete oggetto di rinforzo prosegua oltre il muro ortogonale

Con il mancato rispetto delle suddette indicazioni decade la possibilità di considerare l'intervento come "locale", fatto salvo eventuali obblighi derivanti da altre normative da valutarsi caso per caso.

Non sono ammissibili, all'interno della tipologia degli "interventi locali", i seguenti interventi:

- inserimento di cerchiature a cavallo nelle intersezione delle murature;
- inserimento dei montanti nello spessore dei muri trasversali (ovvero nell'incrocio murario)
- apertura di porte o finestre nelle pareti perimetrali esterne a distanza inferiore ad 1 m dall'angolo compreso lo spessore del muro trasversale.

Inoltre:

- lo "spostamento" di porte o finestre nell'ambito della stessa parete muraria (chiusura e riapertura adiacente del vano) sono da considerarsi ammissibili anche se occorre tener presente che è opportuno rispettare il più possibile l'allineamento verticale delle aperture anche nelle pareti interne all'edificio.

Il riallineamento di aperture può consentire la semplice realizzazione dell'architravatura; il disallineamento, di norma da evitare, comporta la realizzazione di opportuni provvedimenti di rinforzo.

- La chiusura di nicchie, vani porta, canne fumarie o finestre deve generalmente avvenire per tutto lo spessore e con materiali che ripristino la continuità strutturale. La nuova muratura deve essere convenientemente ammorsata ai lati e calzata a forza superiormente. La qualità e la tipologia della muratura devono essere compatibili con quelle della parete esistente.

Ai fini di valutare se un intervento che prevede la creazione di nuove aperture all'interno di un edificio in muratura sia da classificarsi come "intervento locale" oppure richieda verifiche di livello superiore, si può fare riferimento al seguente criterio:

- facendo riferimento alla "unità immobiliare" oggetto degli interventi, si valuta l'area della muratura resistente nelle due direzioni principali,  $A_{x1}$  e  $A_{y1}$ , nello stato attuale
- si valuta l'area di muratura resistente nelle due direzioni principali nello stato di progetto,  $A_{x2}$  e  $A_{y2}$  prescindendo dalle opere di rinforzo previste o già realizzate con precedenti interventi;
- se  $A_{x2}/A_{x1} > 85\%$  e  $A_{y2}/A_{y1} > 85\%$  l'intervento può essere considerato come locale, restando valide le indicazioni dimensionali e costruttive sopra indicate.

La nuova distribuzione delle aperture interne, oltre a prevedere idonee opere di rinforzo, deve essere tale da non alterare in modo sensibile la struttura resistente di piano ed il livello di regolarità della struttura.

## B. MANUALE D'USO

### B.1. GENERALITA'

**AC.M** è un **software di analisi strutturale** per il calcolo di aperture e cerchiature in murature portanti, **completo** di tutte le fasi di **introduzione dati, elaborazioni di calcolo, trattamento dei risultati** anche sotto forma di **post-elaborazioni grafiche**. AC.M colloquia con i programmi di CAD per la fase di restituzione dei disegni elaborati, e con i word-processor quali Microsoft Word per la compilazione della relazione di calcolo.

**Le principali caratteristiche di AC.M sono:**

#### **Dal punto di vista ingegneristico:**

- \* Per edifici in muratura sottoposti ad **interventi di apertura o di irrigidimento di vani** (porte, finestre, ecc.): consente il corretto dimensionamento di opere particolarmente delicate nell'ambito del consolidamento del patrimonio edilizio esistente.
- \* **Telai irrigidenti in Acciaio e in Cemento Armato**: per l'Acciaio, le sezioni vengono scelte nell'archivio di tutti i profili, già presente in dotazione al programma. Possibilità di specificare piedritti calastrellati, costituiti da angolari ancorati nella muratura. Per il Cemento Armato i momenti di snervamento, per la definizione delle forze orizzontali resistenti, vengono valutati con le formulazioni classiche della pressoflessione a stato limite ultimo.
- \* Tutti i parametri di calcolo sono coerenti con la **nuova Normativa tecnica** (D.M. 14.1.2008).
- \* **Analisi dei Carichi sull'architrave**, con distribuzione triangolare dell'influenza della muratura sovrastante. Possibilità di considerare carichi distribuiti e concentrati. **Verifica a resistenza e a deformabilità** dell'architrave. Verifica dei **giunti saldati**.
- \* Calcolo della cerchiatura in base all'equivalenza meccanica con la porzione di muratura eliminata.
- \* **Calcolo di una parete piena e/o forata**, nello Stato Attuale e nello Stato di Progetto, sottoposta a qualunque tipo di consolidamento meccanico, con determinazione del Diagramma Forza-Spostamento. Verifica strutturale in base a **rigidezza, resistenza e capacità di spostamento**. Le eventuali cerchiature presenti nella parete sono collegate alle singole cerchiature analizzate nel programma.
- \* E' così possibile, ad esempio nel caso di apertura in una parete muraria, verificare anzitutto la cerchiatura in sé; quindi, analizzare il comportamento dell'intera parete, prima e dopo l'intervento, assicurando le richieste di Normativa sugli Interventi in zona sismica.
- \* Conformemente al D.M. 14.1.2008, l'intervento viene classificato come **Riparazione locale o Miglioramento**, oppure viene evidenziata la necessità dell'Adeguamento sismico.

#### **Dal punto di vista informatico e gestionale:**

- \* **Visualizzazione interattiva dei risultati** del calcolo, in base ai dati: modificando qualsiasi dato, vengono aggiornate in tempo reale tutte le finestre di testo e grafiche sui risultati. *Immediata l'ottimizzazione dell'intervento con la scelta della migliore tipologia!*
- \* Tutte le **elaborazioni grafiche** sono parametrizzabili ed esportabili su dxf, compatibili con i programmi di CAD, e su bitmap: *semplicissimo corredare di disegni la Relazione di Calcolo!*
- \* **Relazione di calcolo** su files rtf, compatibile con word-processor (come Microsoft Word), già formattata e pronta per la stampa. Completa di descrizione dei metodi di calcolo utilizzati.
- \* **Guida in linea** completa di **Manuale d'uso** ed **Esempi Applicativi**, con numerose illustrazioni, consultabile con Adobe Acrobat Reader®.
- \* Come per tutti i software AEDES, **supporto tecnico su Internet**, al sito: **[www.aedes.it](http://www.aedes.it)**, dove apposite pagine sono dedicate alle **FAQ** (domande e risposte più frequenti).

#### B.1.1. AMBIENTE DI LAVORO

AC.M opera con una disposizione di finestre ottimizzata (nel seguito: disposizione preimpostata), che l'utente può comunque variare come preferisce. Come ogni altro programma progettato per il sistema operativo Windows, AC.M può essere aperto contemporaneamente ad altri software; pertanto l'effettivo aspetto dello schermo, nel corso dell'uso di AC.M, dipende dalla configurazione in quel momento determinata dall'utente.

Nella schermata preimpostata di AC.M, sotto al titolo e alla barra dei menu sono presenti:


- la **barra degli Strumenti**, che consente l'esecuzione rapida di molti dei comandi principali di AC.M;
- la **finestra Grafica Dati e la finestra Risultati** (in formato grafico o testuale);
- le **finestre di testo** per l'inserimento dei dati. Le finestre di testo sono le seguenti: **Progetto, Cerchiature, Pareti, Tabella Materiali** di riferimento. Ad esse si aggiunge la finestra **Relazione**, dove si visualizza il testo della relazione elaborata nella fase di Stampa, ed una finestra di testo dedicata dove si visualizzano i risultati in forma estesa. Queste finestre sono ognuna dotata di proprio menu.

Nei **menu**, di tipo grafico, ogni comando reca a lato - se disponibile - il corrispondente pulsante della barra degli strumenti, in modo da facilitare l'apprendimento del significato dei pulsanti grafici delle barre (l'utilizzo dei pulsanti grafici è infatti certamente la via più rapida di accesso ai diversi comandi). I menu sono dinamici, e si aggiornano contestualmente alla finestra corrente: ogni finestra infatti presenta il proprio gruppo di menu, inerenti le particolari funzionalità richieste durante l'attivazione della finestra stessa.

La 'finestra corrente' è la finestra attiva, cioè quella che riceve i comandi: il suo bordo del titolo appare in evidenza, mentre i bordi del titolo di tutte le altre finestre contemporaneamente aperte vengono posti in luminosità ridotta.

La finestra **Navigatore** - che in qualsiasi momento può essere aperta o chiusa, generando corrispondentemente il ridimensionamento delle altre finestre presenti - consente un accesso immediato alle varie sezioni del programma: la sequenza dei vari comandi rispetta l'ordine: "dati - risultati" e quindi costituisce un valido punto di riferimento per l'esplorazione delle varie funzionalità di AC.M corrispondenti alle fasi progressive del lavoro.

Nella schermata di AC.M è inoltre presente in basso la **barra dei messaggi di stato**, dove vengono riportati i riferimenti alle più significative operazioni svolte durante la sessione di lavoro con AC.M.

La **finestra principale è la finestra Progetto**: essa contiene i comandi fondamentali di creazione, apertura e salvataggio di solai, ed il comando di uscita dal programma. *Ogni sessione di AC.M inizia con l'attivazione della finestra Progetto*, e termina con la sua chiusura attraverso l'apposito comando Esci (CTRL + Q) del menu File, equivalente all'uso del pulsante grafico .

In AC.M vengono inoltre utilizzate **finestre di dialogo**, per richiedere l'inserimento dei dati necessari per continuare le operazioni, o per visualizzare informazioni. Questo tipo di finestre non è dotato di specifici menu.

- **Stampa su file rtf**, dove si selezionano i capitoli da stampare nella relazione di calcolo; si ricorda che AC.M non invia direttamente il testo di relazione alla stampante, ma crea un file (di tipo rtf) da gestire con word-processor;
- **Messaggi di errore**.

E' infine presente la finestra della **Guida in linea** che richiama files di Adobe Acrobat Reader®.

Una **finestra è 'aperta'** quando è stata chiamata e non è stata ancora chiusa.

La **finestra 'corrente'** è la finestra attiva (si dice anche che ha il fuoco), cioè quella che riceve i comandi: il suo bordo del titolo appare in evidenza, mentre i bordi del titolo di tutte le altre finestre contemporaneamente aperte vengono posti in luminosità ridotta.

I **dati** sono inseriti nelle rispettive finestre, attraverso l'inserimento nei campi (caselle di testo).

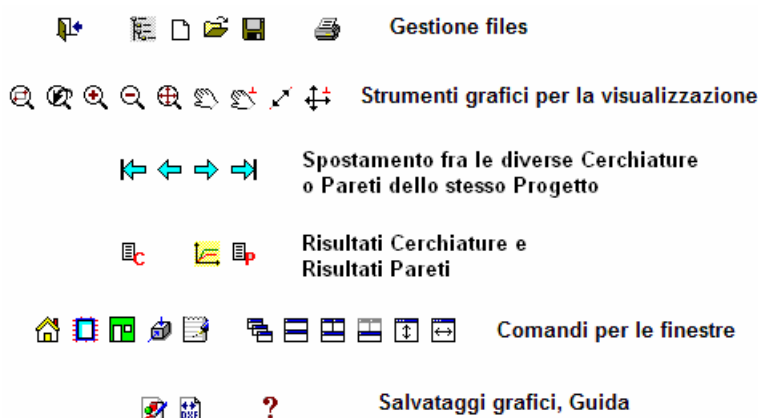
**Nelle finestre di testo Cerchiature e Pareti i dati sono organizzati in diverse schede**, visualizzabili selezionandone opportunamente il titolo corrispondente. In questo modo, i dati vengono raggruppati in insiemi specifici che consentono agevolmente le operazioni di inserimento e modifica.

Una simile organizzazione è presente nella finestra Risultati per la visualizzazione dei risultati stessi sotto forma di testo.

I **comandi** di AC.M vengono generalmente assegnati tramite i menu associati alle finestre. Ogni finestra ha il proprio gruppo di menu, inerenti le particolari funzionalità richieste durante l'attivazione della finestra stessa. Vi sono alcuni menu comuni a più finestre.

## B.2. FINESTRA PRINCIPALE

### B.2.1. BARRA DEGLI STRUMENTI



**Fig. B.2.1.** Barra degli strumenti

I comandi della barra degli strumenti corrispondono in generale ad altrettanti comandi di menu.

**Esci** = il pulsante (equivalente al corrispondente comando del menu File) costituisce l'unica via per la chiusura della sessione corrente di AC.M (i classici pulsanti di chiusura sono disattivati sia nella finestra principale sia nella finestra Progetto).

**Apri/Chiudi Navigatore** = apre o chiude, alternativamente, la finestra Navigatore contenente l'albero dei comandi. Quando il Navigatore è aperto, il pulsante si presenta premuto. Le operazioni di apertura e chiusura del Navigatore comportano il ridimensionamento delle finestre aperte.

**Nuovo progetto**, **Apri progetto**, **Salva progetto** = è possibile aprire e salvare files in formato standard di AC.M (estensione .acm), in uno dei seguenti percorsi:  
*Aedes2012\Acm\Progetti* = destinato a contenere i progetti dell'Utente;  
*Aedes2012\Acm\Es-Apprendi* = preinstallato da AC.M con gli esempi di apprendimento all'uso.  
 Per salvare o archiviare progetti in altri percorsi, si potrà gestire i files di ogni singolo progetto (files e sottocartella di *\Aedes2012\Acm\Progetti* avente il nome del progetto stesso) mediante 'Esplora Risorse' di Windows.

**Stampa** = apre la finestra di dialogo per le impostazioni di stampa, finalizzata alla creazione della Relazione di Calcolo. AC.M non esegue stampe dirette sull'hardware collegato alla macchina, ma opera creando il file .rtf che può poi essere gestito con i normali word-processor (quali Microsoft © Word).

**Zoom:** **Finestra**, **Precedente**, **+** : **Ingrandisci**, **-** : **Riduci**,

**Tutto: Ottimizza** = comandi di zoom. Le operazioni di zoom + e zoom - (ingrandimento e riduzione) possono essere eseguite agevolmente anche con la rotellina del mouse.


**Pan:** **Spostamento**, **Ortogonale** = comandi di pan (panoramica).


**Distanza:** tra punti qualsiasi e Ortogonale.

**Primo**, **Precedente**, **Successivo**, **Ultimo** = i pulsanti freccia spostano alla prima cerchiatura (se è attiva la finestra Cerchiature) o parete (se è attiva la finestra Pareti), alla precedente, alla successiva o all'ultima del gruppo definito per il progetto corrente. Per un progetto è infatti possibile definire 1 o più Cerchiature, e 1 o più Pareti (dati in input nella finestra Progetto).

I risultati dell'analisi sono visualizzabili nelle seguenti modalità:

 Testo dei **risultati dell'analisi della cerchiatura**, organizzati nelle schede: Rigidezza, Deformabilità, Resistenza, Giunti saldati.

 **Diagramma Forza-Spostamento** (curva di capacità della parete complessiva)


 Testo dei **risultati dell'analisi della parete**, organizzati nelle schede Statica, Sismica: Coefficienti di Sicurezza, Stato Attuale, Stato di Progetto, Equivalenza.



#### Finestra:


 **Progetto**,  **Cerchiature**,  **Pareti**,  **Tabella Materiali**,


 **Grafica Dati**,  **Risultati**,  **Relazione**



= aprono le corrispondenti finestre. Corrispondono ai comandi del menu Finestra. Le finestre possono in alternativa essere aperte direttamente dai pulsanti grafici della finestra Progetto.



Il comando  che restituisce il fuoco alla **finestra Progetto**, è frequentemente utilizzato, dal momento che la finestra Progetto contiene tutti i principali comandi di gestione dei files (apertura, salvataggio, impostazioni varie) e dell'ambiente (ad esempio, la chiusura di AC.M).


 **Sovrapponi**,  **Affianca** = ridispongono le finestre secondo i comandi standard di Windows.

 **Disponi tutte le finestre** = ricompone dimensioni e posizioni delle finestre aperte secondo lo schema predefinito di AC.M (le due finestre Grafica e Risultati in alto, rispettivamente a sinistra e a destra, le finestre testuali dei dati in basso).

 **Disponi singola finestra** = torna alle dimensioni predefinite della finestra corrente.


 **Cambia altezza finestra**,  **Cambia larghezza finestra** = aumentano o riducono rispettivamente l'altezza e la larghezza della finestra, spostandone anche la posizione. Per ognuno dei due comandi, eseguendolo più volte, i tre assetti della finestra da esso consentiti vengono applicati in modo ciclico.

 **Salva su file BMP**,  **Salva su file dxf** = i comandi consentono l'output dell'immagine mostrata nella finestra Grafica su file bitmap o vettoriale.

 **Guida** = Apre il Manuale di AC.M. Tutti i documenti riguardanti AC.M possono essere direttamente aperti dai corrispondenti comandi dei menu Manuali e Normativa della finestra Progetto.

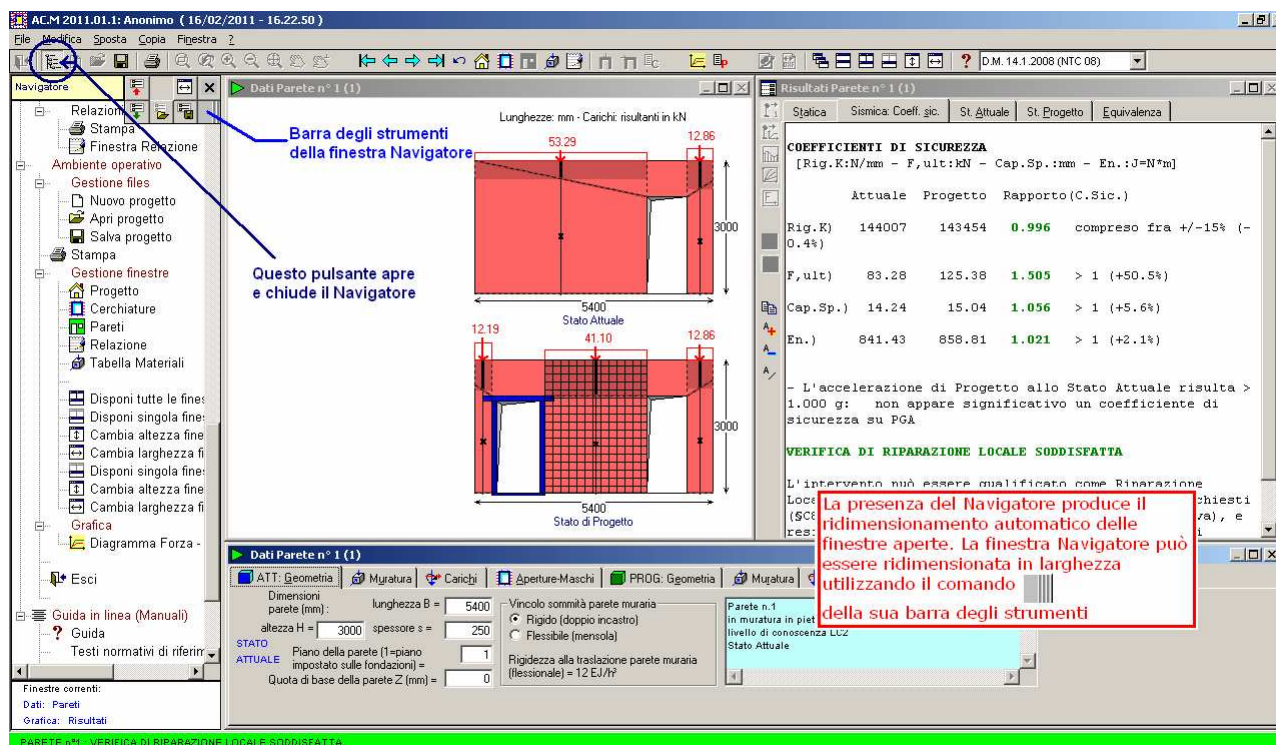


## B.2.2. NAVIGATORE

Il comando  della barra strumenti superiore apre / chiude la finestra Navigatore, consistente nell'**albero dei comandi** del programma. I comandi sono presentati in ordine logico, corrispondente alle diverse fasi successive di analisi di un progetto; i rami principali dell'albero sono i seguenti:

- Dati: Progetto, Cerchiature, Pareti
- Dati: Carichi
- Dati: Parametri di calcolo
- Risultati (verifiche e coefficienti di sicurezza)
- Ambiente operativo
- Gestione files
- Gestione finestre
- Grafica
- Guida in linea (Manuali)




I comandi recano a lato, se prevista, l'icona rappresentativa, in coerenza con le icone delle barre degli strumenti e dei menu.





**Fig. B.2.2.** Finestra Navigatore (albero dei comandi)

La barra degli strumenti del Navigatore appare in modo completo solo quando il mouse si sposta sopra di essa; i suoi comandi sono i seguenti:

 **Comprimi Navigatore**,  **Espandi Navigatore** = modificano con un unico comando l'elenco dell'albero: la compressione riduce l'albero ai soli rami principali; l'espansione apre invece tutti i comandi.

Agendo sui tasti , è ovviamente possibile modificare i comandi elencati, aprendo () e chiudendo () i diversi rami.

 **Carica personalizzazione** = reimposta il Navigatore caricando l'elenco personalizzato, precedentemente salvato con 'Salva personalizzazione'.

 **Salva personalizzazione** = salva la configurazione corrente dell'elenco del Navigatore, per un eventuale successivo caricamento secondo la reimpostazione dell'albero personalizzata.



**Cambia larghezza Navigatore** = cambia automaticamente la larghezza del Navigatore, reimpostandola su valori predefiniti. L'Utente può modificare a piacere la larghezza della finestra Navigatore utilizzando il pulsante 'Trascinamento'; l'altezza è invece fissa ed occupa lo spazio destinato alle finestre di AC.M.



**Chiudi Navigatore**



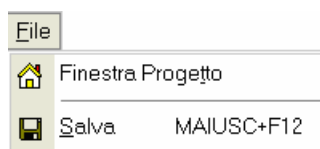
**Trascinare per ridimensionare** = il pulsante consente l'operazione di ridimensionamento in larghezza.




## B.2.3. COMANDI COMUNI


### B.2.3.1. Menu FILE

Il menu File si presenta in formato esteso nella finestra Progetto, a cui si rimanda per la descrizione completa dei comandi. Nelle altre finestre, il menu si compone di due comandi:



**Fig. B.2.3.** Menu File

il primo restituisce il fuoco alla finestra Progetto, che contiene i principali comandi di gestione dei files (apertura, salvataggio, impostazioni varie); alla finestra Progetto si accede direttamente anche dal comando  della barra strumenti.

Il secondo comando consente il salvataggio dei dati correnti senza la necessità di tornare alla finestra Progetto; l'operazione di salvataggio viene comunque effettuata in modo diretto tramite il pulsante  della barra strumenti.

### B.2.3.2. Menu FINESTRA

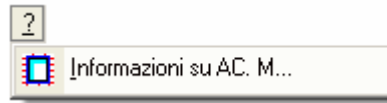


**Fig. B.2.4.** Menu Finestra

I comandi aprono le corrispondenti finestre. I tasti di scelta rapida costituiscono una valida alternativa alla selezione del comando di menu o al clic sul corrispondente pulsante della barra strumenti laterale destra: ad esempio, CTRL+H apre direttamente la finestra Cerchiature.

### B.2.3.3. Menu ?


Il menu ? si presenta esteso nella finestra Progetto, cui si rimanda per la descrizione completa dei comandi.



**Fig. B.2.5.** Menu ?

Il comando 'Informazioni su AC.M', comune fra le varie finestre, fornisce il numero di abilitazione hardware o software (tale codice può essere richiesto dalla AEDES per lo svolgimento del servizio di assistenza), mentre il comando 'Informazioni su Windows' (accessibile dalla finestra Progetto) fornisce il riconoscimento del sistema operativo utilizzato. I manuali della Guida di AC.M, forniti su files pdf, vengono aperti attraverso i comandi appositi dei menu Manuali e Normativa della finestra Progetto.

## B.3. FINESTRA PROGETTO

La **finestra Progetto** contiene i comandi fondamentali di creazione, apertura e salvataggio di progetti, ed il comando di uscita dal programma. *Ogni sessione di AC.M inizia con l'attivazione della finestra Progetto*, e termina con la sua chiusura tramite il comando Esci (CTRL + Q) del menu File, equivalente all'uso del pulsante grafico .

**AC.M 2012 è installato nella cartella (obbligatoria) \Aedes2012\Acm**, mentre i **Progetti** dell'Utente vengono **archiviati**, in un formato proprio del programma, **nella sottocartella \Aedes2012\Acm\Progetti**

Per un Progetto di nome 'NomeProgetto', AC.M crea inoltre due sottocartelle:  
 \Aedes2012\Acm\Servizio\NomeProgetto  
 all'interno della quale vengono collocati files temporanei ad uso interno di AC.M, e  
**\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output**  
**contenente i files di testo (rtf) e grafici (dxf e bmp) elaborati da AC.M per lo specifico progetto.**

Analogamente alla cartella \Progetti, è presente un'altra cartella dedicata agli esempi forniti in dotazione a AC.M:

\Es-Apprendi, contenente esempi di apprendimento.

La cartella \Aedes2012\Servizio è normalmente utilizzata soltanto durante la sessione di lavoro con AC.M; l'assenza di questa cartella non interferisce con il normale funzionamento del programma: AC.M infatti provvede da solo alla sua creazione quando necessario.

Nel seguito, per 'archivio' si intende un Progetto salvato nel formato AC.M nel percorso:

\Aedes2012\Acm\Progetti

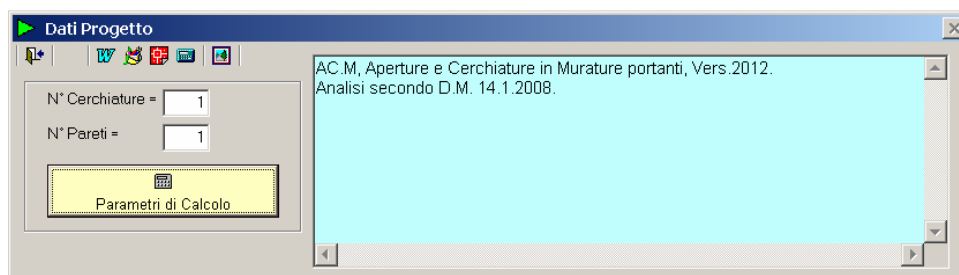
Il nome dell'archivio (o equivalentemente: del Progetto) è riportato nella barra del titolo, in alto sullo schermo, accanto al nome del programma.

Le operazioni di archiviazione (o salvataggio), di apertura di archivi esistenti e di creazione di nuovi archivi, vengono effettuate da AC.M attraverso i comandi del menu File della finestra Progetto.

Dai comandi del menu File è possibile, inoltre, elaborare la relazione di calcolo.

### B.3.1. Dati PROGETTO

In AC.M, per '**Progetto**' si intende la struttura all'interno della quale sono definite le cerchiature e le pareti sottoposte a calcolo. **Più cerchiature e/o più pareti** possono quindi appartenere ad uno stesso progetto, ad esempio nel caso di un intervento articolato su diverse zone di un edificio. Per preimpostazione, almeno una cerchiatura ed una parete saranno presenti nei dati.



**Fig. B.3.1.** Finestra Progetto

**N° Cerchiature** = numero di cerchiature da analizzare presenti nel progetto.

**N° Pareti** = numero di pareti da analizzare presenti nel progetto.

**Commento** = Testo opzionale associato al progetto, allo scopo di identificarne le caratteristiche.

**Parametri di Calcolo** = pulsante di comando, equivalente al comando 'Parametri di Calcolo' del menu Esegui, che apre una finestra dedicata all'inserimento e alla modifica dei parametri generali e sismici dell'edificio.

### B.3.1.1. PARAMETRI DI CALCOLO

I Parametri di Calcolo sono organizzati in due schede: parametri Generali e parametri Sismici.



**Attenzione** I dati dei Parametri di Calcolo sono di fatto superflui nei confronti delle verifiche qualificabili come **'Riparazione locale'**, verifiche nelle quali ciò che conta è il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale in termini di rigidezza, forza ultima e capacità di spostamento, grandezze direttamente ricavate dalle curve di capacità della singola parete ai due stati pre e post intervento (diagrammi automaticamente costruiti dall'elaborazione di AC.M). Tale confronto è a tutti gli effetti indipendente dalla zona sismica di ubicazione dell'edificio dove è collocata la parete oggetto di analisi.

Se però l'intervento non rientra nell'ambito della **'Riparazione o intervento locale'**, ma deve essere inquadrato come **'Intervento di Miglioramento'**, all'analisi della parete deve essere affiancata una verifica della struttura nel suo insieme (cfr. p. A.2).

A parte il caso di impalcato rigido sovrastante la parete, dove è necessaria un'analisi complessiva del modello spaziale dell'edificio per tenere conto della redistribuzione delle azioni dovuta al cambiamento delle rigidzze, nel caso di **impalcato deformabile** sovrastante la parete (molto frequente negli edifici esistenti), si può considerare che la variazione locale di rigidezza abbia un effetto limitato sul comportamento strutturale globale: la ripartizione delle azioni sismiche infatti avviene non in base alle rigidzze ma alle masse locali. In tal caso, pertanto, la verifica **'globale'** può intendersi soddisfatta con la sola analisi della parete, senza studiare lo schema globale, ma prendendo in considerazione anche la verifica in base all'accelerazione al suolo PGA sostenibile allo stato limite ultimo (=capacità in termini di PGA:  $PGA_{CLV}$  = Capacità allo stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita).

Ciò rispetta infatti quanto previsto dal D.M. 14.1.2008 in §8.7.5 (è richiesta la determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU). La verifica consiste non tanto nel confronto diretto con la domanda in termini di PGA allo Stato di Progetto (cioè la PGA da soddisfare per un intervento di Adeguamento), quanto nel rapporto tra  $PGA_{CLV}$  allo Stato di Progetto e  $PGA_{CLV}$  allo Stato Attuale.

Per condurre tale verifica è quindi necessario definire i dati sismici dell'edificio, e a tal fine sono predisposte le finestre dei Parametri di Calcolo.

Per il calcolo corretto della capacità in termini di PGA occorre inoltre tenere conto della **posizione in elevazione della parete**. Infatti: quando la parete è posta ad un livello soprastante il piano di imposta sulle fondazioni (in pratica: quando la parete appartiene ad un piano maggiore del piano 1 di calcolo), l'accelerazione sismica che riceve alla sua base è generalmente amplificata rispetto all'accelerazione al suolo (cfr. p. A.3.2). Per valutare tale amplificazione sono necessari due dati: il numero di piani e l'altezza complessiva dell'edificio rispetto alle fondazioni, dati che consentono la stima del periodo proprio e del coefficiente di partecipazione, se non noti da uno studio complessivo dell'edificio. ■

## Scheda GENERALI

**Parametri di Calcolo**

**Generali | Sismica**

**Dati Edificio**

Numero di piani dell'edificio N =

Per il coefficiente di partecipazione modale 'gamma' [§C8A.4.2.3] può essere adottato il valore semplificato in base al numero di piani N (vd. a lato):  $\gamma = 3N / (2N+1)$

Altezza complessiva della struttura rispetto alla fondazione [§C8A.4.2.3] H (m) =

H viene utilizzata per il calcolo della funzione  $\psi(Z) = (Z/H)$  che descrive in modo approssimato il primo modo di vibrazione.

Per il periodo proprio T1 dell'intera struttura può essere adottato il valore semplificato secondo §7.3.3.2 (vd. a lato):  $T = 0.050 * H^{0.75}$

**Vita Nominale, Classi d'Uso, Periodo di riferimento [§2.4]**

Vita Nominale V,N (anni) =  Classe d'uso:

Coefficiente d'uso C,U = 1.0

Periodo di riferimento per l'azione sismica (anni):  $V,R = V,N * C,U = 50$

**Per Analisi Sismica [§C8A.4.2.3]**

Gamma (coeff. part. modale)

Gamma predef. =  $3N / (2N+1) = 1.000$

Gamma: valore di calcolo =

Primo periodo di vibrazione T1 (sec)

T1 predef. =  $0.050 * H^{0.75} = 0.114 \text{ sec}$

T1: valore di calcolo (sec) =

**Fig. B.3.2.** Parametri di Calcolo: Sismica

### > Dati Edificio

**Numero piani dell'edificio.** numero totale di piani di calcolo dell'edificio all'interno del quale sono poste le pareti oggetto di analisi. Il numero di piani considera anche il piano terreno (o comunque il piano impostato sulle fondazioni). Un edificio con piano terreno e piano primo, ad esempio, è costituito da 2 piani di calcolo ( $N^{\circ}$  piani edificio = 2).

Per il coefficiente di partecipazione modale 'gamma' [§C8A.4.2.3] può essere adottato il valore semplificato in base al numero di piani N:  $\gamma = 3N / (2N+1)$ .

**Altezza complessiva della struttura** rispetto alla fondazione [§C8A.4.2.3] H (m):

Si tratta dell'altezza sismica dell'edificio (normalmente, l'altezza in gronda). La quota di base di una parete analizzata per il progetto non potrà essere superiore all'altezza sismica dell'edificio.

H viene utilizzata per il calcolo della funzione  $\psi(Z) = \psi(Z) = (Z/H)$  che descrive in modo approssimato il primo modo di vibrazione.

Per il periodo proprio T1 dell'intera struttura può essere adottato il valore semplificato secondo §7.3.3.2.

### > Vita Nominale, Classi d'Uso, Periodo di riferimento [§2.4]

Vita Nominale V,N (anni)

Classe d'uso (1=I,2=II,3=III,4=IV), da cui segue il Coefficiente d'uso C,U e il periodo di riferimento per l'azione sismica  $V,R = V,N * C,U$

### > Per Analisi Sismica [§C8A.4.2.3]

**Coeff. part. modale** Gamma, **Primo periodo** di vibrazione T1 (sec)

## Scheda SISMICA

**Parametri di Calcolo**

Generali | **Sismica**

**Determinazione dell'Azione Sismica**

**1. Pericolosità sismica:**  
Coordinate geografiche del sito (nel sistema ED50, utilizzato da INGV per il reticolo), in gradi decimali:  
Longitudine =  Latitudine =

**Tipo di interpolazione**  
☐ Media ponderata: [3], §All.A  
☒ Superficie rigata [§CA]

WGS84 <--> ED50 ...

Tab.2, All.B:

TR (anni)	a.g (g)	F.o	TC* (sec)
30	0.044	2.549	0.240
50	0.054	2.560	0.254
72	0.062	2.570	0.260
101	0.072	2.546	0.265
140	0.081	2.542	0.269
201	0.093	2.532	0.275
475	0.126	2.527	0.285
975	0.164	2.472	0.285
2475	0.213	2.505	0.296

**2. P,VR %:** Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V,R per ciascun Stato Limite (Tab. 3.2.I):

Stati limite	P,VR (%)
SLE: SLO	81
SLE: SLD	63
SLU: SLV	10
SLU: SLC	5

V,R (anni) = 50  
T,R = -V,R / ln(1-P,VR)

**3. Valori dei parametri a.g, F.o, TC\* per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno Stato Limite, e: S,S, C,C, S, TB, TC, TD, F,v [§3.2.3]:**

Stati	Limite	TR (anni)	a.g (g)	F.o	TC* (sec)	S,S	C,C	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)	F,v
SLE	SLO	30	0.044	2.549	0.240	1.000	1.000	1.000	0.080	0.240	1.776	0.722
SLE	SLD	50	0.054	2.560	0.254	1.000	1.000	1.000	0.085	0.254	1.816	0.803
SLU	SLV	475	0.126	2.527	0.285	1.000	1.000	1.000	0.095	0.285	2.104	1.211
SLU	SLC	975	0.164	2.472	0.285	1.000	1.000	1.000	0.095	0.285	2.256	1.351

Categoria di sottosuolo:  h/H (h= quota sito, H=altezza rilievo topografico) (0<=h/H<=1) =  (§3.2.3.2.1: ST=1.00)  
 Categoria topografica:  Coefficiente di amplificazione topografica S,T =

S,S da micro-zonazione sismica: ☐

**Definizione di PGA**  
☒ acc. su roccia (come a.g)  
☐ a.g\*S (S=S,S \* S,T)

Reimpostazione parametri dipendenti Tab.3: ☐ Reimpostazione automatica Tab.3

Legenda Parametri (modifiche: in confronto ai valori definiti dai criteri del DM 14.1.2008):  
☐ indipendenti ☐ modificati ☐ modificabili, ma non modificati ☐ non modificabili

Fig. B.3.3. Parametri di Calcolo: Sismica

### > Determinazione dell'Azione Sismica

**Individuazione del sito: Longitudine e Latitudine ED50** (gradi sessadecimali)

**Tipo di interpolazione**

**1** = media ponderata §All.A,[3]

**2** = superficie rigata §CA

**Tab.2, All.B**

**0** = località non in Tab.2,All.B

**1-20** = isola (località posta in Tab.2,All.B), con la seguente convenzione:

1=Arcipelago Toscano, 2=Isole Egadi, 3=Pantelleria, 4=Sardegna, 5=Lampedusa, 6=Linos, 7=Ponza, 8=Palmarola, 9=Zannone, 10=Ventotene, 11=Santo Stefano, 12=Ustica, 13=Tremi, 14=Alicudi, 15=Filicudi, 16=Panarea, 17=Stromboli, 18=Lipari, 19=Vulcano, 20=Salina

**Valori dei parametri ag (\*g), Fo, TC\*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento:**

NTC08, §All.B: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica

Per il sito di ubicazione della struttura, vengono specificati i valori di ag, Fo, TC\* per i periodi di riferimento: (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni).

**P,VR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR §3.2.1**

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) le azioni sismiche dipendono dalla corrispondente probabilità P di superamento nel periodo di riferimento VR.

**Valori dei parametri ag, Fo, TC\* e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascuno Stato Limite §3.2**

Per ognuno dei 4 stati limite di riferimento (SLO, SLD, SLV, SLC) vengono definiti TR (anni), ag (\*g), Fo,

TC\* e S, TB, TC, TD (periodi in sec.)



**Nota bene** Le verifiche di sicurezza in analisi sismica condotte in AC.M si riferiscono al solo Stato Limite Ultimo SLV. I dati riguardanti gli altri stati limite vengono comunque specificati per completezza dei parametri sismici di progetto. La limitazione delle verifiche al solo SLV è conforme a quanto strettamente richiesto dalla Normativa vigente: §C8A.4.2.3: "(...) Nel caso di meccanismi locali [che possono essere nel piano e fuori piano, cfr. §C8A.4], lo stato limite Stato limite di danno corrisponde all'insorgere di fessurazioni che non interessano l'intera struttura ma solo una sua parte; pertanto nel caso di edifici esistenti in muratura, anche in considerazione delle giustificate esigenze di conservazione, pur essendo auspicabile il soddisfacimento di questo stato limite, la sua verifica non è richiesta." Queste indicazioni sono normalmente applicate a elementi murari esaminati con analisi cinematica (meccanismi di collasso); per analogia, possono essere estesi anche alle pareti analizzate localmente (sedi di intervento di consolidamento con eventuali cerchiature), in quanto l'analisi sismica condotta con metodo non lineare (che produce la curva di capacità) individua le condizioni ultime della struttura per via statica, determinando la massima forza staticamente ammissibile (che, come noto, è coincidente con la minima forza cinematicamente ammissibile). ■

**Categoria di sottosuolo (1=A,2=B,3=C,4=D,5=E)** §3.2.2

**Categoria topografica (1=T1,2=T2,3=T3,4=T4)** §3.2.2

**Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico** §3.2.2

**Coefficiente di amplificazione topografica ST** §3.2.3.1

**Microzonazione sismica**

**Definizione di PGA:** la PGA (accelerazione orizzontale di picco al suolo), finalizzata a definire l'accelerazione sismica sostenibile dalla costruzione, può essere riferita al suolo rigido (roccia) oppure tenere conto degli effetti locali del sito attraverso il fattore di suolo S:

**1** = acc. su roccia (come a,g)

**2** = a,g\*S (S=S<sub>1</sub>,S<sub>2</sub>,T)

### B.3.2. BARRA DEGLI STRUMENTI DELLA FINESTRA PROGETTO



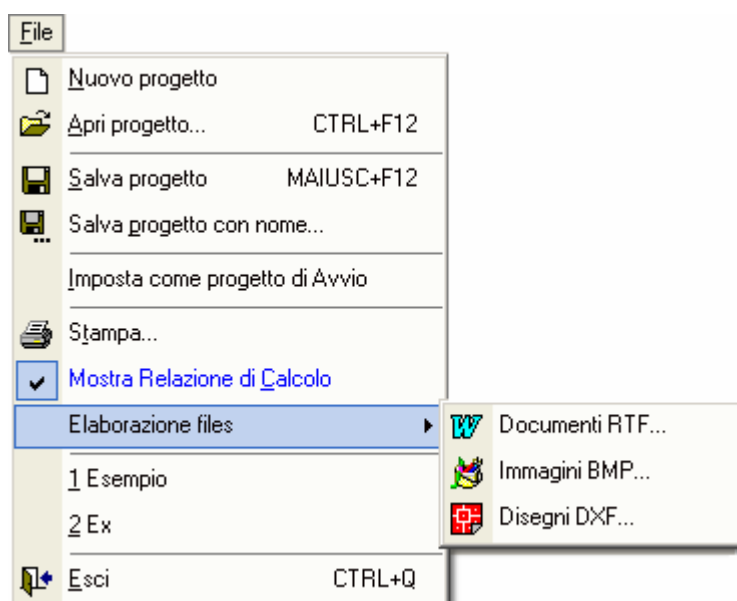
**Esci** = il pulsante (equivalente al corrispondente comando del menu File) costituisce l'unica via per la chiusura della sessione corrente di AC.M (i classici pulsanti di chiusura sono disattivati sia nella finestra principale sia nella finestra Progetto).

**Elaborazione files:** **rtf**, **bmp**, **dxf** = equivalgono ai corrispondenti comandi del menu File.

**Calcolatrice** = apre la calcolatrice di Windows.

**Finestra Galleria** = apre la finestra Galleria.

### B.3.3. Menu FILE



**Fig. B.3.4.** Finestra Progetto: menu File

Le operazioni di archiviazione (o salvataggio), di apertura di archivi esistenti e di creazione di nuovi Progetti, vengono effettuate da AC.M attraverso i comandi del Menu File. Dai comandi del Menu File è possibile, inoltre, elaborare e stampare la relazione di calcolo.

**Nuovo** = Reinizializza i dati correnti, impostando la creazione di un nuovo Progetto.

**Apri** = Apre un archivio esistente, localizzato nella cartella determinata dalla selezione effettuata su uno dei due gruppi di archivi possibili: progetti personali dell'Utente, progetti di esempio per l'apprendimento (in dotazione di AC.M).

Alle due selezioni competono due percorsi di ubicazione degli archivi distinti; rispettivamente:

`\Aedes2012\Acm\Progetti`

`\Aedes2012\Acm\Es-Apprendi`

Per preimpostazione, viene fatto riferimento agli archivi posti in `\Aedes2012\Acm\Progetti`.

**Salva** = Salva il Progetto corrente, di nome 'NomeProgetto', con nome del file: NomeProgetto.acm, posto nella cartella del gruppo di archivi selezionato: per default, `\Aedes2012\Acm\Progetti`.

Il formato *acm* del file dati prevede l'archiviazione di tutti i dati collegati al Progetto.

Pur essendo il formato *acm* in caratteri ASCII e quindi editabile, non si dovrebbero modificare i dati direttamente con un editor ASCII: le sequenze di formattazione (spazi e ritorni a capo interposti fra i valori dei dati) potrebbero essere alterate con successiva impossibilità di corretta riapertura in AC.M.

Il comando Salva del menu File è presente anche in altre finestre di AC.M in modo da consentire il salvataggio dei dati correnti direttamente, senza l'obbligo di attivare la finestra Progetto.

**Salva con nome** = Richiede il nome del Progetto prima di archivarlo. Consente di salvare il Progetto corrente con un altro nome, creando quindi un altro archivio. Effettuato il salvataggio con il nome specificato, questo è il nome che viene assunto come corrente.

**Imposta come progetto di Avvio** = il progetto corrente verrà aperto automaticamente all'avvio delle successive sessioni di lavoro con AC.M. Scegliendo 'Nuovo progetto', e subito dopo 'Imposta come progetto di Avvio', viene ripristinata la configurazione di progetto anonimo all'atto dell'apertura di AC.M.

**Stampa** = Apre la finestra di dialogo dei Parametri di Stampa, dove si selezionano i dati e/o i risultati che saranno utilizzati per comporre la relazione di calcolo attraverso la stampa su file rtf:



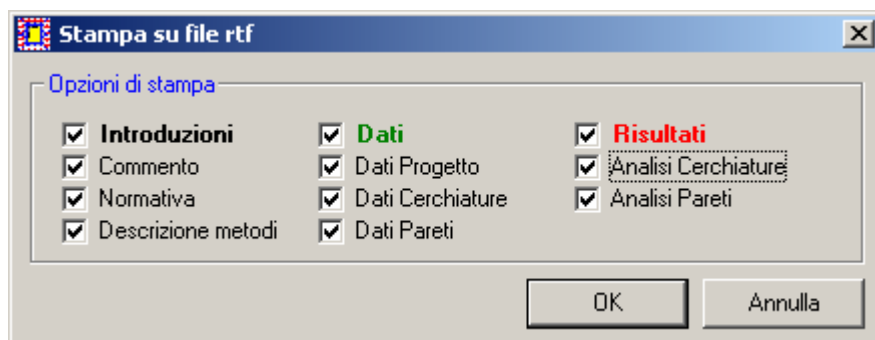




Fig. B.3.5. Stampa su file rtf

**In AC.M il calcolo delle cerchiature e delle pareti viene eseguito interattivamente** durante la visualizzazione della corrispondente finestra: occorre quindi aprire tale finestra per rendere disponibili in modo completo i risultati. Inoltre, nel caso di più cerchiature o più pareti, saranno disponibili per la stampa soltanto i risultati degli elementi che sono stati visualizzati: quindi, per ottenere una stampa completa, è necessario aprire la finestra Cerchiature e la finestra Pareti, e per ognuna delle due scorrere tutti gli elementi del Progetto corrente (usando i comandi del menu Sposta oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti:  Precedente,  Successivo ).



Confermando con OK, verrà proposto il nome del file contenente la relazione (normalmente *Relaz*, modificabile a piacere), che verrà scritto in `\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output`). Confermando ancora con OK, avrà inizio la fase di scrittura del file, terminata la quale sarà possibile visualizzarne il contenuto attraverso la finestra Relazione (attivabile dal comando del menu Finestra).

Il testo di un file rtf contiene già le formattazioni atte alla efficace presentazione del documento: ad esempio, grassetti e sottolineature, tipi di carattere, ecc. ed è quindi particolarmente orientato ad una rapida gestione della visualizzazione e della stampa dei dati e dei risultati. Ovviamente, l'utente può effettuare sul testo, all'interno del word-processor, tutte le variazioni di stili e proprietà che desidera.

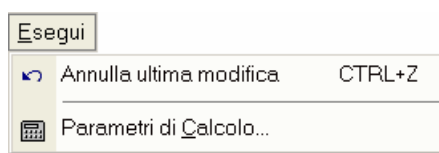
**Mostra Relazione di Calcolo** = Se attivato, consentirà - al termine dell'operazione di stampa - di visualizzare automaticamente la finestra Relazione senza necessità di invocarla dal menu Finestra.

**Elaborazione files** = propone l'apertura diretta del word-processor, di Paint o del programma di CAD a cui sono automaticamente associate le estensioni *.rtf*, *.bmp*, *.dxf* (rispettivamente) sul file compatibile presente nella cartella di output del progetto corrente (`\Aedes2012\Acm\Progetti\NomeProgetto\Output`). Il comando può non avere effetto qualora l'associazione dell'estensione dei files a Windows non sia stata eseguita, oppure non sia attivabile a causa di protezioni o impostazioni interne del sistema operativo. In tal caso, i files potranno essere comunque gestiti direttamente nella cartella di output del progetto.

In fondo ai comandi del menu File è riportata la **lista dei files recenti**, in numero non superiore a 4 (l'ordine, da 1 a 4, va dal più recente al più vecchio: i più vecchi scalano verso il basso). Viene invocata ad ogni apertura valida di files, ed anche ad ogni salvataggio con nuovo nome.

Il comando di menu: **Esci** (o equivalentemente il pulsante  della barra degli strumenti della finestra Progetto) costituisce l'unica via per la chiusura della sessione corrente di AC.M (i classici pulsanti di chiusura sono disattivati sia nella finestra principale sia nella finestra Progetto). L'uscita attraverso il comando di menu richiede sempre la conferma; l'uscita attraverso il pulsante grafico  è invece immediata, qualora ovviamente non vi siano modifiche in corso che richiedano il salvataggio della struttura corrente.

### B.3.4. Menu ESEGUI



**Fig. B.3.6.** Finestra Progetto: menu Esegui

Il menu Esegui della finestra Progetto consente l'annullamento dell'ultima modifica effettuata, e l'apertura della finestra dei Parametri di Calcolo (alternativa al corrispondente pulsante di comando della finestra Progetto stessa).

Il comando '**Annulla**' consente il recupero della sola ultima struttura precedente quella corrente; AC.M 2012 non gestisce annullamenti e recuperi multipli.

### B.3.5. Menu OPZIONI



**Fig. B.3.7.** Finestra Progetto: menu Opzioni

Il menu Opzioni della finestra Progetto consente l'attivazione o meno della **barra degli Strumenti**, nella sua forma completa o ridotta (completa se è attivato il corrispondente comando di menu).

**Calcolatrice** = apre la calcolatrice di Windows.

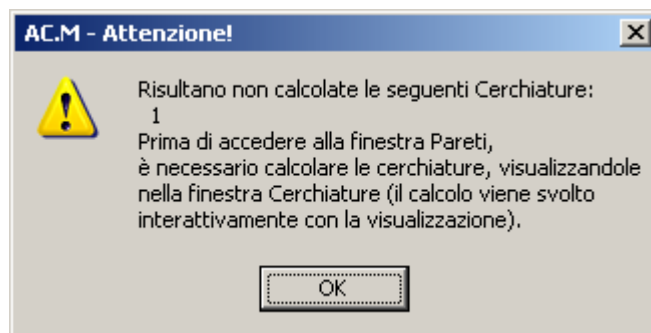
**Finestra Galleria** = apre la finestra Galleria.

**Avvio rapido** = imposta o rimuove l'Avvio rapido all'inizio della sessione successiva. In caso di Avvio rapido, viene saltata la fase di visualizzazione estesa del logo e dei messaggi iniziali di avvio sessione.

## B.4. ESECUZIONE DEI CALCOLI

In AC.M, i calcoli vengono **eseguiti interattivamente in tempo reale**: ogni modifica dei dati produce un immediato aggiornamento del disegno dei dati stessi (finestra Grafica) e dei risultati mostrati nella finestra Risultati sotto forma di testo. Sia i dati, sia i risultati si riferiscono alla finestra Cerchiature o alla finestra Pareti, a seconda di quale sia correntemente attiva. Quando ha il fuoco la finestra Progetto, i dati si riferiscono alla Cerchiatura e i risultati possono non essere presenti (i risultati si aggiornano automaticamente aprendo la finestra Cerchiature o la finestra Pareti).

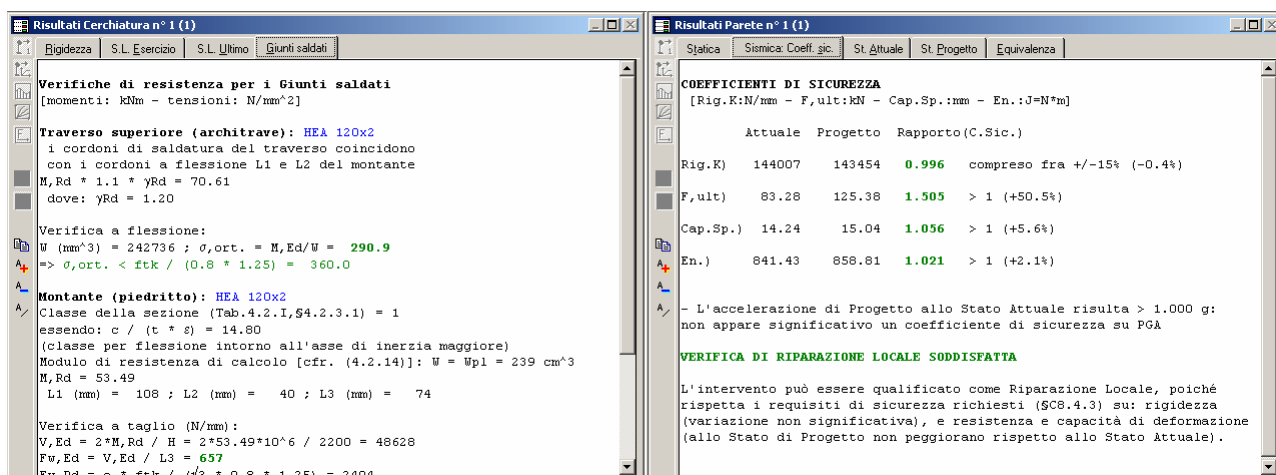
La finestra Pareti richiede necessariamente la precedente apertura della finestra Cerchiature: in caso contrario, compare la segnalazione illustrata in fig. B.4.1.



**Fig. B.4.1.** Gerarchia di apertura delle finestre Cerchiature e Pareti

Data l'interattività del calcolo, non sono presenti comandi specifici di menu atti all'avvio dell'esecuzione dei calcoli. AC.M è autocorrettivo, nel senso che dati numerici non coerenti fra loro oppure fuori dai limiti significativi vengono automaticamente scartati.

Tuttavia, nel caso che alcune combinazioni non possano produrre risultati significativi, questi vengono posti uguali a zero o comunque, attraverso opportuni messaggi, ne viene evidenziata l'erroneità. La scelta di adeguati **parametri di calcolo**, ad esempio per definire i limiti di deformabilità della freccia dell'architrave della Cerchiatura, viene effettuata attraverso le schede dati delle finestre Cerchiature e Pareti.







**Fig. B.4.2.** Esecuzione dei calcoli: finestra Risultati per le Cerchiature (a sinistra) e per le Pareti (a destra)

Una **verifica soddisfatta** viene evidenziata in verde nella barra dei messaggi (in fondo alla schermata) e nel colore dei risultati delle varie schede; nel caso di verifica non soddisfatta, il colore verde è sostituito dal rosso.

## B.5. FINESTRA CERCHIATURE

### B.5.1. Dati CERCHIATURE

I dati Cerchiature si possono riferire, per un progetto, a una o più cerchiature analizzate per il progetto corrispondente. Nel titolo della finestra viene indicata la **cerchiatura corrente**, della quale vengono mostrati i dati.

Attraverso i comandi del menu Sposta (oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti:  Prima,  Precedente,  Successiva,  Ultima), è possibile visualizzare le altre cerchiature presenti nel progetto corrente; i comandi del menu Modifica consentono invece l'aggiunta o l'eliminazione di altre cerchiature. I dati Cerchiature comprendono anche **aperture semplicemente architravate**: tali configurazioni vengono riconosciute dalla selezione dell'apposita opzione presente nella scheda 'Geometria e Vincoli'.

#### B.5.1.1. Scheda GEOMETRIA E VINCOLI

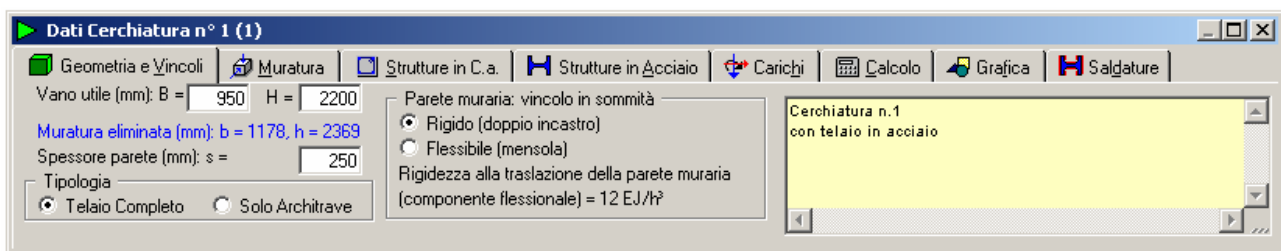


Fig. B.5.1. Finestra Cerchiature: scheda Geometria e Vincoli

**Vano utile B, H** = dimensioni del vano utile dell'apertura. L'inserimento o modifica di questi dati determina l'aggiornamento delle dimensioni del corrispondente pannello di muratura eliminato: queste vengono determinate automaticamente in base all'occupazione fisica del telaio di cerchiatura, e pertanto risultano maggiori delle dimensioni del vano utile. Modificando questi dati, anche i dati delle Pareti che contengono aperture collegate alle cerchiature vengono automaticamente aggiornati (analoga funzionalità automatica è disponibile per le altre modifiche dei dati sulle cerchiature, ad esempio riguardanti le sezioni dei montanti e dei traversi).

**Spessore parete** = spessore della parete muraria oggetto d'intervento.

**Tipologia: Telaio Completo o Solo Architrave** = l'opzione 'Solo Architrave' deve essere selezionata qualora l'analisi si riferisca non ad un telaio completo di cerchiatura ma soltanto ad una architrave.

**Parete muraria: vincolo in sommità** = tipo di vincolamento della parete. Si distinguono due casi notevoli: rigido (doppio incastro) e flessibile (mensola), che determinano rispettivamente un valore della componente flessionale di rigidezza alla traslazione pari a 12 e 3.

Per il **telaio di cerchiatura** inserito all'interno della parete, AC.M procede nel seguente modo:

- il traverso superiore (architrave) viene sempre considerato infinitamente rigido (traslazione 'solidale' con le strutture sovrastanti); ne consegue che in sommità ai piedritti è sempre ipotizzabile un vincolo di incastro;
- per il traverso inferiore, il tipo di vincolo viene definito nella scheda 'Calcolo' (vd. oltre), e può essere una cerniera, un incastro perfetto (nel senso che viene caratterizzato da un momento resistente pari a quello della sezione trasversale del montante) o un incastro con momento resistente minore di quello del montante.

**Commento** = Testo opzionale associato alla cerchiatura corrente, allo scopo di identificarne le caratteristiche.

### B.5.1.2. Scheda MURATURA

**Dati Cerchiatura n° 1 (1)**

Geometria e Vincoli | **Muratura** | Strutture in C.a. | Strutture in Acciaio | Carichi | Calcolo | Grafica | Saldature

Tipologia (da Tabella Materiali):

14) (NTC 08) 6-LC 2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce


Mod. elasticità (N/mm<sup>2</sup>): E = 1500 G = 500

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00

**Fig. B.5.2.** Finestra Cerchiature: scheda Muratura

**Tipologia** = numero e descrizione di identificazione del tipo di materiale per la parete muraria entro cui è inserita la cerchiatura. Collega il materiale della parete muraria ai dati inseriti nella Tabella dei Materiali. *Per compatibilità con Tabelle Materiali di altri software della AEDES, per predefinitone, si ha: 1. Cemento Armato; 2. Acciaio.* Tutti i tipi successivi si riferiscono invece a murature. **In AC.M i tipi 1 e 2 non hanno quindi significato, poiché la parete entro cui è inserita la cerchiatura deve essere in muratura; pertanto ne viene impedita la selezione.**

La scelta di una tipologia determina i corrispondenti valori dei **parametri rappresentativi del materiale**: moduli di elasticità di Young E e tangenziale G; peso specifico. Tali valori sono comunque singolarmente modificabili nelle caselle di testo corrispondenti.

 **Nota bene** Questi parametri sul materiale murario compaiono nella finestra Cerchiature ai fini dei calcoli strettamente relativi alla cerchiatura stessa, e più precisamente per la verifica di rigidezza in confronto al pannello murario rimosso. Non sono quindi necessari, in questo contesto, i parametri di resistenza ( $\tau_0$ ,  $f_m$ ). Per quanto riguarda la verifica della parete in cui la cerchiatura è inserita, nella finestra Pareti saranno specificati in dettaglio i parametri dei materiali, diversificati tra Stato Attuale e Stato di Progetto, contenenti anche le resistenze (a taglio e a compressione), indispensabili per l'analisi statica e sismica della parete. ■

Come per ogni altra modifica dei dati, selezionando dalla casella a discesa un particolare tipo di muratura (anche semplicemente **scorrendo le tipologie elencate**), **i risultati vengono automaticamente aggiornati.**

### B.5.1.3. Scheda STRUTTURE IN C.A.

**Dati Cerchiatura n° 1 (1)**

Geometria e Vincoli | Muratura | **Strutture in C.a.** | Strutture in Acciaio | Carichi | Calcolo | Grafica | Saldature

Calcestruzzo: C25/30 (Rok30) ☐ Architrave ☐ Piedritto ☐ Traverso inf.

Dimensioni sezioni: "d x s" (s=spessore parete), e Armature (As = A's):

d (mm) = 250 As=A's = n° 2  $\phi$  16 Staffe:  $\phi$  8 l 200 Appoggio arch. oltre pilastro (mm) = 200

E = 31476 N/mm<sup>2</sup> G = 12590 N/mm<sup>2</sup> Acciaio: B450C

**Fig. B.5.3.** Finestra Cerchiature: scheda Strutture in c.a.

Questa scheda consente la specifica di elementi in c.a. nel telaio di cerchiatura. Selezionando la corrispondente opzione, può essere qualificata in c.a. l'architrave (traverso superiore), il piedritto (o montante), il traverso inferiore. Se il materiale non è c.a., viene automaticamente posto in acciaio. Le diverse combinazioni consentono quindi la specifica in AC.M di telai di cerchiatura misti (ad esempio con montanti in c.a. e architrave in acciaio).

**Tipo di calcestruzzo** = tipo di calcestruzzo secondo la classificazione delle più recenti Normative tecniche (§4.1. D.M.14.1.2008). L'acciaio per c.a. è sempre considerato di tipo B450C.

**Appoggio architrave oltre pilastro** = lunghezza di appoggio entro la muratura.

**Dimensioni sezioni: "d x s" (s=spessore parete), e Armature ( $A_s = A's$ )** = caratteristiche di: architrave, piedritto e traverso inferiore. La **sezione** ha dimensione ortogonale al piano medio della parete sempre pari allo spessore della parete stessa.

L'**armatura** è ritenuta comunque simmetrica (armatura tesa = armatura compressa).

Il **copriferro** utilizzato nel calcolo è assunto automaticamente pari a:

2 cm. di copriferro reale + diametro della staffa + metà diametro dell'armatura longitudinale.

Il **coefficiente di omogeneizzazione** è assunto per default pari a 15.

#### B.5.1.4. Scheda STRUTTURE IN ACCIAIO

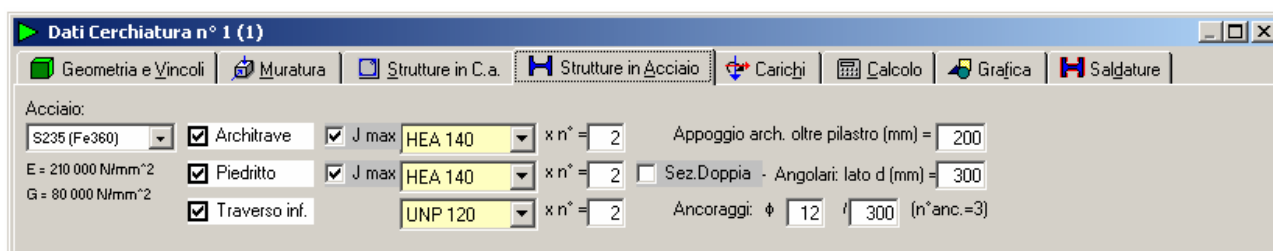


Fig. B.5.4. Finestra Cerchiature: scheda Strutture in acciaio

Questa scheda consente la specifica di elementi in acciaio nel telaio di cerchiatura. Selezionando la corrispondente opzione, può essere qualificata in acciaio l'architrave (traverso superiore), il piedritto (o montante), il traverso inferiore. Se il materiale non è acciaio, viene automaticamente posto in c.a. Le diverse combinazioni consentono quindi la specifica in AC.M di telai di cerchiatura misti (ad esempio con montanti in c.a. e architrave in acciaio).

**Tipo di acciaio** = tipo di acciaio secondo la classificazione delle più recenti Normative tecniche (§11.3.4.1. D.M.14.1.2008).

**Architrave** = tipo di profilo costituente l'architrave. Nel caso di piedritto composto da più profili affiancati, il tipo si riferisce ovviamente al singolo profilo; il numero a lato indica quanti profili sono affiancati (1 nel caso di unico profilo).

La casella a discesa consente di accedere all'elenco di tutti i profili in acciaio disponibili in AC.M.

Per un'architrave sono **accettabili i seguenti tipi di profilo: HE, IPE, UNP**. HE, IPE e UNP possono essere orientati nel verso Jmax o Jmin a seconda che l'anima o le ali siano parallele al piano medio della parete; normalmente si utilizza il verso Jmax per un miglior sfruttamento della sezione. E' comunque possibile operare la scelta sul verso selezionando o deselezionando l'opzione **Jmax** a lato.

Per l'architrave si può specificare, nell'apposito parametro, la **lunghezza di appoggio oltre il pilastro**, entro la muratura.

**Piedritto (o montante)** = tipo di profilo costituente il piedritto. Nel caso di piedritto composto da più profili affiancati, il tipo si riferisce ovviamente al singolo profilo; il numero a lato indica quanti profili sono affiancati (1 nel caso di unico profilo).

Può aversi inoltre il caso di **sezione doppia**: in tal caso, la sezione del piedritto (costituita da uno o più profili affiancati) viene raddoppiata lungo la direzione del piano della parete; ciò consente, ad esempio, di accoppiare due profili in modo da incrementarne notevolmente la rigidità.

La casella a discesa consente di accedere all'elenco di tutti i profili in acciaio disponibili in AC.M.

Per un piedritto sono **accettabili i seguenti tipi di profilo: HE, IPE, L**. HE e IPE possono essere orientati nel verso Jmax o Jmin a seconda che l'anima o le ali siano parallele al piano medio della parete; normalmente si utilizza il verso Jmax per un miglior sfruttamento della rigidità del telaio. E' comunque possibile operare la scelta sul verso selezionando o deselezionando l'opzione **Jmax** a lato.

La scelta del profilo **L** definisce un **pilastro calastrellato con 4 angolari**, posti tra loro alla distanza indicata a lato, sulla destra dall'apposito parametro (che nei casi di altri profili non ha ovviamente significato). In AC.M gli angolari vengono ritenuti collegati da calastrelli disposti a interasse non superiore a 500 mm., e di larghezza 100 mm.: questa scelta ha unicamente influenza sulle rappresentazioni grafiche (i calastrelli non sono sottoposti a calcoli specifici).

**Traverso inferiore** = tipo di profilo costituente il traverso inferiore. Nel caso di traverso composto da più profili affiancati, il tipo si riferisce ovviamente al singolo profilo; il numero a lato indica quanti profili sono

affiancati (1 nel caso di unico profilo).

La casella a discesa consente di accedere all'elenco di tutti i profili in acciaio disponibili in AC.M.

Per un traverso inferiore sono **accettabili i seguenti tipi di profilo: HE, IPE, UNP, Piatto**. HE e IPE vengono automaticamente orientati nel verso Jmax (con l'anima in verticale); UNP nel verso a Jmin (con l'anima in orizzontale, quindi con funzione di 'bordatura' della muratura sottostante). Per il traverso inferiore si possono specificare, negli appositi parametri, **diametro e passo degli ancoraggi**, che lo collegano alla muratura sottostante. Nella rappresentazione grafica dei dati delle Pareti, i traversi inferiori di cerchiature inserite nelle Pareti vengono disegnati sotto al bordo inferiore della parete, ad intendere che il loro alloggiamento avviene al di sotto dell'altezza utile dell'apertura che nel caso di una porta è misurata a partire dalla base inferiore della parete.

### B.5.1.5. Scheda CARICHI

**Dati Cerchiatura n° 1 (1)**

Geometria e Vincoli | Muratura | Strutture in C.a. | Strutture in Acciaio | **Carichi** | Calcolo | Grafica | Saldature

☒ Carico triangolare su architrave da muratura sovrastante

Distribuito 'q' (kN/m) = 19.25    posizione verticale h(q) (mm) = 0    limite d'influenza (mm) = 1020

Concentrato P (kN) = 0.00    posizione verticale h(P) (mm) = 0    limite d'influenza (mm) = 1270

posizione orizzontale x(P) (mm) = 0    limite d'influenza (mm) = +/-589  
(x = 0 in corrispondenza della mezzera dell'architrave)

Fig. B.5.5. Finestra Cerchiature: scheda Carichi

Nella scheda Carichi vengono specificati i carichi agenti sull'architrave del telaio di cerchiatura, distinti in **Distribuito** 'q' e **Concentrato** 'P'. Il carico distribuito può provenire da un solaio impostato superiormente all'architrave e/o da muratura sovrastante.

**Posizione verticale** di 'q' e 'P' e **orizzontale** di 'P' individuano i punti di applicazione dei carichi.

I **limiti d'influenza** dipendono dalla geometria dell'architrave, e sono calcolati secondo le modalità descritte nella Teoria [6].

Nella scheda Carichi è anche possibile specificare l'influenza o meno del **carico triangolare di muratura sovrastante l'architrave**. Per aperture con rilevanti altezze di muratura sovrastanti, è consigliabile attivare questa opzione, mentre ad esempio nei casi di aperture sotto o quasi alla sommità della parete muraria (cioè sotto solaio) ovviamente non è fisicamente presente questo carico. In ogni caso, attraverso la specifica del carico distribuito è possibile definire compiutamente il carico agente sull'architrave prescindendo dal triangolo di muratura sovrastante.

### B.5.1.6. Scheda CALCOLO

**Dati Cerchiatura n° 1 (1)**

Geometria e Vincoli | Muratura | Strutture in C.a. | Strutture in Acciaio | Carichi | **Calcolo** | Grafica | Saldature

☐ Vincolo agli estremi dell'architrave: semincastro (se non selezionato, si considera doppiamente appoggiata)

☒ Luce netta (se non selezionato: luce=muratura rimossa)

Freccia limite: 1/ 500    luce = 950/500 = 1.900 mm.

☒ Ignora confronto di Rigidezza fra telaio di cerchiatura e corrispondente muratura rimossa

Vincolo alla base dei montanti

☐ Cerniera ( $K=3 EJ/h^3$ )

☒ Incastro perfetto ( $K=12 EJ/h^3$ ):  $M_{r,base}=M_{r,mont}=47.45 \text{ kNm}$

☐ Incastro, con  $M_{r,base} < M_{r,mont}=47.45 \text{ kNm}$ :

$M_{r,base} \text{ (kNm)} = 0.00$

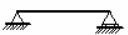
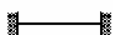

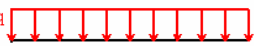
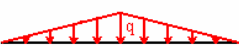
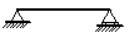
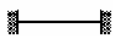



Fig. B.5.6. Finestra Cerchiature: scheda Calcolo

Nella scheda Calcolo vengono selezionati alcuni parametri di calcolo significativi per l'analisi della cerchiatura.

- **Vincolo agli estremi dell'architrave: semincastro** (se non selezionato, si considera doppiamente appoggiata): questa opzione consente la riduzione della freccia e del momento flettente teorici per effetto di un certo grado di incastro agli appoggi. L'analisi su schema di trave doppiamente appoggiata può essere infatti eccessivamente penalizzante nei confronti delle verifiche di deformabilità e di resistenza.



In AC.M il semincastro prevede l'applicazione di un fattore riduttivo a freccia e momento flettente, stimato come 'medio' fra i due casi limite di trave doppiamente appoggiata e doppiamente incastrata. Più in dettaglio, si devono considerare deformazioni e sollecitazioni competenti ai vari tipi di carico previsti. In fig. B.5.7. si riportano i valori corrispondenti ai due schemi limite e i valori 'medi'.

Freccia			Valore medio	Fattore riduzione
	$P l^3 / 48 E J = (4 / 192) P l^3 / E J$	$P l^3 / 192 E J$	$(2.5 / 192) P l^3 / E J$	$2.5 / 4 = 0.5$
	$(5 / 384) q l^4 / E J$	$(1 / 384) q l^4 / E J$	$(3 / 384) q l^4 / E J$	$3 / 5 = 0.6$
	$q l^4 / 120 E J = (32 / 3840) q l^4 / E J$	$(7 / 3840) q l^4 / E J$	$(19.5 / 3840) q l^4 / E J$	$19.5 / 32 = 0.61$
Momento flettente			Valore medio	Fattore riduzione
	$P l / 4 = (2 / 8) P l$	$P l / 8$	$(1.5 / 8) P l$	$1.5 / 2 = 0.75$
	$q l^2 / 8 = (3 / 24) q l^2$	$q l^2 / 12 = (2 / 24) q l^2$	$(2.5 / 24) q l^2$	$2.5 / 3 = 0.8$
	$q l^2 / 12 = (8 / 96) q l^2$	$q l^2 / 32 = (3 / 96) q l^2$	$(5.5 / 96) q l^2$	$5.5 / 8 = 0.6875$

**Fig. B.5.7.** Fattori riduttivi per frecce e momenti nel caso di semincastro

A favore di sicurezza, si adottano i seguenti fattori di riduzione: 0.50 per la freccia, 0.80 per il momento. Per la sollecitazione tagliante agli appoggi si fa comunque riferimento allo schema di trave doppiamente appoggiata.

- **Luce netta** (se non selezionato: luce=muratura rimossa): selezionando la luce netta, deformazione e sollecitazioni vengono calcolati con riferimento ad una luce minore rispetto alla larghezza del pannello di muratura eliminato.

- **Ignora confronto di Rigidezza** fra telaio di cerchiatura e corrispondente muratura rimossa = se attivato, significa che viene ignorato il confronto tra rigidezza alla traslazione del telaio di cerchiatura e rigidezza del pannello murario tolto. Deselezionando l'opzione, viene riportato il risultato in termini di confronto, ma comunque esso non viene considerato ai fini delle verifiche di sicurezza. Si osservi infatti che, dal punto di vista della rigidezza, la verifica della parete globale è sempre più corretta della verifica della cerchiatura in sé, perché anziché limitarsi al pannello murario tolto si estende a tutta la parete dove è ubicata la cerchiatura.

- **Vincolo alla base dei montanti** = è possibile scegliere una delle seguenti tre opzioni:

(1) Cerniera ( $K=3 \text{ EJ/h}^3$ )

(2) Incastro perfetto ( $K=12 \text{ EJ/h}^3$ ):  $M_{r,base}=M_{r,mont}$ .

(3) Incastro, con  $M_{r,base} < M_{r,mont}$ . Per questa opzione (3), deve essere specificato il momento resistente alla base:  $M_{r,base}$ , che sarà stato a parte calcolato in base alle caratteristiche attribuite al dispositivo di ancoraggio alla base del telaio di cerchiatura.

Come noto dalla Teoria (cfr. p. A.3.3), alle diverse opzioni corrispondono i seguenti valori per i parametri che definiscono il comportamento elastoplastico dei montanti:

**(1) la rigidezza alla traslazione vale  $3 \text{ EJ/h}^3$**  (comportamento tipo 'mensola', con nodo libero di ruotare alla base). Il nodo di ancoraggio alla base si suppone che non possa garantire alcuna resistenza flessionale. Può trattarsi del caso di un piatto metallico alla base; più in generale, tuttavia, una pur minima resistenza a flessione sarà disponibile: in tal caso, appare più idonea la scelta dell'opzione (3).

**(2) Il vincolo di ancoraggio è talmente efficace** da garantire la trasmissione alla 'fondazione' della cerchiatura del momento resistente del montante. Lo schema di doppio incastro, sotto azioni orizzontali in sommità del telaio, prevederà ad un certo punto la plasticizzazione contemporanea delle sezioni di



base e di sommità; il diagramma di comportamento del montante è quindi bilineare con tratto iniziale inclinato e successivo tratto orizzontale. Ovviamente, la realizzazione del vincolo di incastro di base dovrà essere garantita in cantiere (condizione generalmente problematica).

**(3) Il vincolo di ancoraggio è assimilabile ad un incastro** per sollecitazioni statiche o sismiche sotto azioni orizzontali 'contenute'. Sotto forze orizzontali crescenti, dopo un iniziale comportamento a doppio incastro, viene raggiunto il momento resistente di ancoraggio; segue quindi un comportamento a mensola, finché viene attinto il momento resistente in sommità. La rigidità iniziale vale, come nel caso (2),  $12 EJ/h^3$ , mentre il diagramma di comportamento del montante è di tipo trilineare. **Questa opzione interpreta nel modo più efficace la realtà dei telai di cerchiatura**, in quanto consente la specifica dell'effettivo momento resistente di ancoraggio che è possibile garantire alla base del montante. Per conseguenza, la curva di capacità rappresentativa del comportamento elastoplastico della parete muraria in cui il telaio è inserito sarà aderente alla situazione reale e permetterà di studiare in modo più appropriato l'intervento di consolidamento.

### B.5.1.7. Scheda GRAFICA

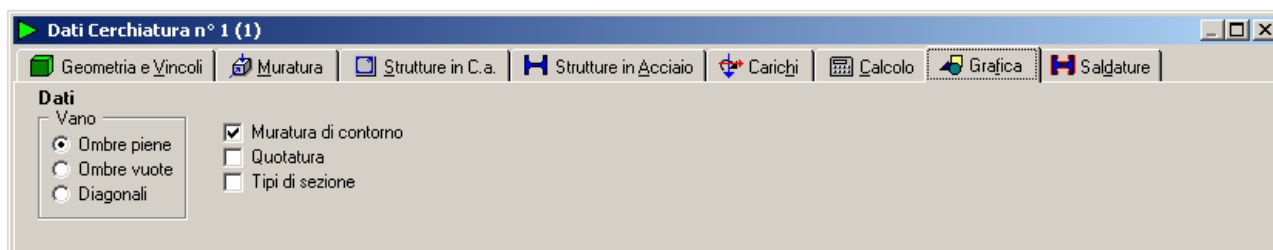


Fig. B.5.8. Finestra Cerchiature: scheda Grafica

Nella scheda Grafica vengono selezionati parametri di rappresentazione grafica dei dati.

La selezione dei comandi ha effetto immediato nei disegni rappresentati nelle finestre grafiche. Poiché l'**output su file DXF** riproduce fedelmente quanto visualizzato nella finestra grafica corrente, selezionare preventivamente questi parametri per determinare le caratteristiche del disegno in output (ad esempio, per ottenere un disegno su DXF quotato occorre che l'opzione 'Quotatura' sia attivata).

### B.5.1.8. Scheda SALDATURE

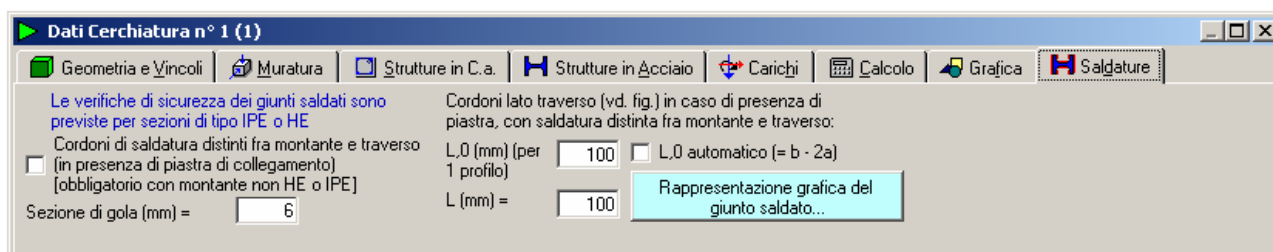
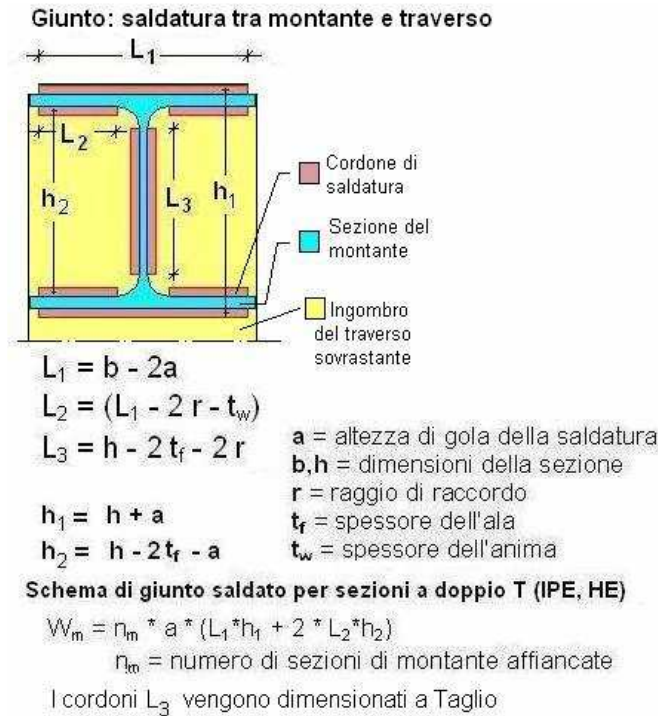


Fig. B.5.9. Finestra Cerchiature: scheda Saldature

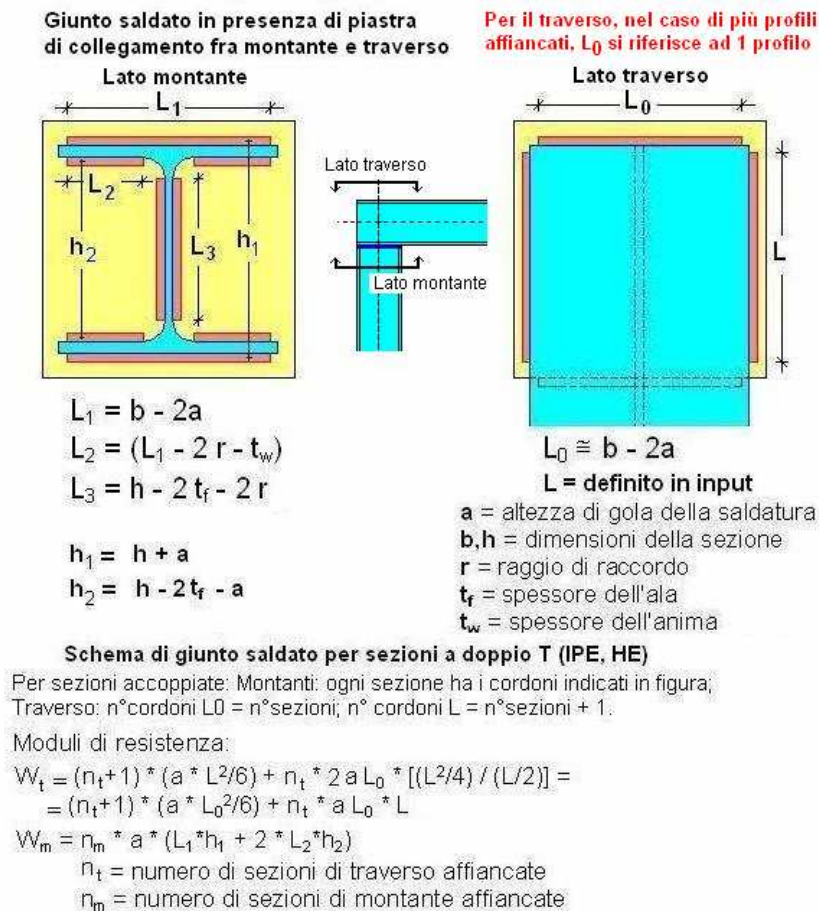
Le verifiche di sicurezza dei giunti saldati sono previste per sezioni di tipo IPE o HE.

I cordoni di saldatura possono essere o meno distinti fra montante e traverso (in presenza di piastra di collegamento) [la piastra è obbligatoria con montante non HE o IPE]. Le figure B.5.10 e B.5.11 illustrano i due casi alternativi.

Il collegamento diretto fra montante e architrave (fig. B.5.10) è tipico dell'utilizzo della medesima sezione per il montante e per l'architrave. Più in generale, le dimensioni della sezione dell'architrave possono differire da quelle del montante in modo tale da dover interporre una piastra per garantire il vincolo di continuità fra le membrature (fig. B.5.11).

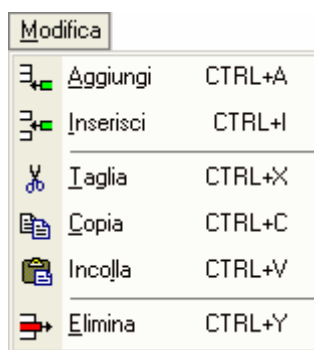


**Fig. B.5.10.** Schema di giunto saldato per collegamento diretto fra montante e architrave



**Fig. B.5.11.** Schema di giunto saldato in presenza di piastra interposta fra montante e architrave

### B.5.2. Menu MODIFICA



**Fig. B.5.12.** Finestra Cerchiature: menu Modifica

I comandi di aggiunta o inserimento pongono in linea una nuova cerchiatura, i cui dati vengono preimpostati da AC.M: essi ovviamente verranno modificati dall'Utente in base al caso analizzato.

**Aggiungi** = Aggiunge una cerchiatura per il Progetto analizzato, facendola divenire la cerchiatura corrente.

**Inserisci** = Inserisce una cerchiatura nella posizione corrente, scalando quindi di uno verso il basso la numerazione di tutte le Cerchiature ad essa successive.

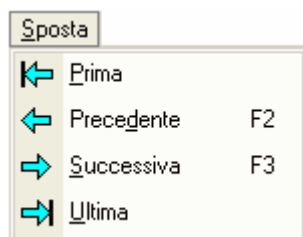
**Taglia** = Elimina la cerchiatura corrente, ponendola in memoria.

**Copia** = Pone in memoria la cerchiatura corrente.

**Incolla** = Incolla la cerchiatura presente in memoria. Utilizzando Copia e Incolla, associati a Inserisci o Aggiungi, è possibile spostare dati di Cerchiature, anche fra edifici diversi.

**Elimina** = Elimina la cerchiatura corrente, senza porla in memoria.

### B.5.3. Menu SPOSTA



**Fig. B.5.13.** Finestra Cerchiature: menu Sposta

Il menu Sposta consente lo spostamento alla cerchiatura successiva o precedente rispetto a quella visualizzata, cambiando quindi la cerchiatura corrente. Se nel Progetto è presente una sola cerchiatura, ovviamente questo menu risulta ininfluente.

E' possibile scorrere le diverse Cerchiature utilizzando i tasti di scelta rapida F2, F3.

In alternativa, possono essere utilizzati i pulsanti della Barra degli Strumenti:

← Prima, ← Precedente, → Successiva, → Ultima.




### B.5.4. Menu COPIA

Il menu Copia consente di copiare la cerchiatura successiva o precedente in quella corrente. Se nel Progetto è presente una sola cerchiatura, ovviamente questo menu risulta ininfluente.

## B.6. FINESTRA PARETI

### B.6.1. Dati PARETI

I dati Pareti si possono riferire, per un progetto, a una o più pareti analizzate per il progetto corrispondente. Nel titolo della finestra viene indicata la **parete corrente**, della quale vengono mostrati i dati.

Attraverso i comandi del menu Sposta (oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti:  Prima,  Successiva,  Ultima), è possibile visualizzare le altre pareti presenti nel progetto corrente; i comandi del menu Modifica consentono invece l'aggiunta o l'eliminazione di altre pareti. Come per le Cerchiature, anche per le Pareti i dati sono organizzati in schede. **Le schede Geometria, Muratura, Carichi, Aperture-Maschi sono distinte per lo Stato Attuale e per lo Stato di Progetto; le schede Calcolo e Grafica sono invece univoche.**

Per i dati Pareti, si considerano due Stati: Attuale e di Progetto, il cui confronto determina l'esecuzione dei calcoli di verifica di sicurezza.

Nei paragrafi seguenti, nelle figure sono riportate le schede corrispondenti allo Stato Attuale; le schede dello Stato di Progetto presentano in aggiunta il pulsante di comando: "**Copia Stato Attuale**" per unificare immediatamente i valore dei parametri della scheda visualizzata a quelli corrispondenti dello Stato Attuale.

#### B.6.1.1. Scheda GEOMETRIA

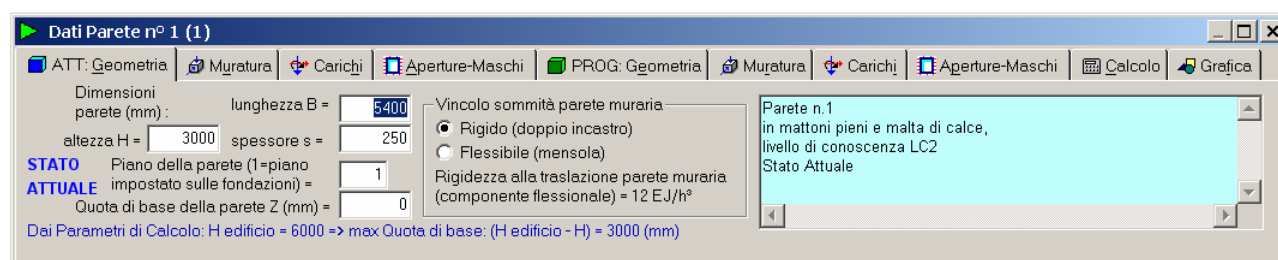


Fig. B.6.1. Finestra Pareti: Stato Attuale: scheda Geometria

**Dimensioni parete B, H, s** = dimensioni globali della parete. La parete può essere piena oppure contenere fori definiti dalla scheda Aperture.

Lo **spessore** si riferisce alla parete nel suo complesso. Per schematizzare pareti aventi spessore variabile, occorre modificare lo spessore dei maschi murari costituenti la parete nella finestra 'Maschi murari' apribile dalla scheda Aperture-Maschi.

Spesso, tuttavia, nel caso di una discontinuità di spessore in una parete esistente sottoposta ad intervento, si opera distinguendo due pareti, a causa delle possibili zone d'innescio di lesione in corrispondenza della variazione di spessore che verrebbero comunque a determinare un comportamento statico indipendente delle due parti. Come ulteriore alternativa, si può scegliere uno spessore medio. Per quanto riguarda l'**altezza**, nel caso di pareti formate da maschi murari aventi altezze diverse, occorre specificare - in questo dato H, riguardante la parete 'globale' - il valore massimo, in quanto nei parametri della finestra 'Maschi murari' sarà possibile specificare soltanto altezze minori o uguali rispetto all'altezza H della parete globale.

Il **Piano della parete** è il piano dell'edificio a cui si trova la parete. Per piano 1 si intende il piano terreno o più in generale il piano che si imposta sulle fondazioni. Il piano che nel linguaggio corrente, ad esempio, viene denominato 'piano primo' è quindi il piano 2 di calcolo (1=terreno, 2=piano primo). Questo stesso criterio determina il numero di piani dell'edificio inserito nei Dati Progetto (vd. p. B.3.1.1).

La **Quota di base** è l'altezza della base della parete rispetto alla quota di inizio delle azioni sismiche (quota di fondazione). Essa non può essere superiore ad una quota pari all'altezza dell'edificio (specificata nei Parametri di Calcolo, scheda Generali: vd. dati Progetto) meno l'altezza della parete stessa (calcolata come la minore fra l'altezza della parete allo Stato Attuale e l'altezza allo Stato di Progetto: quasi sempre esse sono uguali, ma viene considerata la minore poiché è possibile specificare altezze diverse tra i due Stati). Un'opportuna etichetta, posta in basso nella scheda, evidenzia l'altezza dell'edificio ed il valore limite che può assumere la Quota di base coerentemente con i dati in input correnti.

**Vincolo in sommità della parete muraria** = tipo di vincolamento della parete. Si distinguono due casi

notevoli: rigido (doppio incastro) e flessibile (mensola), che determinano rispettivamente un valore della componente flessionale di rigidezza alla traslazione pari a 12 e 3. Il tipo di vincolo verrà applicato a tutti i maschi murari costituenti la parete; questo dato infatti non è presente nella finestra 'Maschi murari' (apribile dalla scheda Aperture-Maschi) e quindi non può essere particolarizzato per singoli maschi. Peraltro, nel caso di parete con discontinuità di vincolamento, è sicuramente consigliabile la suddivisione in più pareti, ognuna con un determinato vincolo.

**Commento** = Testo opzionale associato alla parete corrente, allo scopo di identificarne le caratteristiche.

### B.6.1.2. Scheda MURATURA

**Fig. B.6.2.** Finestra Pareti: Stato Attuale: scheda Muratura


**Tipologia** = numero e descrizione di identificazione del tipo di materiale costituente la parete. Collega il materiale della parete muraria ai dati inseriti nella Tabella dei Materiali. *Per compatibilità con Tabelle Materiali di altri software della AEDES, per predefinizione, si ha: 1. Cemento Armato; 2. Acciaio.* Tutti i tipi successivi si riferiscono invece a murature. *In AC.M i tipi 1 e 2 non hanno quindi significato, poiché la parete analizzata deve essere in muratura; pertanto ne viene impedita la selezione.*

La scelta di una tipologia determina i corrispondenti valori dei **parametri rappresentativi del materiale**: resistenza media a taglio e a compressione; moduli di elasticità di Young E e tangenziale G; fattore di confidenza  $F_C$ ; peso specifico. Tali valori sono comunque singolarmente modificabili nelle caselle di testo corrispondenti.

Il **fattore di Confidenza  $F_C$**  dipende dal Livello di Conoscenza ed è finalizzato alla riduzione cautelativa delle resistenze di progetto.  $F_C=1.35$  per LC1, 1.20 per LC2 e 1.00 per LC3 (D.M. 14.1.2008, Tab. § C8A.1). La Circ.26 del 2.12.2010 sui beni monumentali (in §4.2) prevede la possibilità di diversi valori di  $F_C$ , in ogni caso compresi fra 1.00 e 1.35, composti da vari contributi (fattori di confidenza parziali). Dati i diversi assetti della parete fra Stato Attuale e Stato di Progetto, è possibile diversificare il valore di  $F_C$  fra i due Stati (nella maggior parte dei casi tale valore sarà coincidente).

**Stato Attuale: riduzione 50% mod.elast. E,G (§C8A.2)** = in accordo con quanto indicato in §C8A.2 è possibile ridurre le rigidezze per tenere conto delle condizioni fessurate.

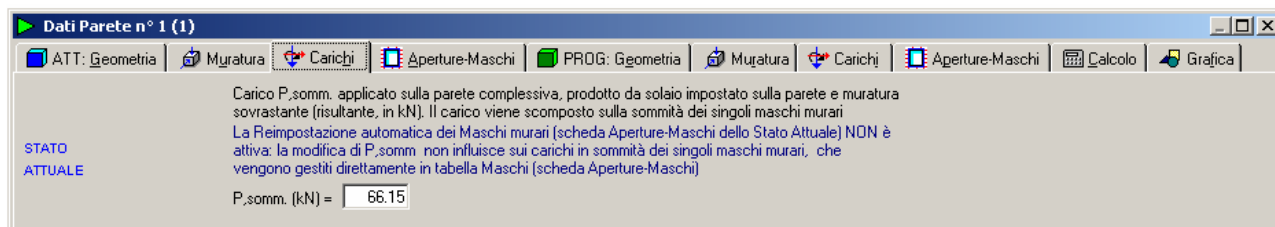
Per la riduzione dei moduli di elasticità, AC.M permette di differenziare lo Stato Attuale dallo Stato di Progetto: nella scheda relativa allo Stato di Progetto è disponibile un comando analogo.

 **Attenzione** In analisi strutturale, la riduzione dei moduli per tener conto della fessurazione è finalizzata all'esecuzione di verifiche di resistenza in campo lineare, non a valutazioni di rigidezza elastica.

Come già osservato, quando si analizza una parete muraria ai fini della verifica anche in termini di forza ultima e capacità di spostamento, come richiesto dalla Norma stessa (§C8.4.3, ultimo comma), occorre costruire una curva di capacità; non si eseguono analisi lineari, ma seguendo le metodologie pushover si incrementa progressivamente la forza orizzontale studiando la reazione degli elementi strutturali ed aggiornando il modello statico in base alle fessurazioni progressive. L'analisi non lineare stessa, attraverso la crisi progressiva delle pareti, evidenzia le fessurazioni: la perdita di rigidezza progressiva viene descritta dalla diminuzione delle iperstaticità interne, con degrado progressivo dei vincoli (ad esempio, il maschio che collassa a taglio resta reagente a forza orizzontale costante fino ad uno spostamento limite di collasso). I moduli di elasticità E e G, riferiti alle condizioni elastiche iniziali, non devono essere ridotti. ■

Come per ogni altra modifica dei dati, selezionando dalla casella a discesa un particolare tipo di muratura (anche semplicemente **scorrendo le tipologie elencate**), **i risultati vengono automaticamente aggiornati**.

### B.6.1.3. Scheda CARICHI



**Fig. B.6.3.** Finestra Pareti: Stato Attuale: scheda Carichi

Nella scheda Carichi viene specificata la risultante dei carichi agenti globalmente sulla sommità della parete muraria.

Tale risultante può essere generata da un solaio impostato superiormente alla parete e/o da muratura sovrastante. Se la Reimpostazione automatica dei Maschi murari (scheda Aperture-Maschi dello Stato Attuale) è attiva, il valore di  $P_{somm}$  genera automaticamente i carichi in sommità dei singoli maschi, per ciascuno in base alla propria area di influenza; altrimenti, i valori agenti in sommità dei maschi possono essere stati opportunamente variati. E' comunque in base ai valori dei carichi in sommità ai singoli maschi che vengono calcolate le resistenze dei maschi stessi.

**In ogni caso, la grafica dei Dati della Parete evidenzia le risultanti dei carichi in sommità competenti a ciascun maschio utilizzate nel calcolo.**



#### Attenzione

La **risultante dei carichi agenti globalmente sulla sommità della parete muraria** viene distribuita tra i maschi murari in base alle aree di influenza, calcolate attribuendo ad ogni maschio affiancato da aperture la competenza di una zona delimitata dalla mezzzeria delle aperture adiacenti.

Tale operazione di attribuzione del carico ai maschi viene eseguita anche quando in un'apertura è presente un telaio di cerchiatura. D'altra parte, nella finestra Cerchiature, il telaio stesso sarà stato analizzato sotto l'azione di un carico. In altre parole, ha luogo una ripetizione del carico sul telaio fra la parte di AC.M che analizza il telaio e quella che studia la parete.

Tuttavia, si deve considerare che i due calcoli (**analisi del telaio di cerchiatura e analisi della parete**) sono effettuati in modo disaccoppiato, e per ognuno dei due viene utilizzata la configurazione di carico più sfavorevole. Sul telaio agirà effettivamente almeno una quota parte del carico agente in sommità della parete in cui si troverà inserito; applicando quindi un carico sull'architrave si agisce in modo coerente con la reale configurazione di carico.

Quando invece si studia la parete, distribuendo il carico complessivo fra i maschi murari si avrà modo di valutare il massimo carico statico che può agire sui maschi stessi (tale carico, per ogni maschio, viene gestito nella finestra Aperture-Maschi). Dal punto di vista sismico, possono aversi valori di  $N$  un poco superiori al valore reale (da cui una maggiore resistenza a Taglio), aspetto compensato dal fatto che nel calcolo per azioni orizzontali maschio e telaio sono considerati in parallelo senza l'effetto di connessione (tipo 'sezione composta') fra muratura e acciaio o c.a. del telaio che renderebbe migliore la prestazione della parete nel suo insieme.

**In definitiva, si opera a favore di sicurezza nel seguente modo:**

- il **telaio di cerchiatura** viene calcolato con il carico effettivamente agente sull'architrave;
- la **parete** viene calcolata suddividendo tutto il carico agente sulla sommità fra i maschi murari; maschi e telai sono considerati reagenti in parallelo, e collaborano solo ai fini della resistenza sismica;
- di conseguenza, l'**analisi statica di una parete contenente telai di cerchiatura** mostra tensioni cautelative ed è caratterizzata dai seguenti criteri:

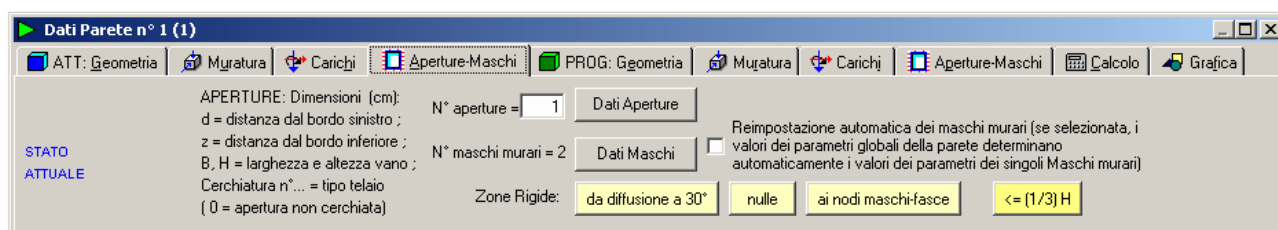
\* per i maschi murari reagenti affiancati da telai di cerchiatura la tensione statica viene calcolata, a favore di sicurezza, supponendo che il carico verticale agente in sommità della parete in corrispondenza del maschio venga sostenuto dal maschio stesso, prescindendo dalla collaborazione con il telaio di cerchiatura.



\* per i maschi non reagenti (maschi snelli secondo le opzioni specificate nella scheda Calcolo dei Dati Pareti) aventi a fianco un telaio di cerchiatura: diversamente dai maschi tozzi, per non eccedere a favore di sicurezza (ottenendo verifiche non soddisfatte ma non realistiche) è possibile prendere in considerazione il fatto che il carico verticale in realtà sia sostenuto insieme al telaio. Di conseguenza, è possibile trascurare le tensioni statiche teoricamente valutate da AC.M considerando che il maschio sostenga da solo il carico in sommità. Nei risultati dell'analisi statica della parete, tali tensioni trascurabili vengono indicate in colore grigio (un caso è illustrato nel par. C.2: esempio Guidato).

In AC.M è comunque possibile attribuire a ciascun maschio il carico desiderato (attraverso la scheda Aperture-Maschi dei Dati Parete), e prescindere o meno dal considerare non reagenti i maschi snelli (opzione della scheda Calcolo dei Dati Parete). Per l'Utente è quindi disponibile un'ampia gamma di opzioni per descrivere adeguatamente l'assetto statico della propria parete da analizzare. ■

#### B.6.1.4. Scheda APERTURE - MASCHI



**Fig. B.6.4.** Finestra Pareti: Stato Attuale: scheda Aperture-Maschi

AC.M permette la definizione di un numero di aperture a piacere, direttamente specificato in input. Per inserire o modificare i parametri geometrici che definiscono le aperture, occorre aprire la finestra Aperture, utilizzando il pulsante di comando 'Dati Aperture' (p. B.6.1.4.1).

La definizione delle aperture comporta l'automatica e immediata **definizione dei maschi murari**, così come mostrato nella rappresentazione grafica di dati (attivando l'opzione 'Maschi murari' nella scheda Criteri) e risultati (scheda Attuale o Progetto).

In AC.M si potrebbe procedere senza occuparsi dei dati particolari di ogni maschio murario (astrazione mentale funzionale al calcolo strutturale), ma trattando i soli dati relativi alla **parete piena con i suoi fori** (che è la vera realtà fisica del problema). Ma questa impostazione non consente la rappresentazione delle **disomogeneità interne** alla parete (maschi murari aventi ad esempio diversa altezza, o materiale, o carico): per tale motivo AC.M permette la modifica dei maschi murari già preimpostati, secondo quanto specificato più avanti in p. B.6.1.4.2.

Nella scheda Aperture-Maschi sono presenti inoltre alcune importanti opzioni relative alla definizione delle zone rigide di estremità dei maschi murari (cfr. p. B.6.1.4.2).

### B.6.1.4.1. DATI APERTURE


Aperture (Stato Attuale)						X
N°		d -	z -	B -	H (mm)	N°cerc
1	▶	3900	0	900	2200	0

Fig. B.6.5. Finestra Aperture

**Dimensioni:** **d**, **z** = distanza dell'apertura dalla parete, rispettivamente: dal bordo sinistro (d) e dal bordo inferiore (z) della parete globale; **B**, **H** = larghezza e altezza dell'apertura. Queste dimensioni si riferiscono sempre al **vano netto (vuoto) dell'apertura anche in presenza di cerchiatura**. Non includono quindi gli ingombri dei montanti, dell'architrave e del traverso inferiore dell'eventuale cerchiatura; l'ingombro della cerchiatura viene gestito automaticamente da AC.M, e di tale ingombro si tiene conto nella definizione dei maschi murari, sempre considerati al netto delle strutture della cerchiatura.

**N° cerchiatura** = tipo di telaio previsto per l'apertura. Una casella a discesa propone tutte le cerchiature disponibili per il progetto corrente; il numero della cerchiatura può anche essere direttamente digitato in input. Il numero 0 indica convenzionalmente un'apertura non cerchiata.

Il numero di cerchiatura specificato deve essere effettivamente presente nei dati del progetto corrente affinché si attui il collegamento fra parete e cerchiature. Non vi è alcuna relazione fra Stato Attuale o di Progetto e cerchiature definite per il progetto corrente: ognuna di esse può essere inserita nei dati di una parete, sia allo stato attuale come che allo stato di progetto.

 **Importante!** Se alle aperture vengono attribuiti parametri non coerenti con le dimensioni della parete (ad esempio, se la somma di z (distanza dal bordo inferiore della parete) e di H (altezza di apertura) supera l'altezza della parete stessa, oppure se si inserisce una cerchiatura che fisicamente corrispondente ad un'altezza di muratura eliminata maggiore dell'altezza della parete), esse vengono scartate. Opportuni messaggi indicano che è stato inserito un dato non valido. ■

### B.6.1.4.2. DATI MASCHI MURARI

Maschi murari (Stato Attuale)

N°	Edit	B -	H -	Rig.-inf.	Rig.-sup.	s (mm)	N (kN)	sp.o -	sp.v (N/mm²)	Tipol.	tau.0 -	t.m -	E -	G (N/mm²)	P.s. (kN/m²)
1	▶	3900	3000	0	0	250	53.29	0.00	0.00	14	0.076	3.20	1500	500	18.00
2		600	3000	0	0	250	12.86	0.00	0.00	14	0.076	3.20	1500	500	18.00

Questo pulsante della colonna Edit consente l'accesso a due comandi di utilità relativi alla geometria dei maschi murari: la divisione del maschio o la sua unione con quello successivo

Maschi murari (Stato Attuale)

N°	Malta buona	Giunti sottili	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente	Iniezioni di miscela	Intonaco armato	Drift d/H (%) a PressoFL	Drift d/H (%) a Taglio	PressoFL Compl.	Taglio Scorr.	Taglio Fess.Diag.
1	■	■	■	■	■	■	■	0.6	0.4	✓	■	✓
2	■	■	■	■	■	■	■	0.6	0.4	✓	■	✓

Fig. B.6.6. Finestra Maschi Murari

**Edit** = campo dedicato ad un pulsante che consente la divisione del maschio in due parti uguali o l'unione col successivo. In AC.M la divisione di un maschio corrisponde alla creazione di un'"apertura" virtuale consistente in una 'linea' di divisione (p.es. una frattura verticale o una discontinuità di spessore) di

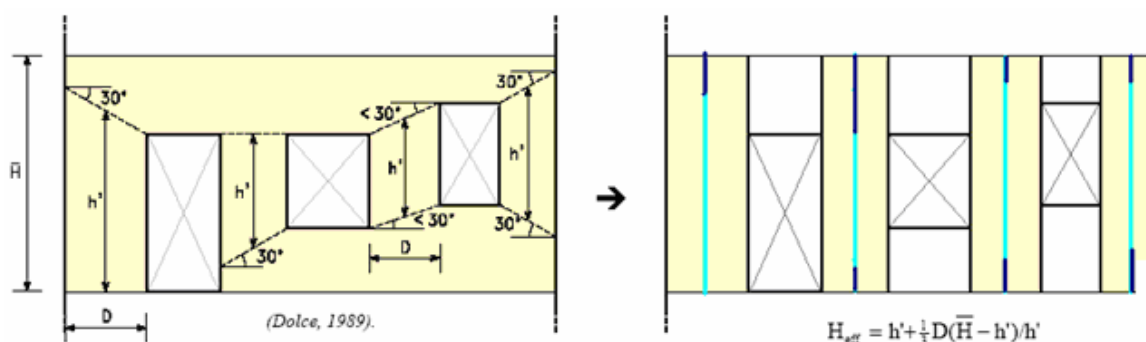


larghezza piccolissima, a tutt'altezza della parete. Quindi, dividendo un maschio viene creata una apertura 'fittizia' corrispondente alla linea di suddivisione. Invece, unendo un maschio con quello successivo verrà eliminata l'apertura precedentemente interposta.

*Questi comandi modificano in modo significativo i dati; si tenga presente che il comando Annulla della finestra Progetto permette di tornare alla configurazione precedente l'ultimo comando eseguito.*

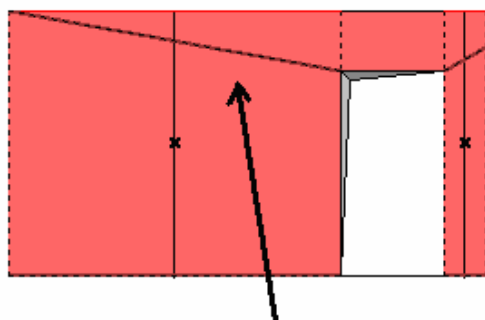
**B, H, Rig.inf., Rig.sup., s** = dimensioni del maschio murario. La **base 'B'** non è modificabile: essa è automaticamente determinata dalle aperture. L'altezza 'H', le zone rigide inferiore e superiore, e lo spessore 's' sono preimpostati con i valori della parete globale (le zone rigide sono poste pari a zero), ma in questa finestra tali parametri possono essere opportunamente modificati in modo da rappresentare sia disomogeneità geometriche lungo la parete globale, sia le effettive altezze deformabili dei maschi (agendo sulle zone rigide corrispondenti alle fasce superiore e inferiore).

Per la definizione delle **Zone rigide**, oltre alla possibilità di specificare valori numerici a piacere nei campi in input dei Dati Maschi, AC.M offre alcune importanti funzioni preimpostate, rese disponibili da appositi pulsanti di comando della scheda Aperture-Maschi (cfr. figg. B.6.4, B.6.7).

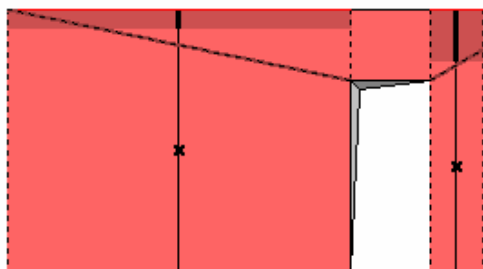


Definizione dell'altezza efficace dei maschi murari (Dolce, 1989)

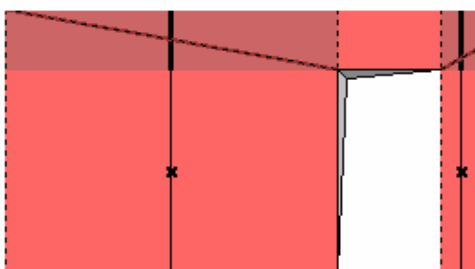
#### Esempio applicativo per il caso di una parete con una apertura:



Alle linee di diffusione a 30°, secondo il metodo sopra illustrato, corrispondono particolari zone rigide per i maschi adiacenti l'apertura:



In alternativa, un comando apposito permette la definizione automatica delle zone rigide di nodo, esattamente corrispondenti alle intersezioni geometriche fra fasce e maschi:



**Fig. B.6.7.** Definizione delle zone rigide dei maschi murari

In particolare, sono possibili le seguenti preimpostazioni:

- zone rigide secondo il metodo di diffusione a 30°, tenendo conto degli spigoli delle aperture e degli estremi delle pareti; le zone rigide, secondo questa metodologia [6] non corrispondono esattamente all'intersezione fra le linee di diffusione a 30° e l'asse baricentrico della parete (come evidenziato in fig.

B.6.7) ma sono leggermente inferiori, secondo la legge di definizione dell'altezza efficace (riportata anche in fig. B.6.7);

- zone rigide corrispondenti ai pannelli di nodo (=intersezioni geometriche tra maschi e fasce);
- zone rigide nulle.

Un comando apposito consente il controllo sul superamento da parte delle zone rigide di 1/3 dell'altezza del maschio: si ritiene in generale che un'estensione eccessiva delle zone di irrigidimento non sia realistica.

### ★ Importante!

Ai fini dell'analisi del comportamento elastoplastico di una parete muraria con aperture oggetto di intervento, la corretta gestione delle zone rigide assume importanza fondamentale, in particolare alla luce dei parametri di calcolo previsti dal D.M.14.1.2008. Una trattazione estesa della questione si trova in [6]. Sulle zone rigide competenti alla metodologia di diffusione a 30° si consulti anche l'esempio di apprendimento descritto in questo volume nel p.C.3.4. ■

**N** = sforzo normale agente sulla sommità del maschio murario. Il valore preimpostato deriva dall'applicazione dei carichi agenti in sommità specificati nella scheda Carichi della finestra Pareti; la modifica di tale valore consente l'interpretazione di diverse configurazioni di carico su maschi murari distinti. Affinché specifici valori specificati nella tabella dei Maschi murari restino quelli effettivamente utilizzati nel calcolo, occorre che non sia attivata l'opzione di 'Reimpostazione automatica dei maschi murari'. **In ogni caso, la grafica dei Dati della Parete evidenzia le risultanti dei carichi in sommità competenti a ciascun maschio utilizzate nel calcolo.**

**s<sub>po</sub> , s<sub>pv</sub>** = tensioni di precompressione orizzontale e verticale dovute a tirature. Eseguendo tale tipo di intervento si ha un aumento della resistenza a taglio e cioè delle prestazioni meccaniche del maschio murario, e, di conseguenza, della parete globale.

**Tipologia del materiale, parametri rappresentativi del materiale** = parametri preimpostati con i valori specificati nella scheda Muratura della parete globale. Resistenze e moduli di elasticità non possono essere qui modificati. Tali parametri possono tuttavia essere 'corretti', secondo quanto riportato in §C8A.2), per tenere conto di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malte; consolidamento con intonaco armato (cfr. Tab. C8A.2.2). Ognuno di questi fattori correttivi (il cui effetto dipende ovviamente dalla tipologia della muratura) può essere applicato al singolo maschio selezionando l'apposito check in Tabella.

**Per selezionare/deselezionare un check, fare clic col mouse o, mantenendo la cella nel campo interessato, premere un tasto qualsiasi.**

I valori dei drift a pressoflessione e a taglio sono per default assunti pari a quanto riportato nelle norme vigenti; essi possono essere modificati per tenere conto di particolari interventi.

E' infine possibile includere o escludere singolarmente ognuno dei tre **meccanismi resistenti previsti per la determinazione della forza ultima a taglio** sostenibile dal maschio: pressoflessione complanare, taglio per scorrimento, taglio per fessurazione diagonale.

## B.6.1.5. Scheda CALCOLO

**Fig. B.6.8.** Finestra Pareti: scheda Calcolo


Nella scheda Calcolo vengono selezionati parametri di calcolo per l'analisi della parete.

**Variazione di Rigidezza per Riparazione Locale: +/- (%)** = il valore definisce la variazione di rigidezza. Secondo gli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, tale variazione è pari a +/- 15%. E' comunque possibile specificare un diverso valore in input.

**Maschi snelli trascurabili** = con riferimento a parametri presenti nella Normativa vigente (D.M. 16.1.1996 e D.M. 20.11.1987), questi parametri consentono di evitare di considerare il contributo statico di componenti murarie troppo snelle per essere in grado di sviluppare un'adeguata resistenza al taglio.

**Massa Sismica: metà altezza parete** = consente la valutazione della forza sismica corrispondente al carico verticale includendo solo metà peso proprio. Ciò equivale a ritenere non idoneo pensare agente la forza sismica totale (corrispondente a tutto il peso: carico in sommità + peso proprio completo) sulla sommità della parete, ipotizzando che metà fascia (metà peso proprio di parete) sia solidarizzata con il vincolo di base. Attivando questa opzione, diminuisce quindi il valore della forza sismica ed aumenta la probabilità che l'intervento di Miglioramento possa essere considerato anche di Adeguamento, nel senso che la parete sviluppa una forza ultima superiore alla forza sismica applicata.

**Resistenza a taglio per fessurazione diagonale indipendente dalla snellezza della parete:  $b=1.5$  fisso** [§C8.7.1.5, (8.7.1.1)] = imposta il parametro relativo alla snellezza (coefficiente 'b') utilizzato nel calcolo della resistenza a taglio per fessurazione diagonale.

 **Importante!** Le verifiche di sicurezza di una parete muraria si riferiscono alla luce deformabile della parete stessa (e quindi escluse le zone rigide inferiore e/o superiore eventualmente definite non nulle). La resistenza a pressoflessione complanare e a taglio per scorrimento vengono calcolate alla base della luce deformabile (dove cioè termina la zona rigida inferiore), mentre la resistenza a taglio per fessurazione diagonale è valutata in 'mezzzeria', cioè alla metà della luce deformabile (questa è infatti la sezione dove si innesca la lesione a X tipica della fessurazione diagonale).

Per il calcolo di ognuna di queste resistenze, quindi, la tensione verticale deve essere considerata nella corrispondente sezione (a metà o alla base della luce deformabile), ovviamente senza amplificazioni con  $\gamma_F$  (come invece usate per la stima della tensione statica), in quanto si tratta di resistenze sotto azioni orizzontali usate in combinazione sismica, dove non è previsto l'uso di fattori amplificativi (cfr. §2.5.3, (2.5.5)).

Per quanto riguarda la **resistenza a taglio per fessurazione diagonale**, la formula (8.7.1.1) in §C8.7.1.5 non sembra 'precisa'; è infatti correttamente comprensibile, a rigore, solo il secondo membro:

$$V_t = I_t (f_{td}/b) \sqrt{(1 + \sigma_o/f_{td})}$$

formula che coincide con lo studio approfondito di N. Augenti (Il calcolo sismico degli edifici in muratura, Utet, par. 9.3.3):  $V_t = BS \tau_k \sqrt{(1 + \sigma_n/p\tau_k)}$

con  $\tau_k = \sigma_{kt}/p$

e quindi:  $V_t = BS \sigma_{kt}/p \sqrt{(1 + \sigma_n/\sigma_{kt})}$

(che coincide con la seconda espressione di quella in Norma; corrispondenze fra simboli:  $BS \equiv I_t$ ,  $\sigma_{kt} \equiv f_{td}$ ,  $p \equiv b$ ,  $\sigma_n \equiv \sigma_o$ ,  $\tau_k \equiv \tau_{od}$ )

con  $p$  (o  $b$ , in Norma) variabile tra 1 e 1.5, in dipendenza dalla snellezza del pannello.

Ora:  $b$  è frequentemente assunto pari a 1.5; tipico era l'uso nel metodo Por: nella Circ.21745 del 30.7.1981, c'era infatti l'espressione:  $T_u = A \tau_k \sqrt{(1 + \sigma_n/1.5\tau_k)}$

(simboli:  $T_u \equiv V_t$ ,  $A \equiv BS$ )

che comunque non coincide con la prima espressione di Normativa:

$$V_t = I_t \mathbf{1.5} (\tau_{od}/\mathbf{b}) \sqrt{(1 + \sigma_o/1.5\tau_{od})}$$

non è chiaro in questa formula l'uso di 1.5 e di  $b$  come se fossero due parametri diversi, mentre nella trattazione teorica 1.5 è proprio uno dei valori di  $b$ , il cui significato è quello di un coefficiente che dipende dalla distribuzione delle tensioni tangenziali lungo la sezione trasversale del pannello.

In definitiva, in AC.M si utilizza la relazione normativa 'certamente' corretta (la seconda espressione della Norma):

$$V_t = I_t (f_{td}/b) \sqrt{(1 + \sigma_o/f_{td})}$$

che, essendo per definizione:  $\tau_{od} = f_{td}/b$ , equivale a:

$$V_t = I_t \tau_{od} \sqrt{(1 + \sigma_o/b\tau_{od})}$$

e  $b$  può assumere valore fisso pari a 1.5 (a favore di sicurezza), oppure può dipendere dalla snellezza ( $h/l$ ) seguendo quanto riportato in Norma (si tratta tuttavia di una scelta NON obbligatoria: la norma dice che SI PUO' assumere  $b=h/l$ , ma ponendo sempre  $b=1.5$  si opera a favore di sicurezza). ■

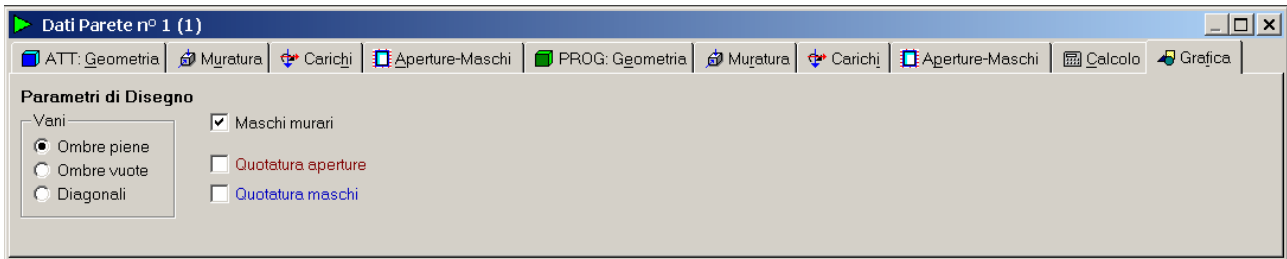
In analisi sismica secondo D.M. 14.1.2008, può inoltre essere specificato il criterio con cui si definisce lo **Stato Limite Ultimo** secondo la riduzione della forza non superiore al 20% del massimo.

**Coeff. parziale di sicurezza dei materiali (gamma), M in Analisi Statica** = è possibile specificare un

valore compreso fra 2.0 e 3.0, in accordo con quanto indicato in §4.5.6.1.

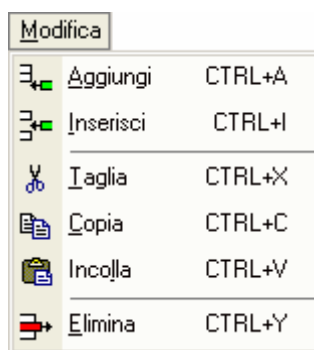
### B.6.1.6. Scheda GRAFICA

La selezione delle opzioni di rappresentazione grafica ha effetto immediato nei disegni correnti. Poiché l'**output su file DXF** riproduce fedelmente quanto visualizzato nella finestra grafica corrente, si selezionino preventivamente questi parametri per determinare le caratteristiche del disegno in output (ad esempio, per ottenere un disegno su DXF quotato occorre che le opzioni di quotatura siano attivate).



**Fig. B.6.9.** Finestra Pareti: scheda Grafica

### B.6.2. Menu MODIFICA



**Fig. B.6.10.** Finestra Pareti: menu Modifica

I comandi di aggiunta o inserimento pongono in linea una nuova parete, i cui dati vengono preimpostati da AC.M: essi ovviamente verranno modificati dall'Utente in base al caso analizzato.

**Aggiungi** = Aggiunge una parete per il Progetto analizzato, facendola divenire la parete corrente.

**Inserisci** = Inserisce una parete nella posizione corrente, scalando quindi di uno verso il basso la numerazione di tutte le Pareti ad essa successive.

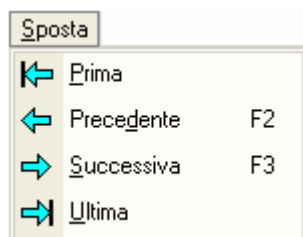
**Taglia** = Elimina la parete corrente, ponendola in memoria.

**Copia** = Pone in memoria la parete corrente.

**Incolla** = Incolla la parete presente in memoria. Utilizzando Copia e Incolla, associati a Inserisci o Aggiungi, è possibile spostare dati di Pareti, anche fra edifici diversi.

**Elimina** = Elimina la parete corrente, senza porla in memoria.

### B.6.3. Menu SPOSTA



**Fig. B.6.11.** Finestra Pareti: menu Sposta

Il menu Sposta consente lo spostamento alla parete successiva o precedente rispetto a quella visualizzata, cambiando quindi la parete corrente. Se nel Progetto è presente una sola parete, ovviamente questo menu risulta ininfluente.

E' possibile scorrere le diverse Pareti utilizzando i tasti di scelta rapida F2, F3.

In alternativa, possono essere utilizzati i pulsanti della Barra degli Strumenti:

← Prima, ← Precedente, → Successiva, → Ultima.

### B.6.4. Menu COPIA

Il menu Copia consente di copiare la parete successiva o precedente in quella corrente. Se nel Progetto è presente una sola parete, ovviamente questo menu risulta ininfluente.

## B.7. FINESTRA TABELLA MATERIALI

AC.M consente l'inserimento di una libreria di materiali (Tabella Materiali) a cui fare riferimento durante l'inserimento dei Dati Cerchiature e Pareti.

La Tabella Materiali è un archivio presente in ogni progetto, quindi può differire da un progetto all'altro a seconda delle modifiche effettuate dall'utente.

AC.M fornisce una tabella materiali contenente i parametri descritti nella Normativa vigente, inserita nella struttura di default che viene posta in linea ogni qual volta si crea un nuovo progetto. Editando la tabella, l'utente potrà apportare le opportune modifiche, anche aggiungendo nuove tipologie.

### B.7.1. Dati TABELLA MATERIALI

**N°** = numero di identificazione del tipo di materiale. *Per compatibilità con altri software della AEDES, per predefinizione si ha: 1. Cemento Armato; 2. Acciaio.* Tutti i tipi successivi si riferiscono invece a murature. **I tipi 1 e 2 non devono essere cambiati.**

**Col.** = Colore rappresentativo del materiale. Facendo doppio clic sulla casella colorata, si apre la finestra di dialogo 'Colori' che permette la scelta di un diverso colore per il materiale corrente; la scelta di un nuovo colore produrrà la rigenerazione automatica dei disegni visualizzati contenenti i colori dei materiali. Il doppio clic sul campo 'Col.' equivale al comando 'Colore' del menu Modifica.

**Descrizione** = Codice alfanumerico di descrizione del materiale.

I parametri rappresentativi dei materiali (resistenza media a taglio **tau,0**; resistenza media a compressione **f,m**; modulo di Young **E**; modulo di elasticità tangenziale **G**; peso specifico **P.spec.**) possono essere variati a piacere dall'utente.

I valori delle caratteristiche di resistenza delle murature predefiniti da AC.M sono tratti dalla Normativa vigente (Tab. C8A.2.1 in §C8A.2). Tali valori sono da considerarsi "consigliati" in assenza di dati sperimentali; naturalmente essi sono indicativi: il progettista può apportare le modifiche che ritiene opportune a seconda dei casi esaminati, anche al fine di considerare casi non contemplati dalla Normativa. In ogni caso, all'interno della Tabella Materiali, l'utente può definire tutti i tipi di muratura che ritiene necessari.



#### Suggerimento

Invece di modificare la tabella preimpostata, i materiali definiti dall'Utente possono essere direttamente aggiunti all'elenco. In tal modo, mentre permangono in tabella i dati così come previsti dal documento normativo, è comunque possibile fare riferimento a materiali diversi. ■

Ai materiali previsti dal testo normativo vengono inoltre associati i **coefficienti correttivi delle resistenze e dei parametri meccanici**, secondo quanto specificato in Tab. C8A.2.2 (i coefficienti sono modificabili).

### B.7.2. Menu MODIFICA



Fig. B.7.1. Finestra Tabella Materiali: menu Modifica

**Aggiungi** = Aggiunge un tipo di materiale al termine della tabella, posizionandovi la cella corrente in corrispondenza della colonna corrente.

**Inserisci** = Inserisce un tipo di materiale nella posizione corrente della cella, scalando quindi di uno verso il basso la numerazione di tutti i tipi ad esso successivi. La cella corrente resta nella posizione

attuale.

**Elimina** = Elimina il tipo di materiale corrente.

**Colore...** = Apre la finestra di dialogo 'Colori' che permette la scelta di un diverso colore per il materiale corrente; la scelta di un nuovo colore produrrà la rigenerazione automatica dei disegni visualizzati contenenti i colori dei materiali. Questo comando equivale al doppio clic sul campo 'Col.'.

N°	Col.	Descrizione	tau.0 (N/mm²)	f.m (N/mm²)	E (N/mm²)	G (N/mm²)	P.spec. (kN/m²)	Malta buona (Tab.C8A.2.2)	Giunti sottili	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente	Iniezioni di miscele	Intonaco armato
1		C25/30 (Rck30)			31476	12590	25.00							
2		S235 (Fe360)			210000	80769	78.50							
3		(NTC 08) 1-LC 1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	0.020	1.00	690	230	19.00	1.5	1.0	1.3	1.5	0.9	2.0	2.5
4		(NTC 08) 1-LC 2) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	0.026	1.40	870	290	19.00	1.5	1.0	1.3	1.5	0.9	2.0	2.5
5		(NTC 08) 3-LC 1) Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	0.056	2.60	1500	500	21.00	1.3	1.0	1.1	1.3	0.8	1.5	1.5
6		(NTC 08) 3-LC 2) Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	0.065	3.20	1740	580	21.00	1.3	1.0	1.1	1.3	0.8	1.5	1.5
7		(NTC 08) 4-LC 1) Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	0.028	1.40	900	300	16.00	1.5	1.5	1.0	1.5	0.9	1.7	2.0
8		(NTC 08) 4-LC 2) Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	0.035	1.90	1080	360	16.00	1.5	1.5	1.0	1.5	0.9	1.7	2.0
9		(NTC 08) 5-LC 1) Muratura a blocchi lapidei squadriati	0.090	6.00	2400	780	22.00	1.2	1.2	1.0	1.2	0.7	1.2	1.2
10		(NTC 08) 5-LC 2) Muratura a blocchi lapidei squadriati	0.105	7.00	2800	860	22.00	1.2	1.2	1.0	1.2	0.7	1.2	1.2
11		(NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce	0.060	2.40	1200	400	18.00	1.5	1.5	1.0	1.3	0.7	1.5	1.5
12		(NTC 08) 6-LC 2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce	0.076	3.20	1500	500	18.00	1.5	1.5	1.0	1.3	0.7	1.5	1.5
13		(NTC 08) 7-LC 1) Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es. doppio UNI foratura <=40%)	0.240	5.00	3500	875	15.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
14		(NTC 08) 7-LC 2) Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es. doppio UNI foratura <=40%)	0.280	6.50	4550	1138	15.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
15		(NTC 08) 8-LC 1) Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc.foratura <45%)	0.300	4.00	3600	1080	12.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
16		(NTC 08) 8-LC 2) Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc.foratura <45%)	0.350	5.00	4500	1350	12.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
17		(NTC 08) 9-LC 1) Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc.foratura <45%)	0.100	3.00	2700	810	11.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
18		(NTC 08) 9-LC 2) Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc.foratura <45%)	0.115	3.50	3150	945	11.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
19		(NTC 08) 10-LC 1) Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc.foratura tra 45% e 65%)	0.095	1.50	1200	300	12.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
20		(NTC 08) 10-LC 2) Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc.foratura tra 45% e 65%)	0.110	1.75	1400	350	12.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
21		(NTC 08) 11-LC 1) Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura <45%)	0.180	3.00	2400	600	14.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
22		(NTC 08) 11-LC 2) Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura <45%)	2.100	3.70	2960	740	14.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
23		(NTC 08) 11-LC 1) Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura <45%)	0.180	3.00	2400	600	14.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3
24		(NTC 08) 11-LC 2) Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura <45%)	2.100	3.70	2960	740	14.00	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3

**Fig. B.7.2.** Finestra Tabella Materiali: elenco materiali predefiniti (da 1 a 24)

### B.7.3. Menu OPZIONI

**Salva come Tabella Utente** = Salva la corrente Tabella Materiali come tabella Utente nel file Mat.tab contenuto in \Aedes2012\Acm\Files

**Carica Tabella Utente** = Recupera la Tabella Materiali Utente (Mat.tab, in \Aedes2012\Acm\Files) e la utilizza per reimpostare la tabella materiali del solaio corrente.


**Carica Tabella Standard** = Recupera i valori standard predisposti da AC.M per la Tabella Materiali, utilizzandoli per reimpostare la tabella materiali del solaio corrente.



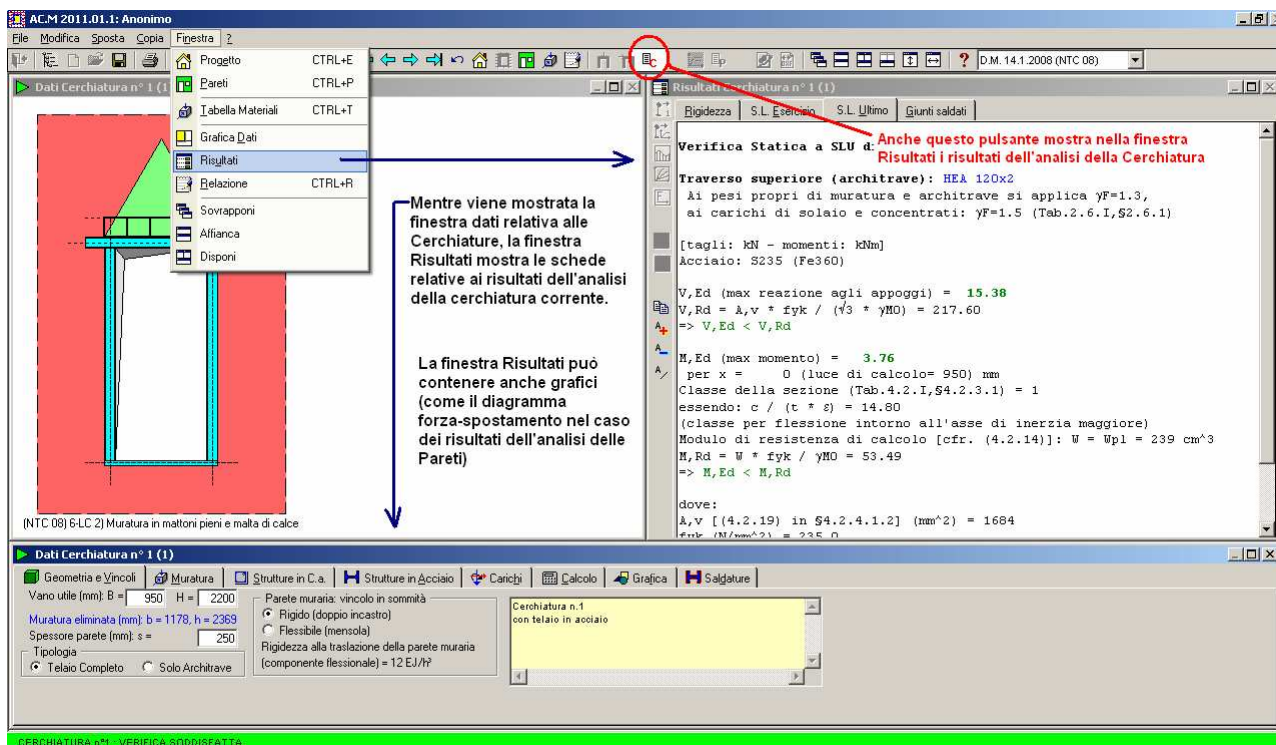
## B.8. FINESTRA RISULTATI

La finestra Risultati mostra i risultati in formato testo relativi all'analisi delle Cerchiature e delle Pareti, a seconda di quale finestra dati sia correntemente attiva. In fig. B.8.1 è riportato il caso delle Cerchiature, mentre alle Pareti si riferisce la fig. B.8.2. Sono inoltre disponibili risultati grafici, in particolare relativamente al Diagramma Forza-Spostamento (o curva di capacità della parete), punto fondamentale della verifica sismica della parete (le elaborazioni grafiche vengono trattate nel p. B.9).

Nella barra degli strumenti della finestra Risultati sono disponibili:

il pulsante Copia:  che permette di copiare il testo in un documento esterno (ad es. di Microsoft Word);

i pulsanti relativi alla gestione della dimensione dei caratteri, finalizzati all'ingrandimento, alla riduzione o alla visualizzazione standard del testo.



**Fig. B.8.1.** Finestra Risultati: risultati dell'analisi delle Cerchiature

I risultati dell'analisi delle Cerchiature sono organizzati in quattro schede:  
 Rigidizza, Stato Limite di Esercizio, Stato Limite Ultimo, Giunti saldati.



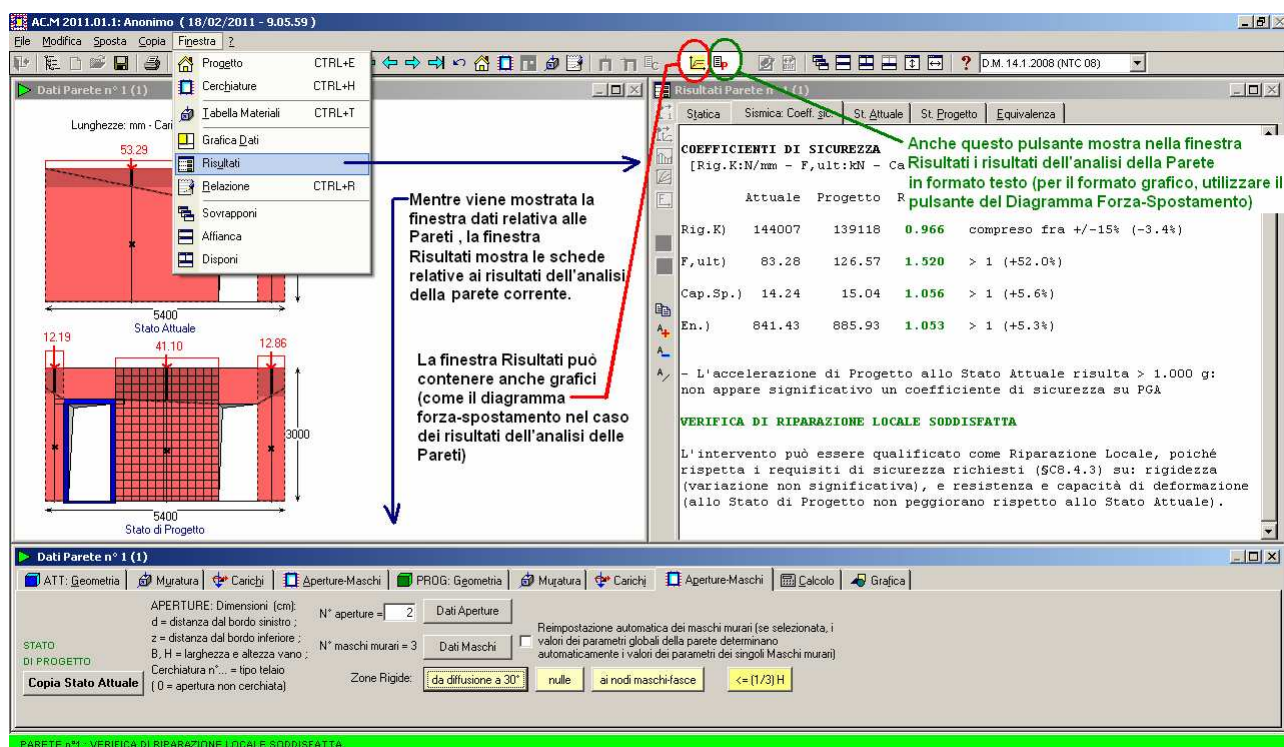


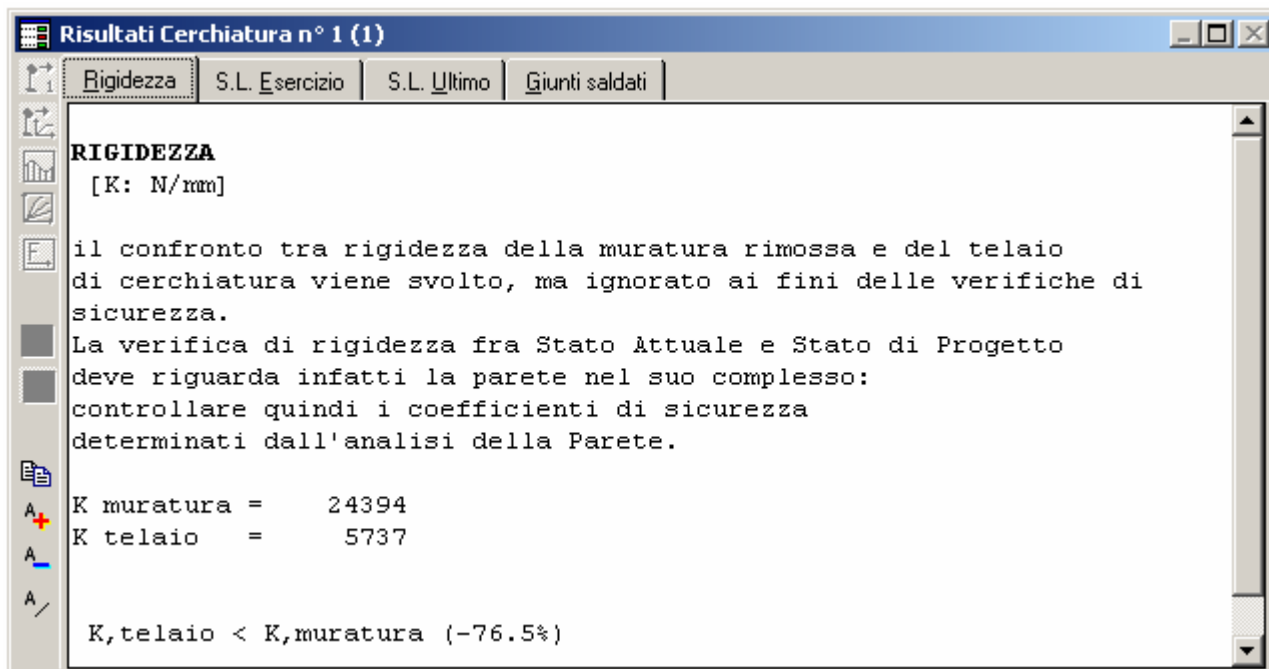
Fig. B.8.2. Finestra Risultati: risultati dell'analisi delle Pareti

I risultati dell'analisi delle Pareti sono organizzati in cinque schede:  
Statica; Sismica: Coefficienti di sicurezza, Stato Attuale, Stato di Progetto, Equivalenza.

## B.8.1. RISULTATI CERCHIATURE

I risultati dell'analisi delle Cerchiature sono organizzati in quattro schede.

### B.8.1.1. Scheda RIGIDEZZA



**Fig. B.8.3.** Risultati Cerchiature: scheda Rigidezza

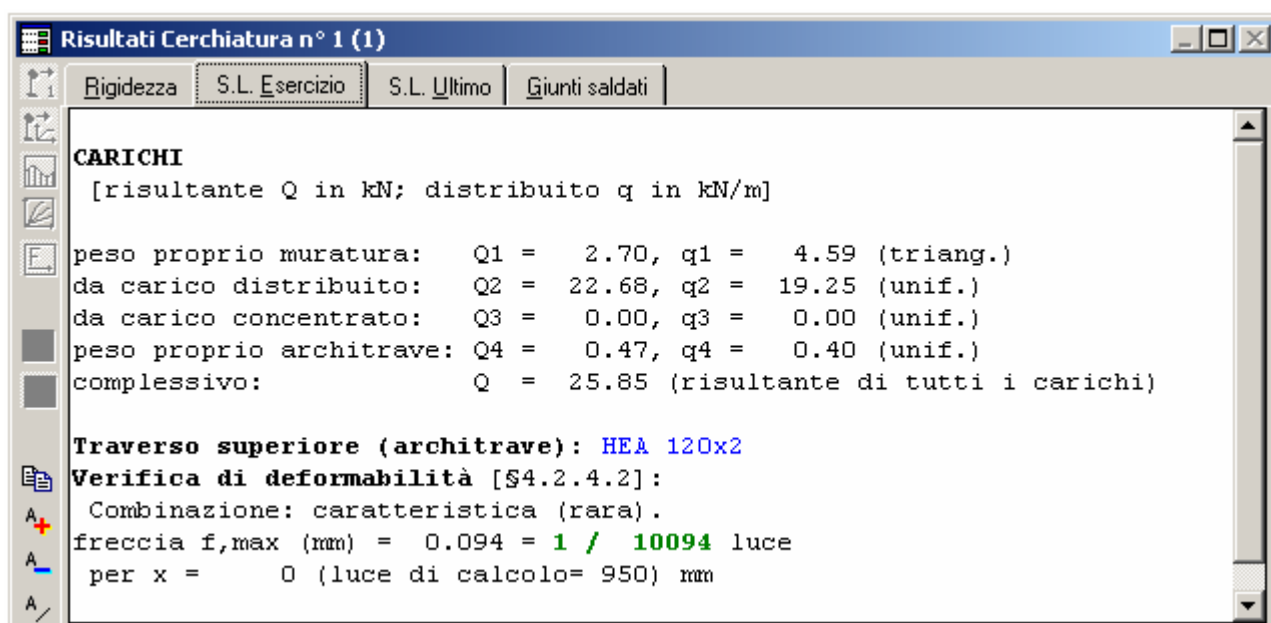
L'analisi della cerchiatura consiste, dal punto di vista dell'equivalenza meccanica del telaio con il pannello murario eliminato, nel confronto tra la rigidezza prima e quella dopo l'intervento.

Si ha verifica soddisfatta quando la rigidezza alla traslazione orizzontale del telaio è simile a quella della muratura eliminata, senza eccessiva variazione (nello spirito applicativo del D.M. 14.1.2008 e degli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, la variazione consentita è non superiore al 15%).

Nei risultati viene riportato anche il rapporto percentuale fra la rigidezza del telaio e quella della parete.

E' possibile che i risultati di questo calcolo siano ignorati, se nei dati della cerchiatura (nella scheda Calcolo) è stata attivata l'opzione '**Ignora Verifica di Rigidezza**': in tal caso, infatti, significa che si vuole trascurare il confronto di rigidezza alla traslazione della cerchiatura in sé, rispetto cioè alla rigidezza del pannello murario tolto. Si osservi peraltro che, dal punto di vista della rigidezza, la verifica della parete globale è sempre più corretta della verifica della cerchiatura in sé, perché anziché limitarsi al pannello murario tolto si estende a tutta la parete dove è ubicata la cerchiatura.

### B.8.1.2. Scheda STATO LIMITE DI ESERCIZIO



**Fig. B.8.3.** Risultati Cerchiature: scheda Stato Limite di Esercizio (SLE).  
Caso di architrave in acciaio

Sono riportati i risultati dell'analisi dei carichi agenti sull'architrave della cerchiatura e del calcolo dell'architrave stessa.

I singoli contributi al **carico Q complessivamente agente** sono:

**Q1** = peso proprio della muratura (carico distribuito con andamento triangolare)

**Q2** = carico distribuito (uniforme)

**Q3** = carico concentrato

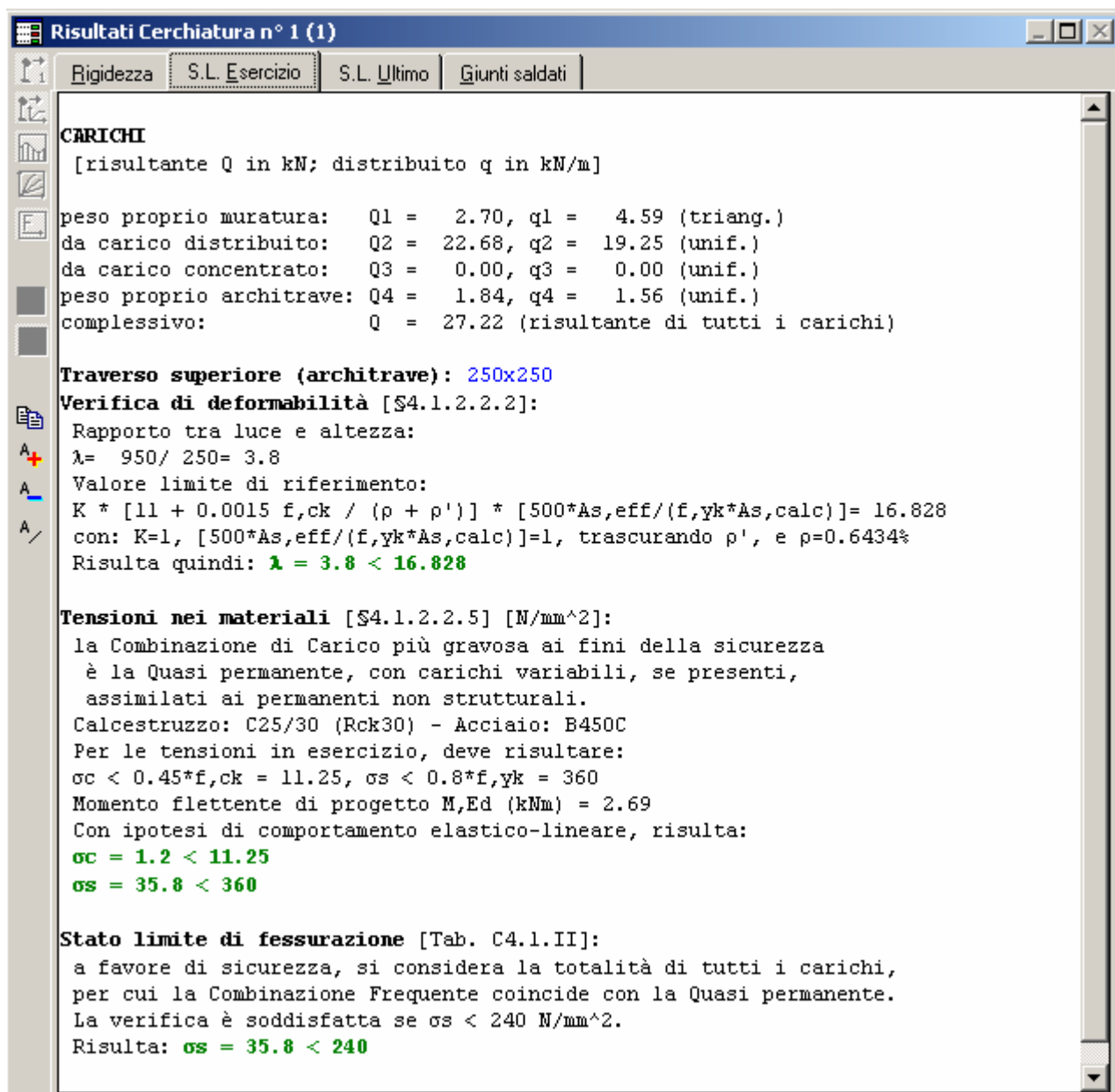
**Q4** = peso proprio architrave (carico uniforme).

La risultante da carico concentrato Q3 comprende:

- il carico concentrato eventualmente specificato in input nella scheda Carichi della finestra Cerchiature;
- la porzione di muratura aggiuntiva da esso individuata se il carico è posto all'esterno del triangolo di scarico agente sopra l'architrave (ma comunque compreso entro la zona di influenza).

Se il carico concentrato agisce entro il triangolo di scarico, si considera applicato direttamente sull'architrave e genera deformazione e sollecitazione secondo lo schema di carico concentrato vero e proprio; se invece è esterno (ma comunque incluso nella zona di influenza), viene sommato al peso della porzione di muratura aggiuntiva e distribuito sull'architrave nella metà luce interessata.

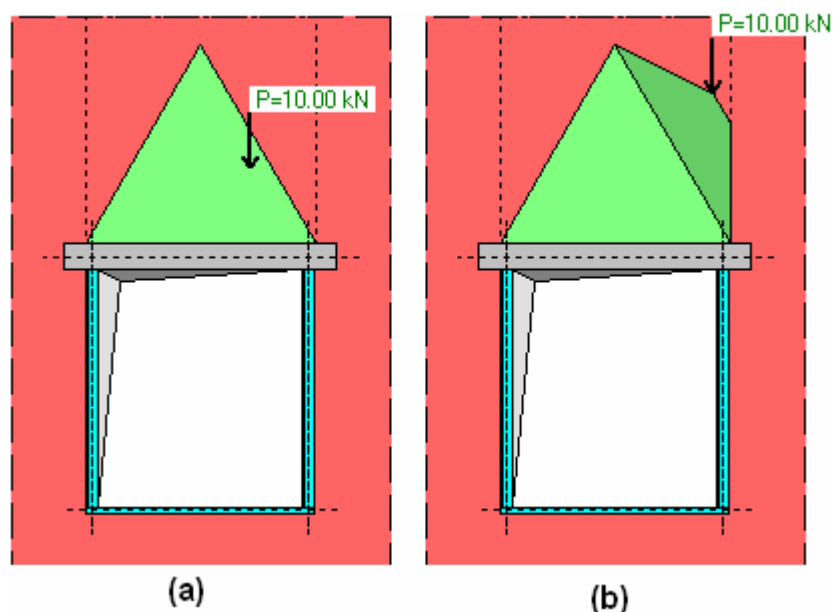
Posizioni notevoli del carico concentrato sono riportate nell'esempio di fig. 8.5. : (a) il carico agisce internamente al triangolo di scarico; (b) il carico è esterno al triangolo (ma comunque incluso nella zona di influenza riguardante l'architrave), individuando così una porzione di muratura aggiuntiva: il carico e la muratura aggiuntiva vengono assimilati ad un carico uniforme agente su metà architrave (la metà destra, nel caso in figura).



**Fig. B.8.4.** Risultati Cerchiature: scheda Stato Limite di Esercizio (SLE).  
 Caso di architrave in calcestruzzo armato

Si osservi che in assenza di carico triangolare (se cioè non si considera il carico da triangolo murario sovrastante l'architrave), un eventuale carico concentrato non nullo viene sempre ricondotto ad un carico concentrato agente direttamente sull'architrave.

Frecce (per SLE), momenti e reazioni agli appoggi (per SLU) sono determinate risolvendo la statica dell'architrave sotto le possibili distribuzioni dette (triangolare, uniforme su tutta la trave, concentrato, uniforme su metà trave), determinando per punti gli effetti massimi.



**Fig. B.8.5.** Posizioni notevoli del carico concentrato

L'analisi allo Stato Limite di Esercizio consiste anzitutto nella verifica di deformabilità (per l'architrave in acciaio è l'unica verifica necessaria).

Per la **verifica di deformabilità** dell'architrave viene fatto riferimento alla **Combinazione caratteristica (rara)** (cfr. (2.5.2) in §2.5.3). La **freccia**, rapportata alla luce dell'architrave stessa, deve essere inferiore al limite specificato nei dati (normalmente 1/500 della luce; l'architrave è una membratura direttamente caricata da muri sovrastanti).

Nel caso di architrave in c.a., la verifica di deformabilità viene svolta con riferimento a §4.1.2.2.2, confrontando il rapporto fra luce e altezza della sezione con un valore limite espresso in funzione dell'armatura e delle resistenze di calcestruzzo e acciaio.

In caso di architrave in c.a., oltre alla verifica di deformabilità vengono volute due ulteriori verifiche:

**Tensioni nei materiali:** si considera come Combinazione di Carico più gravosa ai fini della sicurezza la Quasi permanente, con carichi variabili, se presenti, assimilati ai permanenti non strutturali. Per le tensioni in esercizio, deve risultare:

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}, \sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$$

La tensione viene calcolata utilizzando il Momento flettente di progetto  $M_{Ed}$  e applicando l'ipotesi di comportamento elastico-lineare.

**Stato limite di fessurazione** [Tab. C4.1.II]: a favore di sicurezza, la verifica viene svolta considerando la totalità di tutti i carichi, per cui la Combinazione Frequente coincide con la Quasi permanente.

La verifica è soddisfatta se  $\sigma_s < 240 \text{ N/mm}^2$ .

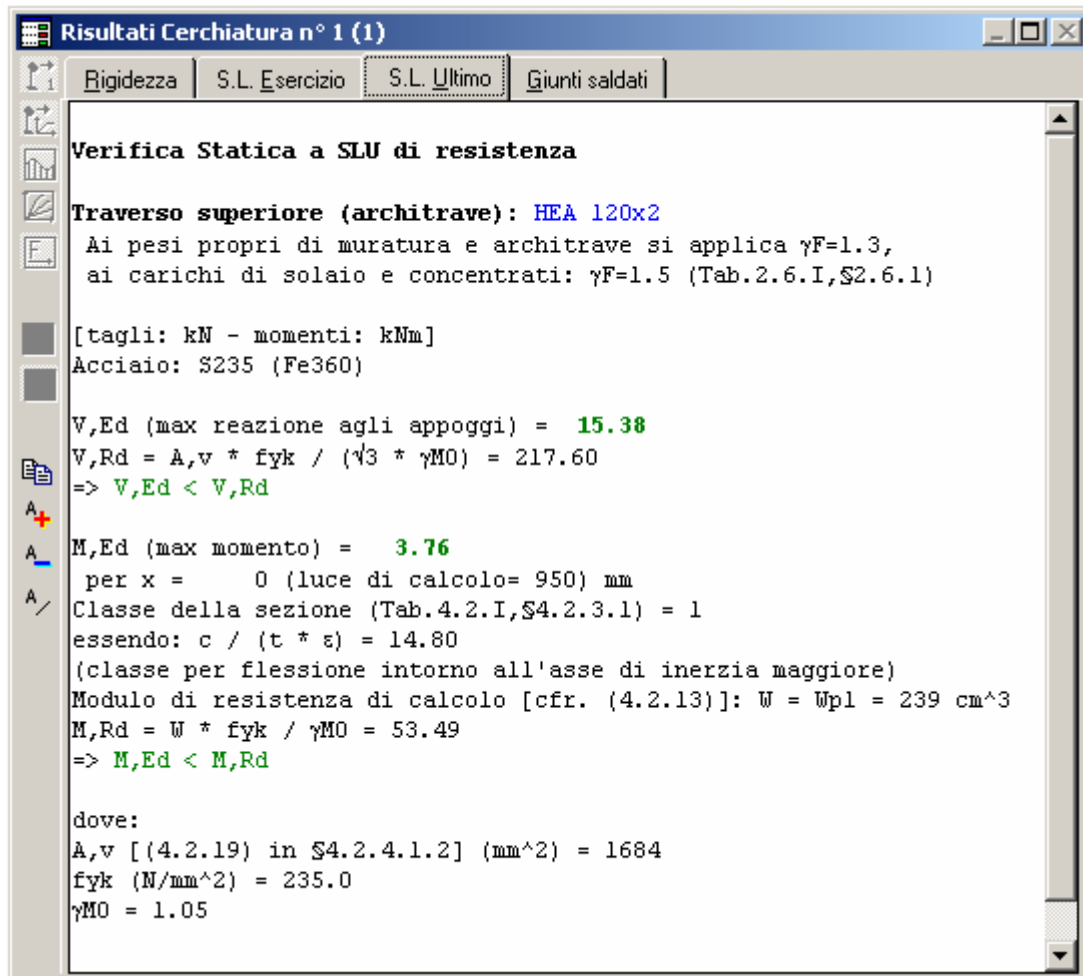


### Attenzione

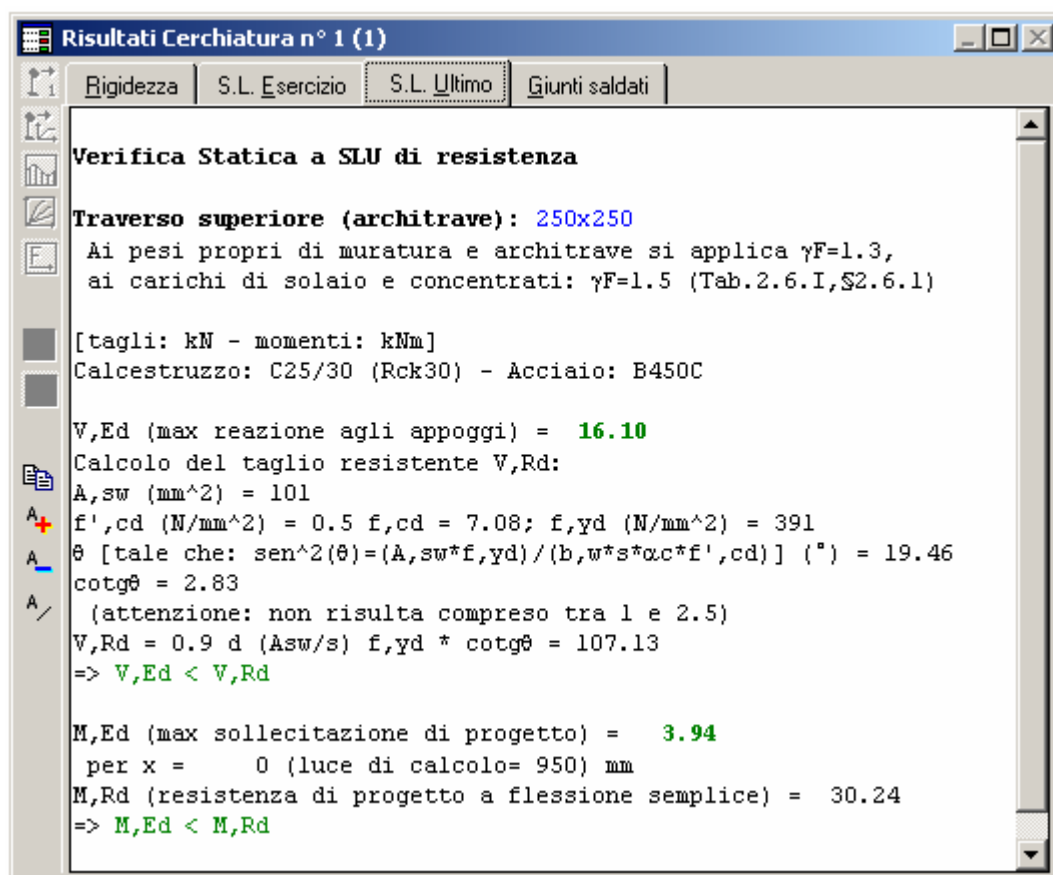
Nei dati di input della cerchiatura sono disponibili opzioni su due parametri che condizionano in modo determinante i risultati:

- si può adottare lo schema di trave doppiamente appoggiata o con semincastri alle estremità (cfr. p. B.5.1.6); usando lo schema a **semincastro**, frecce e momenti si riducono (secondo un coefficiente convenzionale di tipo pratico, come indicato in fig. B.5.7) e quindi la verifica ha più probabilità di essere soddisfatta; si osservi che indipendentemente dal vincolo di estremità, le reazioni agli estremi (tagli di progetto) assumono comunque il valore corrispondente alla trave doppiamente appoggiata;
- è possibile fare riferimento alla **luce netta** (effettiva dimensione trasversale del vano vuoto) anziché alla luce totale (inclusiva dello spessore dei montanti, pari alla larghezza di muratura rimossa). Facendo riferimento alla luce netta, deformazioni e sollecitazioni risultano più contenute ed anche in questo caso la verifica ha più probabilità di essere soddisfatta. ■

### B.8.1.3. Scheda STATO LIMITE ULTIMO



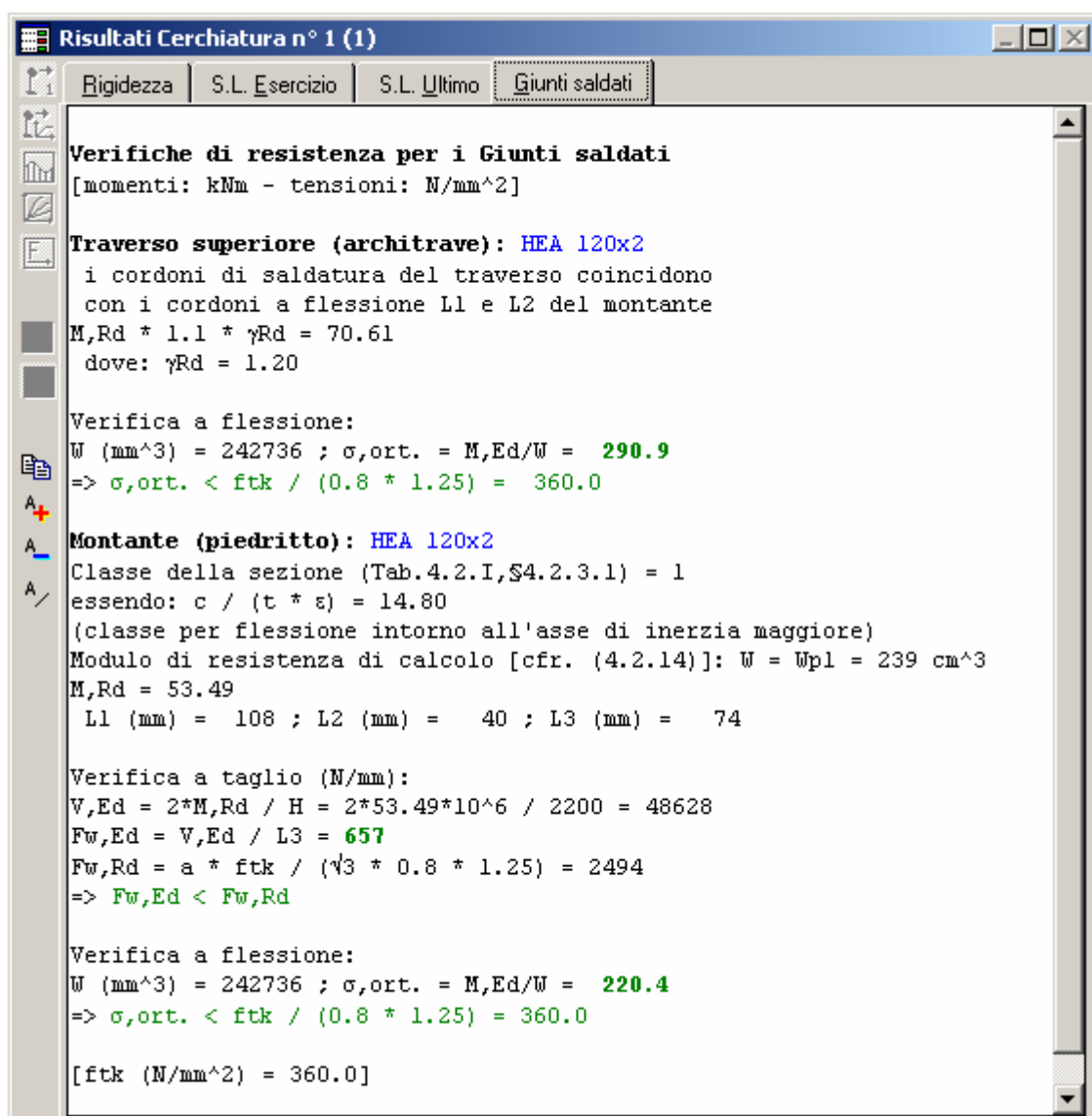
**Fig. B.8.6.** Risultati Cerchiature: scheda Stato Limite Ultimo (SLU)  
Caso di architrave in acciaio



**Fig. B.8.7.** Risultati Cerchiature: scheda Stato Limite Ultimo (SLU).  
Caso di architrave in calcestruzzo armato

Analisi secondo D.M. 14.1.2008: per la verifica statica a **Stato Limite Ultimo** di resistenza dell'architrave viene fatto riferimento alla **Combinazione fondamentale** (cfr. (2.5.1) in §2.5.3). Per quanto riguarda il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_F$ , ai pesi propri di muratura e architrave si applica  $\gamma_F=1.3$ , ai carichi di solaio e concentrati:  $\gamma_F=1.5$  (Tab.2.6.I, §2.6.1). Sia per il taglio che per il momento viene confrontata la sollecitazione di progetto con la resistenza di progetto.

### B.8.1.4. Scheda GIUNTI SALDATI



**Fig. B.8.8.** Risultati Cerchiature: scheda Giunti saldati

In zona sismica, il D.M. 14.1.2008 (§7.5.3.3) prescrive che i collegamenti nelle zone dissipative (nodi sede di cerniera plastica) devono avere sufficiente sovrarresistenza per consentire la plasticizzazione delle parti collegate.

Per quanto riguarda i giunti saldati, le saldature si distinguono fra due gruppi: saldature a completa penetrazione, e saldature a cordoni d'angolo. Per le saldature a completa penetrazione, il requisito di sovrarresistenza si ritiene che sia automaticamente soddisfatto. Per le **saldature a cordoni d'angolo**, il rapporto tra la resistenza di progetto del collegamento  $R_{j,d}$  e la resistenza plastica di progetto della membratura collegata  $R_{pl,Rd}$  deve essere  $\geq \gamma_{Rd} * 1.1$ . Ad esempio, per acciaio S235:  $\gamma_{Rd} = 1.20$ , e quindi deve essere:  $R_{j,d} \geq 1.32 R_{pl,Rd}$ .

Tale sovrarresistenza riguarda il giunto dal lato dove è prevista la formazione della cerniera plastica: nel caso del telaio di cerchiatura, il momento plastico del traverso è minore del montante, e la prescrizione si riferisce quindi alla parte del giunto verso il traverso.

Il calcolo viene condotto assumendo che l'azione di taglio, trasmessa dal traverso al montante, venga assorbita dai cordoni d'anima (la forza di taglio genera tensione tangenziale  $\tau//$ ) e la sollecitazione di flessione sia assorbita dai cordoni di saldatura sulle ali (il momento flettente genera tensione normale  $\sigma$ , ortogonale). Ogni cordone è quindi soggetto ad un'unica componente tensionale non nulla. (Le figg. B.5.10 e B.5.11 illustrano gli schemi di saldatura previsti in AC.M).



## B.8.2. RISULTATI PARETI

I risultati dell'analisi delle Pareti sono organizzati in cinque schede: Statica; Sismica; Coefficienti di sicurezza, Stato Attuale, Stato di Progetto, Equivalenza.

### B.8.2.1. Scheda STATICA

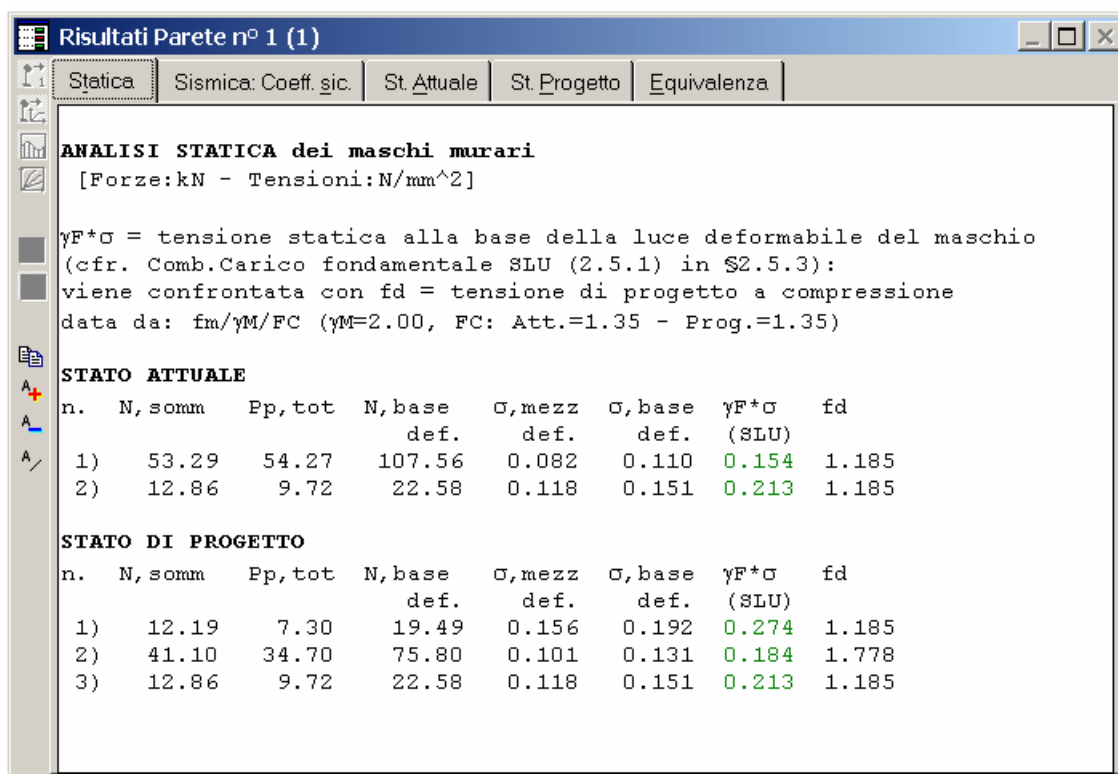


Fig. B.8.9. Risultati Pareti: scheda Statica

Sotto l'azione dei **solli carichi verticali** (carico in sommità e peso proprio), i maschi murari vengono analizzati a **Stato Limite Ultimo** facendo riferimento alla **Combinazione fondamentale** (cfr. (2.5.1) in §2.5.3).

#### ★ Importante!

Il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_F$  viene assunto nel modo seguente: per i pesi propri  $\gamma_F = 1.3$ , per il carico N agente sulla sommità del maschio:  $\gamma_F = 1.5$  (Tab.2.6.I, §2.6.1), a favore di sicurezza (in quanto N può comprendere contributi permanenti e accidentali di varia origine). ■

Nei risultati vengono riportati i valori non amplificati della tensione normale nella mezzeria e alla base della luce deformabile (questi valori vengono utilizzati nel calcolo delle resistenze a taglio e a pressoflessione eseguito in analisi sismica), ed inoltre la tensione normale alla base della luce deformabile del maschio amplificata con  $\gamma_F$  secondo la combinazione fondamentale, di tipo statico.

Quest'ultima tensione viene confrontata con la tensione di progetto a compressione data dalla resistenza media a compressione, divisa per il coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma_M$  (specificato in input nella scheda Calcolo della finestra dati Pareti, cfr. p.B.6.1.5) e per il fattore di confidenza  $F_C$  (specificato in input nelle schede Muratura dei dati Parete, cfr. p.B.6.1.2).

Si segnalano infine le osservazioni riportate nel p.B.6.1.3 (descrizione della scheda Carichi dei Dati Parete), qui di seguito ripetute, le cui implicazioni nei confronti dell'analisi statica della parete muraria sono rilevanti.



## Attenzione

La **risultante dei carichi agenti globalmente sulla sommità della parete muraria** viene distribuita tra i maschi murari in base alle aree di influenza, calcolate attribuendo ad ogni maschio affiancato da aperture la competenza di una zona delimitata dalla mezzeria delle aperture adiacenti.

Tale operazione di attribuzione del carico ai maschi viene eseguita anche quando in un'apertura è presente un telaio di cerchiatura. D'altra parte, nella finestra Cerchiature, il telaio stesso sarà stato analizzato sotto l'azione di un carico. In altre parole, ha luogo una ripetizione del carico sul telaio fra la parte di AC.M che analizza il telaio e quella che studia la parete.

Tuttavia, si deve considerare che i due calcoli (**analisi del telaio di cerchiatura e analisi della parete**) sono effettuati in modo disaccoppiato, e per ognuno dei due viene utilizzata la configurazione di carico più sfavorevole. Sul telaio agirà effettivamente almeno una quota parte del carico agente in sommità della parete in cui si troverà inserito; applicando quindi un carico sull'architrave si agisce in modo coerente con la reale configurazione di carico.

Quando invece si studia la parete, distribuendo il carico complessivo fra i maschi murari si avrà modo di valutare il massimo carico statico che può agire sui maschi stessi (tale carico, per ogni maschio, viene gestito nella finestra Aperture-Maschi). Dal punto di vista sismico, possono aversi valori di N un poco superiori al valore reale (da cui una maggiore resistenza a Taglio), aspetto compensato dal fatto che nel calcolo per azioni orizzontali maschio e telaio sono considerati in parallelo senza l'effetto di connessione (tipo 'sezione composta') fra muratura e acciaio o c.a. del telaio che renderebbe migliore la prestazione della parete nel suo insieme.

### In definitiva, si opera a favore di sicurezza nel seguente modo:

- a) il **telaio di cerchiatura** viene calcolato con il carico effettivamente agente sull'architrave;
- b) la **parete** viene calcolata suddividendo tutto il carico agente sulla sommità fra i maschi murari; maschi e telai sono considerati reagenti in parallelo, e collaborano solo ai fini della resistenza sismica;
- c) di conseguenza, l'**analisi statica di una parete contenente telai di cerchiatura** mostra tensioni cautelative ed è caratterizzata dai seguenti criteri:

\* per i maschi murari reagenti affiancati da telai di cerchiatura la tensione statica viene calcolata, a favore di sicurezza, supponendo che il carico verticale agente in sommità della parete in corrispondenza del maschio venga sostenuto dal maschio stesso, prescindendo dalla collaborazione con il telaio di cerchiatura.

\* per i maschi non reagenti (maschi snelli secondo le opzioni specificate nella scheda Calcolo dei Dati Pareti) aventi a fianco un telaio di cerchiatura: diversamente dai maschi tozzi, per non eccedere a favore di sicurezza (ottenendo verifiche non soddisfatte ma non realistiche) è possibile prendere in considerazione il fatto che il carico verticale in realtà sia sostenuto insieme al telaio. Di conseguenza, è possibile trascurare le tensioni statiche teoricamente valutate da AC.M considerando che il maschio sostenga da solo il carico in sommità. Nei risultati dell'analisi statica della parete, tali tensioni trascurabili vengono indicate in colore grigio (un caso è illustrato nel par. C.2: esempio Guidato).

In AC.M è comunque possibile attribuire a ciascun maschio il carico desiderato (attraverso la scheda Aperture-Maschi dei Dati Parete), e prescindere o meno dal considerare non reagenti i maschi snelli (opzione della scheda Calcolo dei Dati Parete). Per l'Utente è quindi disponibile un'ampia gamma di opzioni per descrivere adeguatamente l'assetto statico della propria parete da analizzare. ■

### B.8.2.2. Scheda SISMICA: COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Attuale	Progetto	Rapporto (C. Sic.)	
Rig.K)	131566	120558	0.916	compreso fra +/-15% (-8.4%)
F, ult)	82.77	131.94	1.594	> 1 (+59.4%)
Cap. Sp.)	14.56	15.04	1.033	> 1 (+3.3%)
En.)	900.41	1009.97	1.122	> 1 (+12.2%)

**VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA**

L'intervento può essere qualificato come Riparazione Locale, poiché rispetta i requisiti di sicurezza richiesti (SC8.4.3) su: rigidezza (variazione non significativa), e resistenza e capacità di deformazione (allo Stato di Progetto non peggiorano rispetto allo Stato Attuale).

Fig. B.8.10. Risultati Pareti: scheda Sismica: Coefficienti di sicurezza

Viene riportato il confronto fra Stato di Progetto e Stato Attuale, definendo i seguenti coefficienti di sicurezza:

- \* **Rigidezza K** (rapporto tra rigidezze elastiche iniziali): il coefficiente di sicurezza deve essere compreso nei limiti indicati in input ai fini della classificazione dell'intervento come Riparazione locale (ad esempio, secondo gli Orientamenti interpretativi della Regione Toscana, il coefficiente di sicurezza deve essere compreso fra 0.85 e 1.15): diversamente, l'intervento viene ricondotto all'ambito del Miglioramento sismico;
- \* **Resistenza: Forza ultima F,ult** (rapporto tra forze massime): deve essere  $\geq 1.00$ ;
- \* **Capacità di spostamento** (rapporto tra spostamenti ultimi): deve essere  $\geq 1.00$ ;
- \* **Energia dissipata** (rapporto tra aree sottese dalla curva di capacità, considerando il diagramma fino al raggiungimento dello stato limite ultimo). Questo coefficiente, non esplicitamente richiesto dalla Normativa vigente, fornisce un utile bilancio energetico del comportamento della parete fra Stato Attuale e Progetto.



**Nota bene** Il **coefficiente di sicurezza sull'Energia dissipata** può svolgere un ruolo importante ai fini della valutazione complessiva dell'intervento.

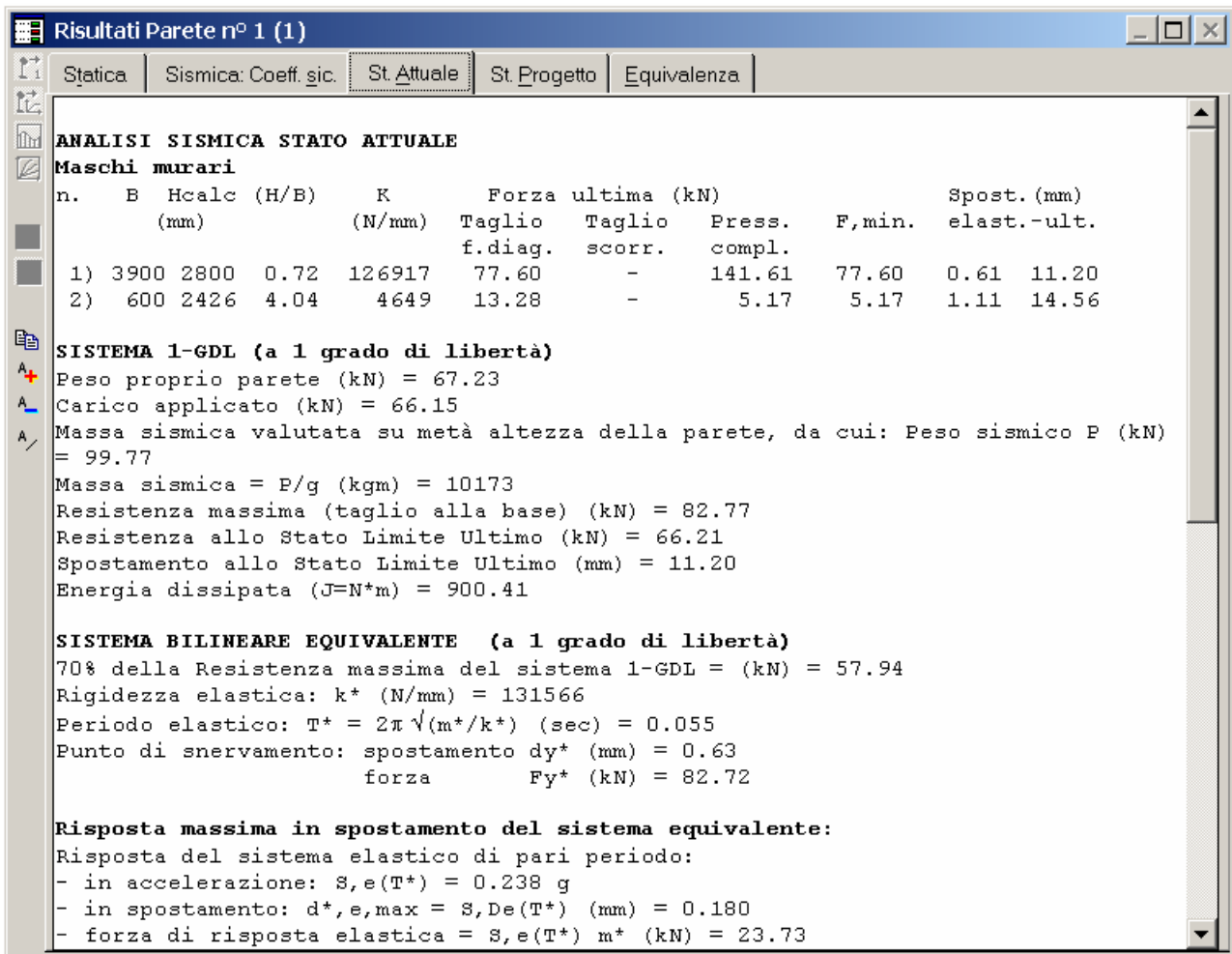
Si pensi al caso di una parete dove allo Stato di Progetto venga realizzata una cerchiatura, con montanti aventi alla base un momento resistente minore della sezione del montante stesso: tale opzione, realistica, è consentita da AC.M (cfr. finestra Cerchiature, scheda Calcolo: Vincolo alla base dei montanti). Poiché il coefficiente di sicurezza relativo alla rigidezza si riferisce al tratto elastico iniziale della curva di capacità, è sufficiente anche un momento resistente di ancoraggio piccolo (non nullo) affinché la rigidezza elastica fornisca la stessa 'sicurezza' di un vincolo ad incastro. Indipendentemente da altre considerazioni relative a forza ultima e capacità di spostamento, ciò potrebbe destare qualche perplessità ai fini della verifica di sicurezza. E' possibile superare questa perplessità facendo riferimento ad un coefficiente di sicurezza relativo al diagramma nel suo complesso.

Infatti: nel caso di montante con ancoraggio di base a resistenza minore del montante stesso, la curva del telaio diviene di tipo trilineare e presenta un'area sottesa minore del vincolo di base a incastro perfetto. Accertando quindi che l'area sottesa allo Stato di Progetto complessivamente non diminuisca rispetto allo Stato Attuale (o, in altre parole: associando al coefficiente di rigidezza un coefficiente relativo all'energia dissipata), è così possibile convalidare in modo più completo l'intervento sulla parete. Un caso di questo tipo è descritto nell'ambito degli Esempi Applicativi (parte C. di questo Manuale). ■

Se l'intervento rientra nel campo del Miglioramento (a causa di una eccessiva variazione di rigidezza), si devono fare le seguenti considerazioni:


- se l'orizzontamento sovrastante la parete è rigido, occorre il calcolo globale e quindi non viene più svolta la verifica locale della parete ma si deve eseguire un'analisi complessiva;
- se invece l'orizzontamento sopra la parete è flessibile, la variazione di rigidezza non influisce sulla reazione delle altre parti dell'edificio e quindi è possibile 'contenere' la verifica di sicurezza entro i limiti della verifica locale, valutando un ulteriore coefficiente relativo all'**accelerazione al suolo** e definito dal rapporto tra PGA,CLV allo Stato di Progetto e PGA,CLV allo Stato Attuale. Per convalidare il Miglioramento, il coefficiente deve ovviamente essere  $\geq 1.00$ .

### B.8.2.3. Scheda SISMICA: STATO ATTUALE

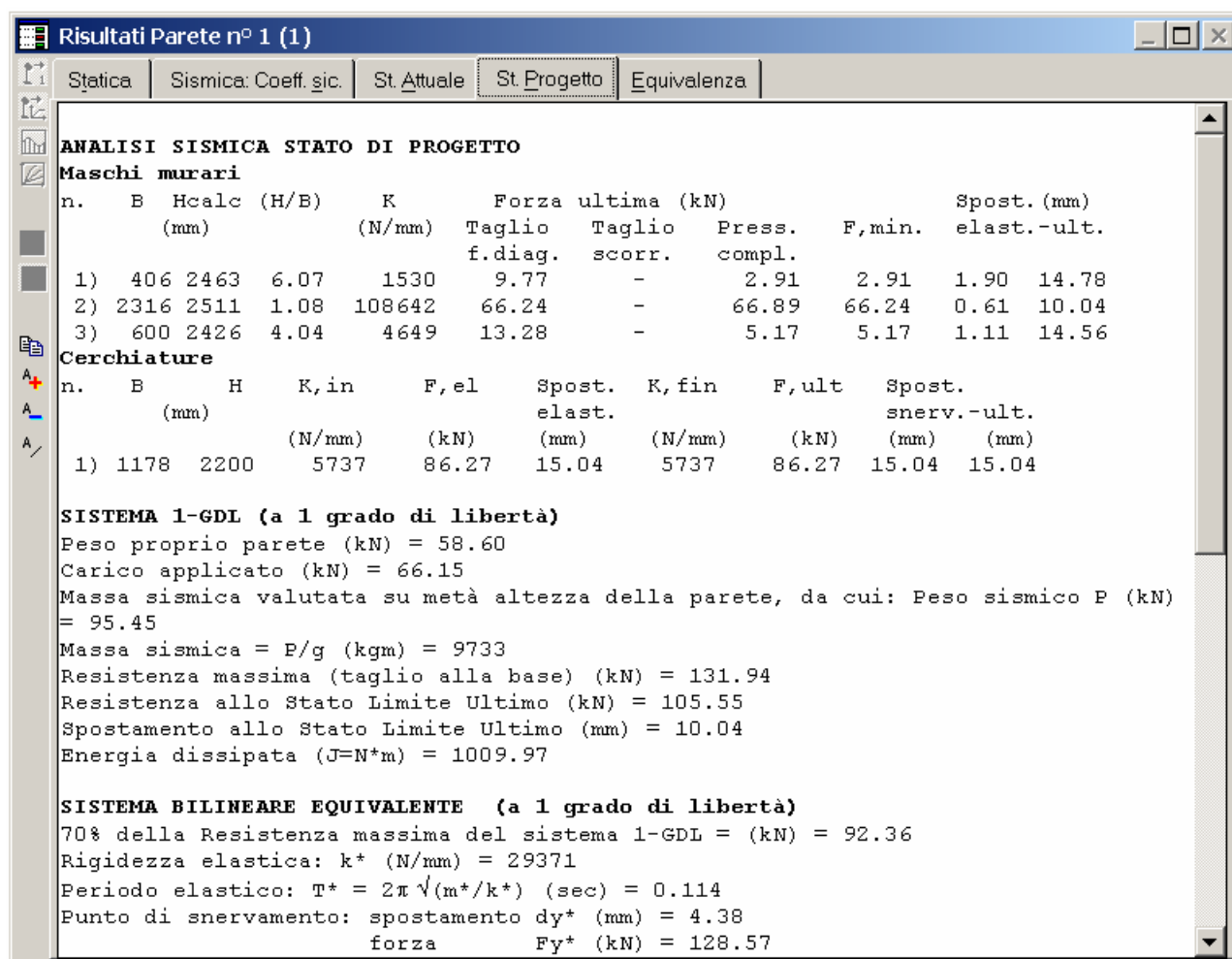


**Fig. B.8.11.** Risultati Pareti: scheda Sismica: Stato Attuale

Si evidenziano i parametri riguardanti singolarmente i maschi murari che definiscono lo Stato Attuale della parete: base B, altezza di calcolo H e snellezza (=rapporto tra H e B); rigidezza K; forza ultima  $F_u$  a pressoflessione complanare, a taglio per scorrimento e a taglio per fessurazione diagonale, secondo i meccanismi di comportamento scelti per i singoli maschi nei dati in input; spostamento al limite elastico  $\delta_y$ ; spostamento ultimo  $\delta_u$ .

I parametri riportati nei risultati dell'analisi della parete possono essere rappresentati in un diagramma, corrispondente alla curva di capacità complessiva allo Stato Attuale (visualizzabile attraverso il comando grafico  della barra degli strumenti, relativo al Diagramma Forza-Spostamento).

### B.8.2.4. Scheda SISMICA: STATO DI PROGETTO



**Fig. B.8.12.** Risultati Pareti: scheda Sismica: Stato di Progetto

Si evidenziano i parametri riguardanti singolarmente i maschi murari e le eventuali cerchiature presenti nello Stato di Progetto della parete: base B, altezza di calcolo H e snellezza (=rapporto tra H e B); rigidezza K; forza ultima  $F_u$ ; spostamento al limite elastico  $\delta_y$ , Spostamento ultimo  $\delta_u$ .

Si osservi che **per le cerchiature** vengono riportati i seguenti parametri, con riferimento al caso più generale di andamento trilineare (corrispondente ad un momento di ancoraggio alla base del montante minore del momento resistente della sua sezione trasversale):

**K<sub>in</sub>** = rigidezza del tratto iniziale (con componente flessionale  $12EJ/h^3$ )

**F<sub>el</sub>** = valore della forza al raggiungimento del momento resistente di ancoraggio alla base. Questo punto del diagramma può essere considerato coincidente con il 'limite elastico'

**Spost. elast.** = spostamento corrispondente a F<sub>el</sub> (spostamento al limite elastico)


**K<sub>fin</sub>** = rigidezza del secondo tratto, in diminuzione (con componente flessionale  $3EJ/h^3$ ), dopo la formazione della cerniera plastica alla base del montante

**F<sub>ult</sub>** = valore della forza al raggiungimento del momento resistente del montante nella sua sezione di sommità

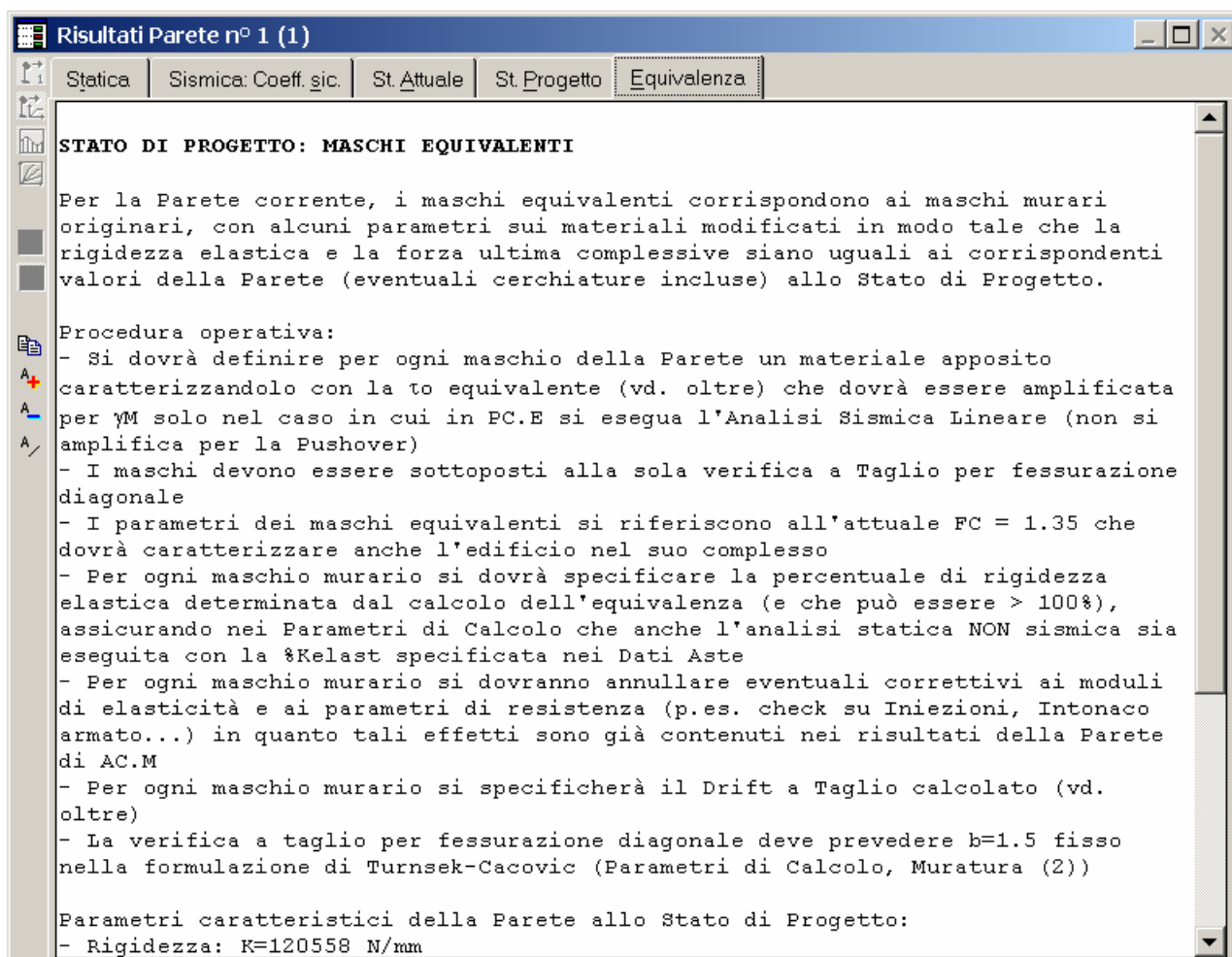
**Spost. snerv.** = spostamento di snervamento, in corrispondenza cioè di F<sub>ult</sub>: segna l'inizio del tratto orizzontale (plastico)

**Spost. ult.** = spostamento ultimo (in corrispondenza della fine del diagramma).

Se il vincolo alla base del montante è una cerniera o un incastro perfetto, il diagramma di comportamento del telaio è bilineare: K<sub>fin</sub> coincide con K<sub>in</sub>; Spost. snerv. coincide con Spost. elast.; F<sub>ult</sub> con F<sub>el</sub>: in altre parole, il limite elastico è coincidente col limite di snervamento.

I parametri riportati nei risultati dell'analisi della parete possono essere rappresentati in un diagramma, corrispondente alla curva di capacità complessiva allo Stato di Progetto (visualizzabile attraverso il comando grafico  della barra degli strumenti, relativo al Diagramma Forza-Spostamento).

### B.8.2.5. Scheda SISMICA: EQUIVALENZA



**Fig. B.8.13.** Risultati Pareti: scheda Equivalenza

Qualora l'intervento sulla parete non possa essere classificato come intervento locale, è necessario inquadrare lo Stato di Progetto nell'ambito di un **Intervento di Miglioramento**, dimostrando che rispetto allo Stato Attuale l'edificio nel suo complesso consegue una migliore capacità antisismica. Per lo studio del miglioramento sismico si rende quindi necessaria un'analisi globale dell'edificio (§C8.4.2), con confronto tra Stato Attuale e Stato di Progetto.

Per Stati di Progetto dove sono previsti interventi di cerchiatura delle aperture, risulta opportuno studiare i **criteri di 'Equivalenza'** secondo i quali è possibile rappresentare in un modello globale dell'edificio i maschi murari appartenenti alla Parete analizzata in A.C.M allo Stato di Progetto. I criteri di Equivalenza sono illustrati nella Teoria (cfr. p. A.3.7).

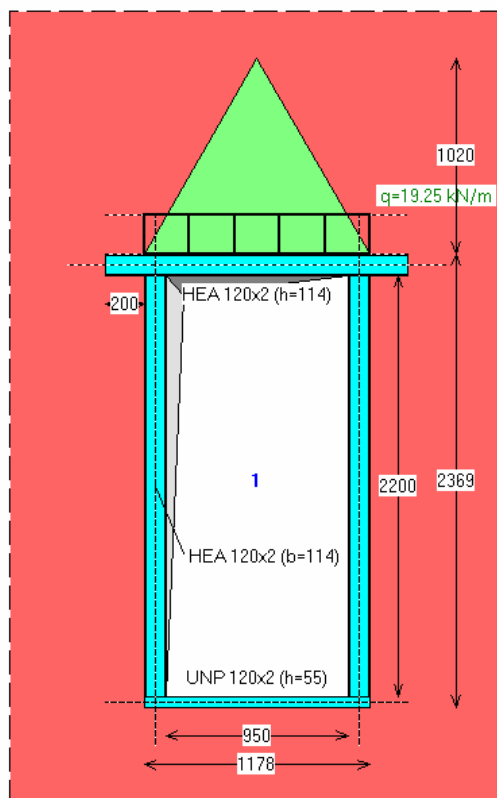
I risultati della scheda 'Equivalenza' mostrano l'applicazione di tali criteri alla struttura oggetto di analisi.



## B.9. GRAFICA

Le opzioni grafiche di AC.M consentono la rappresentazione dei dati relativi alla cerchiatura e alla parete corrente, aggiornati interattivamente con le modifiche effettuate in input. I tipi di disegno che possono essere eseguiti sono illustrati nelle immagini seguenti.

Cerchiatura n.1 / 1



(NTC 08) 6-LC 2) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

**Fig. B.9.1.** Grafica: Dati Cerchiatura

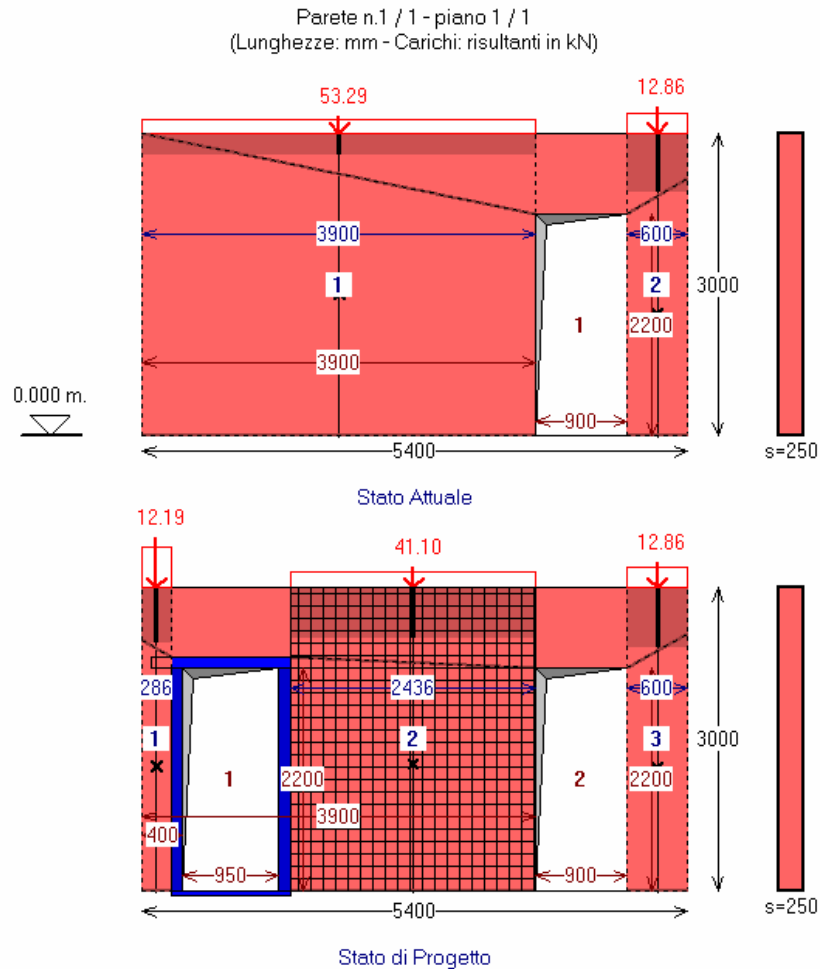


Fig. B.9.2. Grafica: Dati Parete

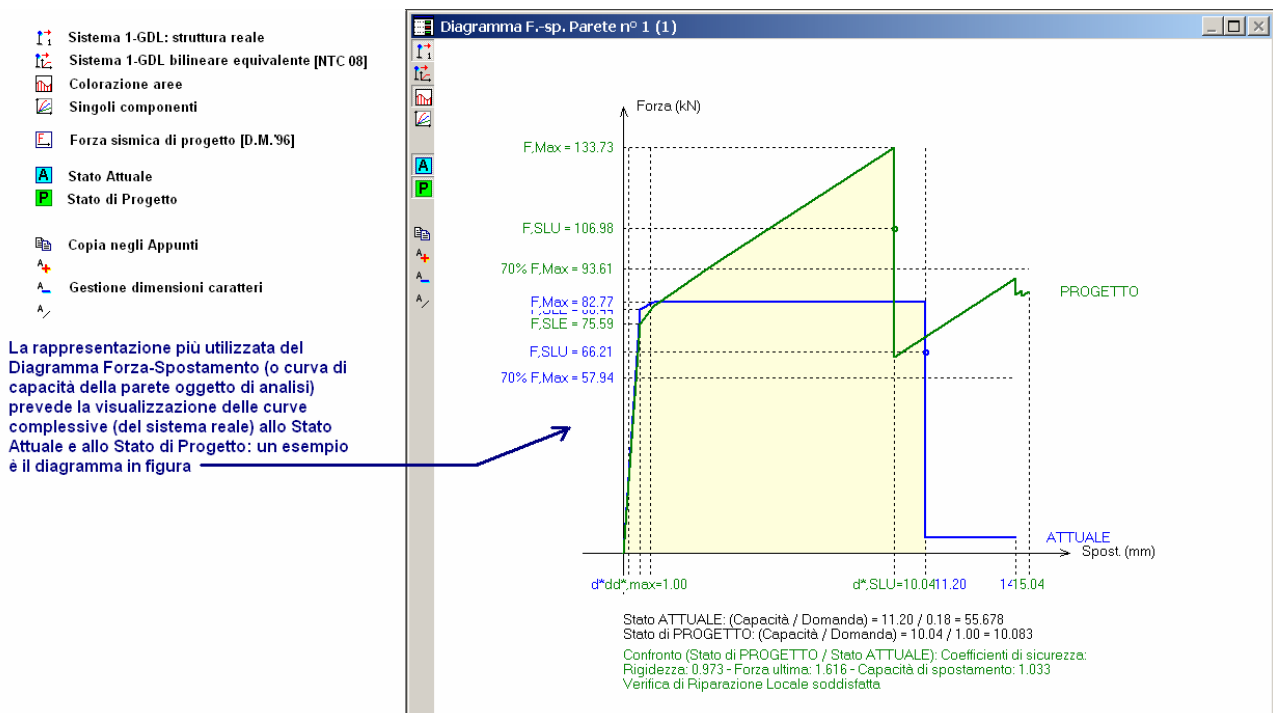
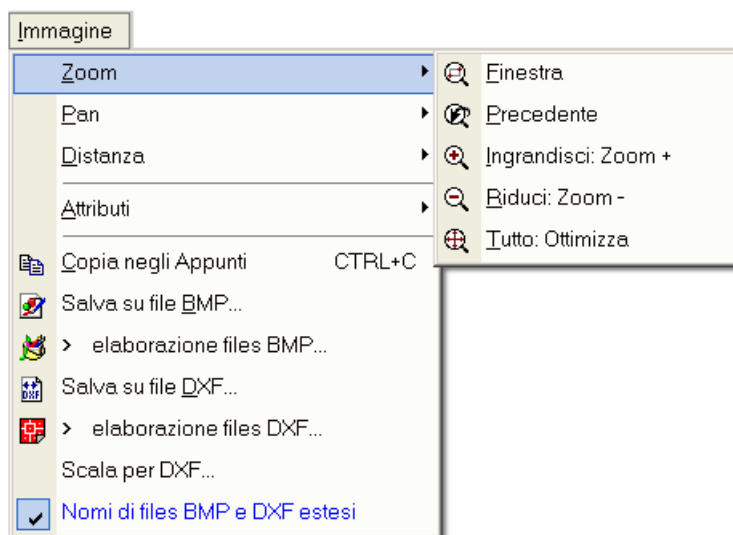


Fig. B.9.3. Grafica: Diagramma Forza-Spostamento (Risultati analisi Pareti)

Il diagramma Forza-Spostamento, variamente configurabile attraverso i comandi della barra degli strumenti (illustrati in fig. B.9.3) costituisce la più efficace rappresentazione visuale della verifica di sicurezza della parete muraria oggetto di analisi.

### B.9.1. Menu IMMAGINE



**Fig. B.9.4.** Finestra Grafica: menu Immagine

I comandi del menu Immagine provvedono alla **gestione dell'immagine** (Zoom, Pan, Distanza, ecc.). **Tutti i disegni** (dati e risultati) caratterizzati dai parametri correnti, **sono esportabili su file dxf** per una successiva rielaborazione da programmi di CAD. E' inoltre possibile specificare la scala dei files dxf in output.

**Zoom Finestra** = Consente l'ingrandimento del disegno visualizzato nell'Immagine del Progetto, attraverso la definizione di una finestra rettangolare. Per eseguire tale operazione:

- scegliere questo comando,
- posizionare il puntatore del mouse all'interno della cornice dell'Immagine del Progetto nel punto che costituirà il vertice superiore sinistro della finestra di zoom,
- premere il pulsante sinistro del mouse
- e tenendolo premuto trascinare il mouse costruendo la finestra di zoom,
- rilasciare il pulsante sinistro del mouse quando la finestra ha assunto le dimensioni desiderate.

**Zoom Precedente** = Ritorna alla visualizzazione precedente.

**Ingrandisci (Zoom +), Riduci (Zoom -)** = Ingrandisce o riduce le dimensioni del disegno visualizzato, secondo la percentuale del 10%, considerando come punto fisso il punto centrale della visualizzazione corrente.

**Zoom Tutto: Ottimizza** = Mostra la visualizzazione ottimale del disegno, adattandolo nel modo migliore possibile alle dimensioni della finestra grafica.

**Pan** = Consente la visualizzazione di diverse porzioni del disegno, senza cambiarne l'ingrandimento. In questo modo si possono vedere quei dettagli che non rientravano nello schermo prima di dare il comando Pan, e più in generale si può spostare il disegno all'interno dell'Immagine del Progetto. Questo comando richiede la definizione di un vettore di spostamento. Per eseguire tale operazione:

- scegliere questo comando,
  - posizionare il puntatore del mouse all'interno della cornice dell'Immagine del Progetto nel punto di inizio del vettore di spostamento,
  - premere il pulsante sinistro del mouse
  - e tenendolo premuto trascinare il mouse costruendo il vettore,
  - rilasciare il pulsante sinistro del mouse quando il vettore corrisponde allo spostamento desiderato.
- Il vettore di spostamento specifica come il disegno deve spostarsi rispetto allo schermo.

Nel caso che **'ortogonale'** sia attivato, lo spostamento avverrà in direzione orizzontale o verticale.

**Distanza** = Consente il calcolo e la visualizzazione della distanza fra due punti dell'area grafica. La distanza Ortogonale fornisce il valore in direzione orizzontale o verticale.

**Attributi** = Apre un sottomenu, nel quale vari comandi di visualizzazione permettono la gestione degli attributi dell'immagine:

**Monocromatico, Colore di fondo** = Significato evidente. Per semplificare la stampa, si consiglia di utilizzare il colore di fondo Bianco per il salvataggio dell'immagine su file bitmap ai fini dell'importazione dell'immagine stessa nella Relazione di Calcolo.

**Copia negli Appunti** = Pone nella memoria grafica di Windows l'immagine della finestra grafica corrente. Questo comando è utile per rapide operazioni di Copia e Incolla volte ad esportare immagini in altri programmi (ad es. Word, Paint), senza l'obbligo di salvare l'immagine preventivamente su file BMP.

**Salva su file BMP...** = Crea un file grafico, di estensione BMP, nella sottocartella:

`\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output`

che può essere aperto, visualizzato e modificato in un qualunque programma di disegno in grado di importare files nel formato bitmap (es. Paint). Il disegno bitmap è un particolare tipo di immagine composta da una serie di punti e non da vettori; esso, pertanto, non può essere ridimensionato in scala. Per il disegno corrente, viene proposto un particolare nome di file (sigla identificativa del disegno) che comunque l'utente può variare a piacere.

**Salva su file dxf...** = Crea un file grafico, di estensione dxf, nella sottocartella:

`\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output`

che può essere aperto da un qualunque programma di CAD in grado di importare files nel formato dxf (es. AutoCAD). Il disegno importato si presenta, all'interno del programma di CAD, in formato vettoriale, ovvero composto da entità geometriche (linee, cerchi, archi, testi, ecc.) che lo rendono ridimensionabile in scala. Con questo metodo vengono normalmente editati i disegni tecnici.

Il file dxf prodotto si riferisce al disegno correntemente visualizzato nella finestra grafica attiva.

Per il disegno corrente, viene proposto un particolare nome di file che comunque l'utente può variare a piacere (ad esempio, per i dati della Sezione A-A del solaio i-esimo, AC.M propone: Sez-AAi.dxf).

I files dxf in output possono essere richiamati per visualizzazione ed eventuali modifiche e/o integrazioni dai programmi di CAD tramite gli opportuni comandi; ad esempio, in AutoCAD il comando DXFIN consente l'importazione dei disegni archiviati sotto forma di file dxf.

Tutte le rappresentazioni grafiche di AC.M sono esportabili su CAD via files dxf di output.

Per quanto riguarda i **colori su file dxf in output**, questi sono predisposti in modo da corrispondere a quelli visualizzati da AC.M. Comunque, le corrispondenze possono essere corrette all'interno del file ColorCad.txt, utilizzando i codici numerici per i colori convenzionali idonei al particolare programma di CAD utilizzato. Alcune possibili combinazioni sono quelle di ColorCad.001 (uguale a ColorCad.txt per preimpostazione) e ColorCad.002.

**Scala per dxf...** = Richiede la scala per generare il file dxf di output.

## B.10. FINESTRA RELAZIONE

La finestra Relazione consente la visualizzazione della Relazione di calcolo precedentemente elaborata usando il comando Stampa del menu File della finestra Progetto.

In questo modo la Relazione può essere gestita come finestra interna di AC.M senza necessità di lanciare un software esterno, tipo Word. In ogni caso, per stamparne il contenuto o arricchirne il testo ad esempio inserendo figure, occorre utilizzare un word-processor, ad esempio Word.

La relazione di calcolo visualizzabile deve essere un file rtf posto nella sottocartella:

`\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output`

dove vengono collocati tutti i files grafici (bmp, dxf) e di testo (rtf) prodotti da AC.M per il Progetto corrente.

### B.10.1. Menu FILE

**Apri relazione...** = Apre una finestra di dialogo dove è possibile specificare quale relazione visualizzare nella finestra Relazione. Le relazioni devono essere files rtf posti in


`\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output`

Poiché quindi la relazione è selezionabile, possono essere state elaborate - per il Progetto corrente - più relazioni, in modo da confrontarne il contenuto attraverso la loro visualizzazione.

**Salva relazione** = Salva la relazione corrente. Questo comando può essere eseguito dopo aver modificato il testo della Relazione visualizzata nella finestra.

**Salva relazione con nome...** = Apre una finestra di dialogo, dove, dopo modifiche del testo, la relazione correntemente visualizzata può essere salvata con altro nome, in modo da conservare il testo precedente.

## B.11. FINESTRA GALLERIA

La finestra Galleria (fig. B.11.1) viene aperta dal pulsante grafico  della barra degli strumenti della finestra Progetto, o equivalentemente dall'apposito comando del menu Opzioni della finestra Progetto. La finestra consente la comoda visualizzazione di tutte le immagini associate al Progetto; esse vengono caricate da i files bitmap (estensione *.bmp*) presenti nella cartella:

`\Aedes2012\Acm\Progetti\NomeProgetto\Output`

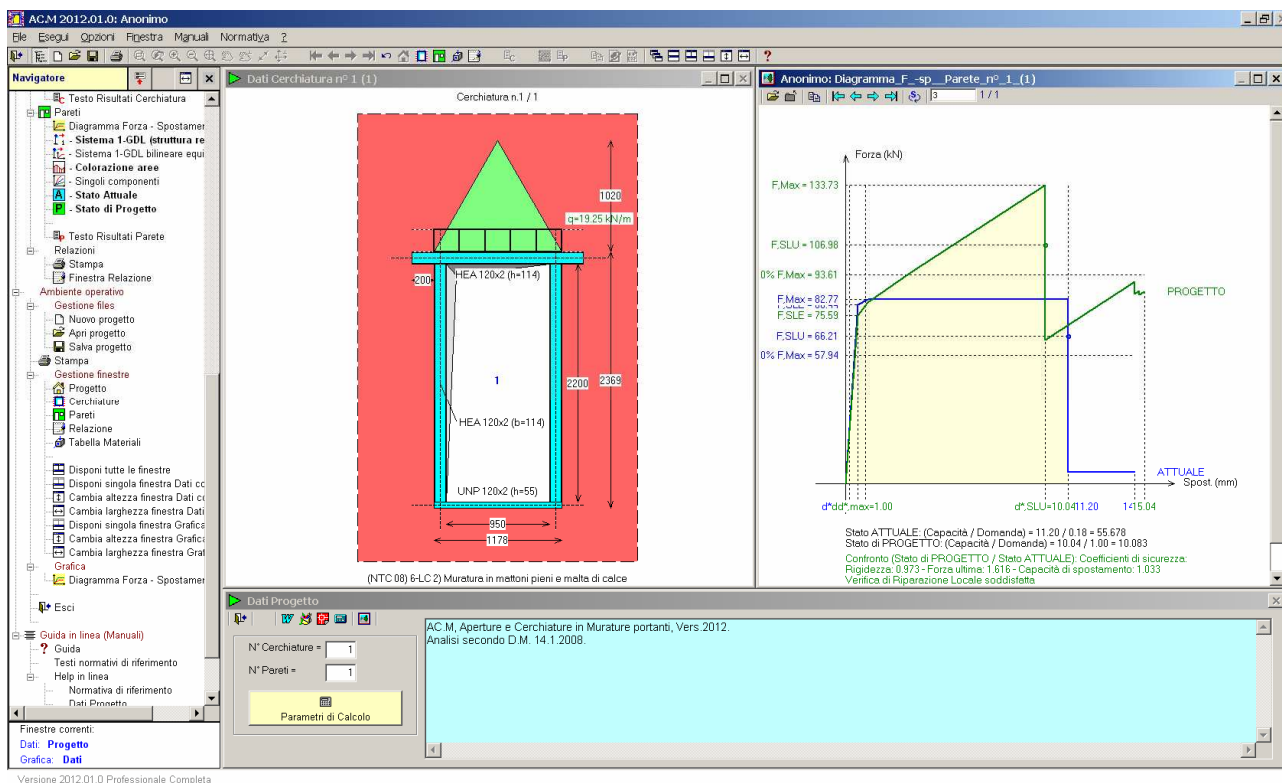
dove NomeProgetto indica il progetto di cui si visualizzano le immagini.

Le immagini possono essere scorse a piacere, attraverso gli opportuni tasti di comando descritti nel seguito, oppure automaticamente, tramite il comando di Sequenza Automatica che anima la finestra, mostrando i disegni uno dopo l'altro secondo l'intervallo di tempo desiderato. Con un solo comando è così possibile visualizzare tutte le rappresentazioni grafiche fino a quel momento salvate per il Progetto corrente.

La finestra Galleria ha in realtà una funzione più ampia rispetto alla semplice visualizzazione delle immagini associate al progetto corrente: in essa infatti possono essere aperte le immagini (precedentemente elaborate) di qualunque progetto, anche distinto dal progetto corrente. Questa opportunità permette ad esempio il confronto diretto fra due strutture distinte, quella attualmente in linea come progetto corrente di AC.M, e quella le cui immagini sono mostrate nella finestra Galleria. Da opportune caselle di riepilogo può essere scelto sia il nome del Progetto di cui si vogliono visualizzare le immagini, sia la particolare immagine (fra quelle disponibili) che si vuole effettivamente visualizzare nella Galleria.

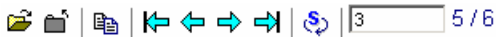
Le immagini della finestra Galleria, diversamente dalla finestra Grafica, sono immagini bitmap e quindi 'fisse': esse non possono essere ridimensionate; anche se la finestra Galleria viene ingrandita, sono sempre mostrate con le loro dimensioni reali. Per visualizzare immagini a scale diverse, magari ingrandite al fine di visualizzare un maggior numero di dettagli nel disegno, occorre ridimensionare adeguatamente le rappresentazioni grafiche nella finestra Grafica prima di generare le bitmap.


Quando la bitmap eccede le dimensioni fisiche della finestra Galleria, opportune barre di scorrimento consentono comunque la visualizzazione di ogni parte dell'immagine corrente.



**Fig. B.11.1.** Finestra Galleria (in alto, a destra) in ambiente AC.M

## Barra degli strumenti



 **Apri Elenchi Progetti e Immagini** = visualizza le caselle di riepilogo dove sono mostrati in elenco a sinistra i Progetti disponibili, ed in elenco a destra le immagini disponibili per il Progetto selezionato. E' sufficiente fare clic sul nome del progetto e sul nome del file bitmap dell'immagine, per visualizzarla immediatamente. Un esempio è riportato in fig. B.11.1, dove la finestra Galleria è visualizzata, in ambiente AC.M, insieme alla finestra Grafica, alla finestra Progetto e al Navigatore. Si comprende quindi come l'accesso ad una qualunque immagine salvata di un qualunque progetto elaborato con AC.M, è un'operazione immediata. Si osservi inoltre che nell'elenco delle immagini compaiono tutti i files bmp presenti in:

*Aedes2012\Acm\Progetti\ NomeProgettoSelezionato\Output,*

quindi anche gli eventuali files elaborati dall'Utente esternamente a AC.M (per esempio, possono essere state generate e modificate altre bitmap contenenti commenti o annotazioni: fotografie, immagini architettoniche, particolari costruttivi, ecc.).


Qualora per un dato Progetto nessuna bitmap sia disponibile, nella finestra Galleria viene mostrato il messaggio riportato in fig. B.11.2:








Non è stata rilevata alcuna immagine associata al Progetto selezionato.


Se si desidera visualizzare nella Galleria immagini associate al Progetto selezionato, si devono salvare le elaborazioni grafiche di tale Progetto su bitmap (file BMP)

**Fig. B.11.2.** Assenza di immagini per il progetto correntemente selezionato

 **Chiudi Elenchi** = nasconde le caselle di riepilogo contenente i nomi dei Progetti e delle corrispondenti bitmap disponibili. Chiusi gli elenchi, non è possibile variare il progetto di cui sono mostrate le immagini nella Galleria, tuttavia è possibile scorrerne a piacere le immagini disponibili attraverso gli appositi pulsanti, descritti qui di seguito.

 **Copia negli Appunti** = copia l'immagine corrente negli Appunti, ad esempio al fine di incollarla in un documento di Word contenente una relazione.

 **Prima Immagine**,  **Immagine Precedente**,  **Immagine Successiva**,  **Ultima Immagine** = tasti per lo scorrimento delle immagini. E' così possibile visualizzare le diverse immagini disponibili per il progetto correntemente selezionato. Un indicatore sulla destra della barra degli strumenti mostra il numero attuale dell'immagine nell'elenco rilevato; per esempio, in fig. B.11.1, l'immagine mostrata è la prima su un totale di 5 disponibili: 1/5.

 **Sequenza automatica** = questo comando ha l'effetto di iniziare la visualizzazione automatica delle immagini, mostrate in sequenza una dopo l'altra (dopo l'ultima, la sequenza riprende dalla prima immagine). Il tempo di visualizzazione di ogni singola immagine (intervallo) è specificato, in secondi, nella casella di testo immediatamente a lato, sulla destra; l'intervallo è modificabile a piacere. Un tempo più lungo consente una comoda visualizzazione di tutta la sequenza, rendendo possibile la consultazione approfondita dell'immagine. Attivando per esempio la sequenza automatica nella configurazione di fig. B.11.1, le 5 immagini disponibili saranno mostrare in successione ad intervalli di 3 secondi. Per disattivare la sequenza automatica, premere nuovamente il pulsante.



## B.12. SUGGERIMENTI SULL'USO INFORMATICO

**Per apprendere l'utilizzo di AC.M:** la migliore modalità di apprendimento all'uso del programma avviene leggendo e ripercorrendo con attenzione l'esempio guidato E-A-01 riportato nel paragrafo C.1.1. del volume 'Esempi Applicativi'.

La seguente sezione (Come fare per...) intende dare una serie di risposte alle più frequenti domande inoltrate dagli Utenti.

### B.12.1. COME FARE PER...

#### B.12.1.1. SALVARE UNA SCHERMATA

Qualunque schermata di Windows, relativa a qualsiasi programma utilizzato, può essere salvata come immagine bitmap per poi essere riutilizzata, ad esempio, per relazioni (ad es. in Word) o modifiche delle figure (ad es. in Paint).


Per salvare in una bitmap la schermata, si utilizzano i comandi del sistema operativo Windows:

**ALT+STAMP** pone in memoria solo la finestra attiva (quella correntemente in evidenza);

**STAMP** pone in memoria tutta la schermata di Windows.

Subito dopo è possibile incollare l'immagine ad esempio in Word, o in Paint, utilizzando i comandi:

**CTRL+V** o **SHIFT+INS**

La finestra Parametri di Calcolo propone anche il pulsante  per inserire direttamente in memoria l'immagine della finestra.

#### B.12.1.2. INTRODURRE NUOVI MATERIALI E ASSEGNARLI A PARETI

I nuovi materiali possono essere introdotti nella tabella materiali. Si tenga presente che pur cambiando i parametri nella **Tabella Materiali**, non cambiano i parametri corrispondenti nei Dati Cerchiature e nei Dati Pareti: il collegamento interattivo fra le due finestre, infatti, non esiste.

Inserito un nuovo materiale, chiudere la finestra Tabella Materiali, archiviare (Salva) e riaprire la finestra Cerchiature o Pareti: a questo punto il nuovo materiale può essere letto dalla Tabella Materiali per richiamarlo nei Dati Cerchiature o nei Dati Pareti.

#### B.12.1.3. INSERIRE NELLA RELAZIONE LE FIGURE DELLE FINESTRE GRAFICHE

Per inserire nella Relazione di calcolo le figure, occorre: aver precedentemente creato la relazione su file RTF, ed averla aperta ad esempio con Word (Word è quindi aperto insieme a AC.M).

In AC.M, facendo clic sulla finestra grafica interessata, la si attiva (bordo evidenziato). Scegliere il comando 'Copia negli Appunti' (CTRL+C) dal menu Immagine; il comando pone nella memoria grafica di Windows l'immagine al momento visualizzata.

Per incollarla nella relazione: all'interno di Word, scorrere il testo fino alla posizione desiderata, e quindi eseguire il comando Incolla del menu Modifica di Word.

In alternativa, le immagini di AC.M possono essere salvate su bitmap, generando files di archivio grafico BMP in C:\Aedes2012\Acm\NomeProgetto\Output, e quindi, magari in un secondo tempo, richiamate da Word per l'inserimento nella relazione.


### B.12.2. SOLUZIONI IN CASO DI DIFFICOLTA'

#### B.12.2.1. NELLA STAMPA NON COMPAIONO TUTTE LE CERCHIATURE O PARETI

Quando si apre un progetto già archiviato, si attiva automaticamente la finestra Progetto e viene mostrata la prima cerchiatura. Aprendo la finestra Cerchiature, i risultati vengono aggiornati

interattivamente. Se nel progetto sono presenti più Cerchiature e/o più Pareti (ad esempio: 3 Cerchiature e 2 Pareti), qualora si eseguano subito le seguenti operazioni (in sequenza):

- chiusura della finestra Cerchiatura, per attivare la finestra Progetto e poter creare la Relazione di calcolo;





- comando Stampa della finestra Progetto (o uso del pulsante grafico della Barra degli Strumenti: ) , viene evidenziato un messaggio di avviso col seguente contenuto:

"Risultano non calcolate le seguenti Cerchiature: 2 3


Risultano non calcolate le seguenti Pareti: 1 2

Per questi elementi non sono disponibili i Risultati dell'Analisi:  
occorre prima visualizzarli nelle finestre corrispondenti

(il calcolo viene svolto interattivamente con la visualizzazione)."

Il significato è evidente: infatti, **in AC.M il calcolo delle cerchiature e quello delle pareti viene eseguito interattivamente** durante la visualizzazione delle rispettive finestre: occorre quindi aprire tali finestre per rendere disponibili i risultati. Nel caso di più cerchiature, o più pareti, saranno disponibili per la stampa soltanto i risultati degli elementi visualizzati: quindi, per ottenere una stampa completa, è necessario aprire le finestre Cerchiature e/o Pareti, e scorrere tutti gli elementi del progetto corrente (usando i comandi del menu Sposta oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti:  Prima,  Precedente,  Successiva,  Ultima).

### B.12.2.2. FINESTRE SOVRAPPOSTE

Spostando le finestre di AC.M sul video, con operazioni tipiche di Windows, è possibile creare schermate caotiche. In tal caso, si consiglia di utilizzare il comando 'Disponi' del menu Finestra (selezionabile anche attraverso il pulsante grafico della barra degli strumenti: ) , che ottimizza la disposizione delle finestre di AC.M, secondo le modalità di default più convenienti per la gestione del programma.

In alto, vengono affiancate le due finestre grafiche (1) (a sinistra) e (2) (a destra); in basso la finestra di testo corrente (le altre eventualmente aperte restano sotto la finestra attiva). In pratica, si ripristina la disposizione di finestre presentata all'avvio da AC.M.

In ogni momento, quindi, anche dopo aver spostato e/o ridimensionato alcune finestre, è possibile richiamare la disposizione ottimale.

### B.12.2.3. IMPOSSIBILE APRIRE PIÙ ISTANZE DI AC.M

AC.M non prevede tale possibilità. Quindi, per esaminare più strutture non si può contemporaneamente aprire più di una sessione di AC.M. Occorre cambiare la struttura all'interno del programma, richiamando via via il progetto desiderato.

## B.13. SUGGERIMENTI SULL'USO INGEGNERISTICO

Nell'utilizzo di AC.M si devono tenere presenti alcune limitazioni, che potranno essere superate nelle versioni di aggiornamento, insieme all'implementazione di nuove funzionalità:

- non è possibile specificare cerchiature con più di due piedritti (ad esempio, telai con lunghe architravi che poggiano su piedritti intermedi);
- non è possibile specificare cerchiature con telai in materiale misto (ad esempio, sezioni in acciaio-calcestruzzo, come nel caso di piedritti HE annegati in pilastri in calcestruzzo).

### B.13.1. COME FARE PER...

#### B.13.1.1. INDIVIDUARE UNA PARETE MURARIA DA ANALIZZARE

Quando si prevedono interventi locali di consolidamento, si focalizzerà l'attenzione sullo Stato Attuale (pre-intervento) e sullo Stato di Progetto (ad intervento realizzato). Si ricorda che nel caso di pareti effettivamente lesionate da evento sismico, occorre fare riferimento - come Stato Attuale - allo stato pre-evento.

Mentre è immediato sapere quali cerchiature o architravi analizzare (perché il progettista stesso ne decide l'eventuale impiego e la tipologia), potrebbe non essere immediato definire i **'contorni' della parete** oggetto di studio.

In genere conviene operare individuando la parete nel seguente modo:

- bordo laterale sinistro: posizione del muro di irrigidimento ortogonale;
- bordo laterale destro: posizione del muro di irrigidimento consecutivo;
- bordo superiore: solaio sovrastante;
- bordo inferiore: solaio sottostante.

#### B.13.1.2. ELEMENTI MURARI A SEZIONE TRASVERSALE NON RETTANGOLARE

In AC.M, le pareti murarie devono necessariamente avere sezione trasversale rettangolare. Pertanto, non è possibile schematizzare, ad esempio:

- pareti a sezione trasversale quadrilatera ma non rettangolare;
- pareti che formano in pianta geometrie complesse: ad esempio, angoli a L, o incroci murari a T, ecc.: occorre sempre ricondursi allo studio separato di più elementi rettangolari;
- pareti curve: devono essere rettificare, suddividendo il paramento curvo in più pareti a sezione rettangolare.

Non è possibile inoltre schematizzare 'contrafforti' o 'speroni', cioè pareti a sezione variabile in altezza (talvolta presenti alle quote inferiori di edifici murari esistenti). Utilizzare ad esempio la sezione a metà altezza per schematizzare l'intera parete senza alterare il valore del peso proprio.

#### B.13.1.3. MURATURE MISTE NON RICONOSCIBILI NELLE TIPOLOGIE DI NORMATIVA

Nel caso di pareti dove i singoli maschi murari presentino materiali diversi, ma tutti riconoscibili fra quelli previsti dalla Normativa, occorre modificare i valori sui materiali (reimpostati secondo la parete globale) nella finestra 'Maschi murari' della scheda Aperture-Maschi della finestra Pareti.

Qualora invece sia proprio il materiale costituente i maschi a non essere riconoscibile nelle tipologie di Normativa, è possibile definire - nella finestra Tabella Materiali - 'nuovi' materiali con caratteristiche intermedie basate su 'medie pesate' (p.es. facendo riferimento ai volumi dei diversi componenti).

#### B.13.1.4. CONSOLIDARE IN PRATICA UNA PARETE

Per migliorare uno Stato Attuale e pervenire allo Stato di Progetto, in modo che tutte le verifiche previste per la parete siano soddisfatte, dobbiamo studiare in che modo tradurre in 'numeri' e 'parametri' gli interventi concreti di consolidamento.

E' possibile, fra l'altro, agire nei seguenti modi:

- rivedere la geometria: allo Stato di Progetto, ad esempio, la parete potrebbe cambiare dimensioni. Si ricorda infatti che, nell'ambito di una verifica locale quale è quella eseguita da AC.M, generalmente per individuare una 'parete' (paramento murario con eventuali aperture) si fa riferimento ai muri ortogonali di irrigidimento, che ne determinano l'inizio e la fine. Inserendo ad esempio nuove pareti ortogonali, si può ridurre la lunghezza della parete da analizzare;
- migliorare le caratteristiche meccaniche (intonaco armato; cuci-scuci; iniezioni; perforazioni armate in grado di conseguire un incremento di duttilità), eventualmente solo per porzioni della parete (e quindi modificare opportunamente i dati sui maschi murari);
- inserire cerchiature delle aperture in grado di ripristinare la continuità per pareti forate;
- modificare la distribuzione dei carichi.

## C. ESEMPI APPLICATIVI e PROCEDURE DI VALIDAZIONE

### C.1. ESEMPIO PER LA VALIDAZIONE DEL SOFTWARE

AC.M viene applicato all'esempio svolto nel volume di riferimento [6], del quale si riportano in sintesi nel seguito i calcoli svolti manualmente.

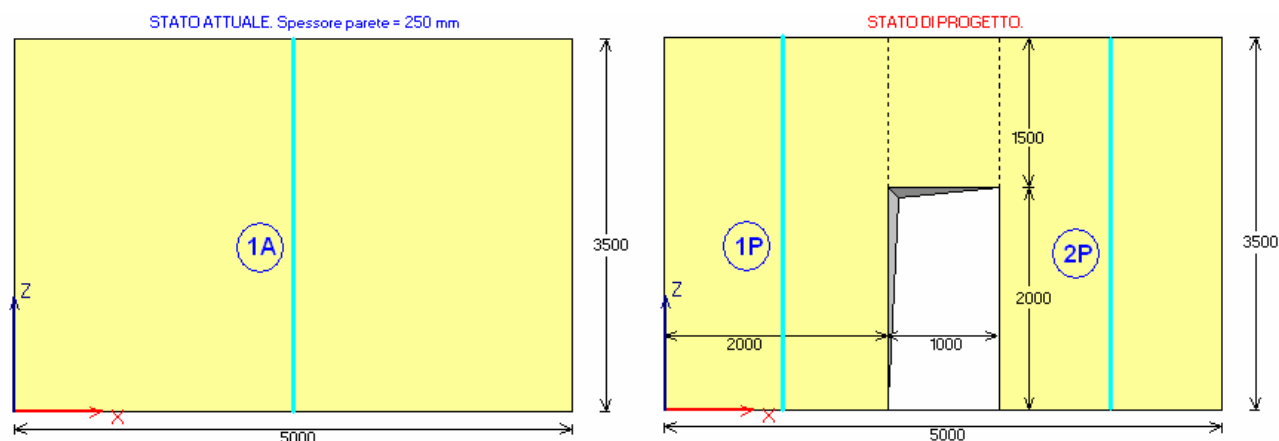
Alcune differenze con i valori numerici rilevati nell'opera citata sono determinati da diverse modalità di schematizzazione: in particolare, l'esempio viene modificato in modo da identificare il comportamento del telaio con quello di due montanti doppiamente incastrati (nell'opera citata viene invece applicata un'analisi non lineare al telaio complessivo).

Nel seguito si presentano anzitutto dati e risultati dell'esempio, e quindi si svolgono confronti significativi con i principali parametri del calcolo.

Nello svolgimento con calcoli manuali, in **grassetto rosso** si riportano i parametri di calcolo più significativi assunti per il confronto di validazione nell'ambito del p. C.1.2.

#### C.1.1. SVOLGIMENTO DELL'ESEMPIO CON CALCOLI MANUALI

L'esempio consiste nel caso di una parete piena esistente (ipotizzata in mattoni pieni e malta di calce) allo Stato Attuale, nella quale si vuole realizzare una porta (apertura) in posizione centrale (fig. C.1.1).



**Fig. C.1.1.** Modellazione di una parete muraria dove viene realizzata un'apertura

Caratteristiche geometriche:  $b=5000$  mm,  $h=3500$  mm,  $s=250$  mm

(si osservi che lo spessore della muratura deve essere considerato al netto dell'intonaco).

Caratteristiche meccaniche:  $E = 1500$  N/mm<sup>2</sup>,  $G=500$  N/mm<sup>2</sup>; questi valori coincidono con i valori medi dell'intervallo di riferimento proposto per la tipologia di materiale considerato (Circ. 2.2.2009 n.617, §C8A.2).

Allo Stato di Progetto, si deve realizzare un'apertura di larghezza 1000 mm e altezza 2000 mm, in posizione centrale; le dimensioni dell'apertura vengono considerate tenendo conto dell'ingombro di un eventuale telaio di cerchiatura.

Scomponendo la parete in maschi, lo Stato Attuale evidenzia un maschio rappresentato da un'asta equivalente con asse in posizione centrale ( $X = 2500$  mm) e di dimensioni 5000x3500 mm, mentre nello Stato di Progetto ci sono due maschi uguali, di dimensione 2000x3500 mm, oltre ad una fascia sovrastante l'apertura di dimensioni 1000x1500 mm.

Si consideri in particolare la variazione di rigidezza alla traslazione orizzontale, un parametro particolarmente importante per la verifica ad azioni orizzontali di tipo sismico.

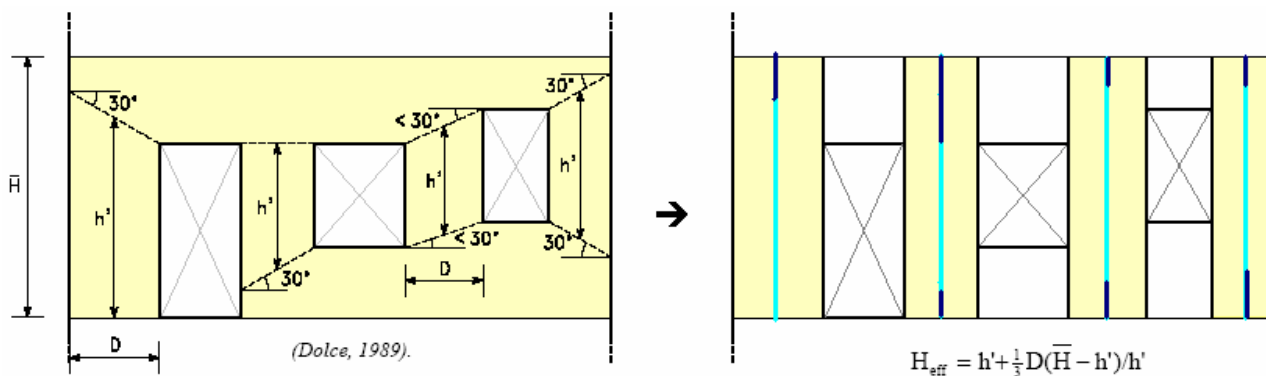
Seguendo la procedura tradizionale, la rigidezza alla traslazione nello Stato di Progetto è fornita dalla somma delle rigidzze dei due maschi 1P e 2P; la variazione di rigidezza, che dovrà essere 'compensata' dall'introduzione di un telaio di cerchiatura è quindi data dalla rigidezza attuale meno la rigidezza di progetto.

Si consideri inoltre l'ipotesi shear-type (comportamento della parete tipo 'taglio', con sommità che trasla senza ruotare).

La rigidezza alla traslazione è espressa, come noto, da:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{fless}} + \frac{1}{K_{tag}}} = \frac{1}{\frac{h^3}{12 EJ} + \frac{1.2 h}{G A}} = \frac{1}{\frac{h^3}{12 E \frac{sb^3}{12}} + \frac{1.2 h}{G sb}} = \frac{s}{\frac{1}{E} \left(\frac{h}{b}\right)^3 + \frac{1.2 h}{G b}}$$

Per studiare in modo appropriato la collaborazione dei maschi separati dall'apertura, vengono considerate zone rigide in corrispondenza dei pannelli di nodo, seguendo l'impostazione di figura seguente.



**Fig. C.1.2.** Definizione dell'altezza efficace dei maschi murari (Dolce, 1989) [10]

Riprendendo il caso in esame, facendo riferimento al modello di Dolce, si valuta l'altezza deformabile del maschio murario adiacente all'apertura:

$$h' = h_{APE} + (D/2) \operatorname{tg} 30^\circ = 2000 + 1000 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 2577 \text{ mm}$$

Si osservi che il metodo illustrato in fig. 4.3 è applicabile in quanto:

$$D \operatorname{tg} 30^\circ \leq (h - h_{APE}) \Leftrightarrow (2000 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ) = 1154 \leq 1500$$

Se questa relazione non fosse soddisfatta, si dovrebbe considerare non la direzione a 30° dallo spigolo dell'apertura, ma il segmento che unisce lo spigolo dell'apertura allo spigolo superiore della parete.

La luce deformabile del maschio murario è dunque pari a:

$$H_{eff} = 2577 + (1/3) \cdot 2000 \cdot (3500 - 2577) / 2577 = 2816 \text{ mm}$$

e quindi la zona rigida è pari a:  $Z_R = 3500 - 2816 = 684 \text{ mm}$

Allo Stato Attuale, la rigidezza dell'unico maschio (coincidente con la parete stessa) vale:

$$K_A = K_{IA} = 250 / \left( \frac{1}{1500} \cdot \frac{(3500)^3}{5000} + 1.2 \cdot \frac{3500}{(500 \cdot 5000)} \right) = \mathbf{130981 \text{ N/mm}}$$

Allo Stato di Progetto, la rigidezza dei maschi è la seguente:

$$K_{1P} = K_{2P} = 250 / \left( \frac{1}{1500} \cdot \frac{(2816)^3}{2000} + 1.2 \cdot \frac{2816}{(500 \cdot 2000)} \right) = 47709 \text{ N/mm}$$

$$K_p = 2 \cdot \mathbf{47709} = 95418 \text{ N/mm}$$

La perdita di rigidezza dovuta alla realizzazione dell'apertura è dunque:

$$\Delta K = 130981 - 95418 = 35563 \text{ N/mm}$$

Secondo gli Orientamenti interpretativi emanati dalla Regione Toscana, per la parete allo Stato di Progetto sarà consentita una variazione di rigidezza non superiore a +/-15%:

$$(i) -15\% \Rightarrow K_p = 130981 \cdot 0.85 = 111334 \text{ N/mm} \Rightarrow K_{tel} = 111334 - 95418 = 15916 \text{ N/mm}$$

$$(ii) 0\% \Rightarrow K_p = 130981 \text{ N/mm} \Rightarrow K_{tel} = 130981 - 95418 = 35563 \text{ N/mm} \text{ (questo valore di rigidezza del telaio compensa esattamente la perdita di rigidezza muraria dovuta all'apertura)}$$

$$(iii) +15\% \Rightarrow K_p = 130981 \cdot 1.15 = 150628 \text{ N/mm} \Rightarrow K_{tel} = 150628 - 95418 = 55210 \text{ N/mm}$$

Il telaio di cerchiatura (p.es. metallico, con profilato in acciaio) dovrà avere una rigidezza alla traslazione tale da soddisfare queste limitazioni.

Considerando che i due montanti laterali del telaio si comportino come aste doppiamente incastrate, la rigidezza (considerando il contributo flessionale e trascurando quello a taglio) è espressa da:

$$2 \cdot 12 E_{acc} J / h'^3$$

dove:  $h'$  = altezza dell'apertura (=altezza dei montanti) = 2000 mm;  $E_{acc} = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

Per le tre condizioni esaminate, uguagliando tale rigidezza a  $K_{tel}$  si ottiene:

(i)  $J = 2526 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

(ii)  $J = 5644 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

(iii)  $J = 8762 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Considerando profili HEB, il campo delle sezioni ammissibili è compreso fra HEB180 ( $J=3831 \text{ cm}^4$ ) e HEB220 ( $J=8091 \text{ cm}^4$ ).

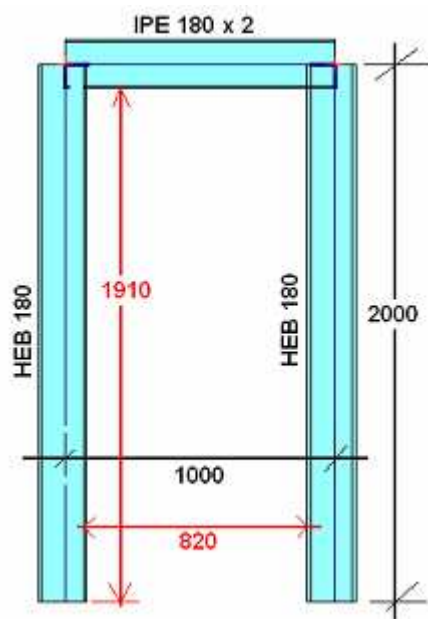
Per i montanti del telaio di cerchiatura viene quindi scelta la sezione HEB180.

Nell'ipotesi adottata di doppio incastro, la rigidezza del telaio è in definitiva pari a:

$$2 \cdot 12 \cdot 210000 \cdot 3831 \cdot 10^4 / 2000^3 = 24135 \text{ N/mm}$$

Questo valore può essere raffinato considerando l'effettiva altezza libera del montante, secondo lo schema di fig. C.1.3:

$$K_{\text{tel}} = 2 \cdot 12 \cdot 210000 \cdot 3831 \cdot 10^4 / 1910^3 = \mathbf{27710 \text{ N/mm}}$$



**Fig. C.1.3.** Telaio in acciaio di cerchiatura

L'acciaio utilizzato è S235 (§11.3.4.1, D.M.14.1.2008):

tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$ ,

tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$

**Classificazione del montante: profilo pressoinflesso HEB180 (§4.2.3.1)** (per l'acciaio S235 si ha:  $\varepsilon=1$ ):

Ala:  $(c/t_f)$ :  $c = (180 - 8.5 - 2 \cdot 15) / 2 = 70.75 \text{ mm}$ ,  $t_f = 14 \text{ mm}$ ,

$(c/t_f) = 5.05 \leq 9 \varepsilon = 9$  (Classe 1)

Anima compressa:  $(d/t_w)$ :  $d = 180 - 2 \cdot 14 - 2 \cdot 15 = 122 \text{ mm}$ ,  $t_w = 8.5 \text{ mm}$ ,

$(d/t_w) = 14.3 \leq 33$  (Classe 1)

Anima inflessa:  $(d/t_w) = 14.3 \leq 72$  (Classe 1)

Il profilo HEB180 in acciaio S235 ha sezione trasversale di classe 1 se sollecitato da pressoflessione.

La resistenza della sezione trasversale del montante HEB180 è data dal momento di piena plasticizzazione  $M_p$ , che si calcola come il prodotto della tensione resistente di progetto ( $f_y / \gamma_{M0}$ ) per il modulo di resistenza plastico della sezione ( $W_p$ ) (§4.2.4.1.2, (4.2.13)):

$$M_p = W_p \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 481.4 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1.05 = 1.0774 \cdot 10^8 \text{ Nmm} = 107.74 \text{ kNm}$$

Dato l'assetto dei carichi verticali sulla parete, ai fini della determinazione della forza ultima orizzontale sostenibile dal telaio l'effetto dello sforzo normale nel montante può essere considerato trascurabile.

Considerando lo schema di montanti a doppio incastro, appare preferibile, a favore di sicurezza, calcolare la forza ultima orizzontale considerando il modulo di resistenza elastico anziché plastico; si ottiene:

$$M_p = W_{el} \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 426.0 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1.05 = \mathbf{95.34 \text{ kNm}}$$

Dall'ipotesi di doppio incastro segue il valore della forza orizzontale:

$$V = 2 M_p / H = 2 \cdot 95.34 / 1.910 = \mathbf{99.83 \text{ kN}}$$

Questo valore, riferito al singolo montante, deve essere moltiplicato per 2 (cioè per il numero dei montanti) per ottenere la forza sostenibile dal telaio di cerchiatura:

$$F_{u,\text{tel}} = 2 \cdot 99.83 = \mathbf{199.67 \text{ kN}}$$



Dalla forza ultima e dalla rigidezza del telaio ( $K = 27710 \text{ N/mm}$ ), discende lo spostamento di snervamento (al limite elastico):

$$\delta_{y, \text{tel}} = 199670 / 27710 = \mathbf{7.21 \text{ mm}}$$

La capacità di spostamento del telaio si considera significativamente maggiore rispetto ai maschi murari. E' possibile effettuare una stima utilizzando l'approccio "fattore di struttura  $\Rightarrow$  duttilità".

Per la struttura del telaio di cerchiatura, che può essere considerata rigida, si può applicare la relazione:

$$q = \sqrt{(2\mu - 1)} \Rightarrow \mu = (q^2 + 1) / 2$$

Si adotta:  $q_0=2$  (§7.5.2.2, D.M.14.1.2008), da cui segue:  $\mu = 2.5$

Lo spostamento ultimo del telaio viene quindi assunto pari a:

$$\delta_u = 7.21 \cdot 2.5 = \mathbf{18.03 \text{ mm}}$$

Il carico da solaio applicato sulla parete muraria complessiva è dato dai seguenti contributi:

- carico permanente strutturale:  $G_1 = 3.5 \text{ kN/m}^2$
- carico permanente non strutturale:  $G_2 = 2.3 \text{ kN/m}^2$
- carico variabile:  $Q_k = 2.0 \text{ kN/m}^2$ ,  $\psi_2$  (ambiente ad uso residenziale) = 0.3
- combinazione di carico sismica:  $Q = 3.5 + 2.3 + 0.3 \cdot 2.0 = 6.4 \text{ kN/m}^2$

Area di influenza: luce competente alla parete: 3.00 m, da cui:  $q = 6.4 \cdot 3.00 = 19.2 \text{ kN/m}$

Dato che la volta di scarico agente sull'architrave del telaio non intercetta la sommità della parete, il carico di solaio viene attribuito integralmente ai maschi murari adiacenti al telaio; per ognuno dei due maschi si ha:

$$N_{\text{somm}} = 19.2 \cdot (5.00/2) = 48 \text{ kN}$$

La luce deformabile dei maschi murari è pari a 2816 mm, come precedentemente valutato.

La sezione resistente per la verifica a taglio per fessurazione diagonale viene identificata con la mezzeria della luce deformabile, e quindi alla quota (rispetto alla base della parete) di 1408 mm, mentre la sezione di verifica a pressoflessione complanare è assunta alla base della parete stessa.

Il peso proprio della parete nel suo complesso, depurato dal vano dell'apertura e dalla volta di scarico sull'architrave, vale (per semplicità, il calcolo viene approssimato alla luce teorica dell'apertura, senza considerare cioè l'ingombro del telaio):

$$N_{pp} = (0.25 \cdot 5.00 \cdot 3.50 - 0.25 \cdot 1.00 \cdot 2.00) \cdot 18 - 2.97 = 66.78 \text{ kN}$$

e quindi ad ogni maschio compete, alla base, uno sforzo normale pari a:

$$N_{PC} = 48 + 33.39 = 81.39 \text{ kN, utilizzato per la verifica a pressoflessione complanare.}$$

A tale sforzo corrisponde la tensione verticale:  $\sigma_0 = 81390 / (2000 \cdot 250) = 0.16278 = \mathbf{0.163 \text{ N/mm}^2}$

Per la muratura considerata (mattoni pieni e malta di calce), la resistenza a compressione di progetto è pari a ( $240 \text{ N/cm}^2 = 2.4 \text{ N/mm}^2$ ):

$$f_d = 2.4 / 1.35 = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

Nella definizione della resistenza a compressione di progetto non si applica il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali  $\gamma_M (=2.0)$ , in quanto la resistenza viene utilizzata per la costruzione della curva di capacità e quindi per un'analisi strutturale di tipo non lineare (cfr. §C8.7.1.5).

Il momento resistente per **pressoflessione complanare** è dato da ((7.8.2) in §7.8.2.2.1):

$$M_u = (I^2 t \sigma_0 / 2) (1 - \sigma_0 / 0.85 f_d) = (2000^2 \cdot 250 \cdot 0.16278 / 2) \cdot (1 - 0.16278 / (0.85 \cdot 1.78)) = 72633447 \text{ Nmm} = 72.63 \text{ kNm}$$

cui corrisponde il taglio resistente (nell'ipotesi di doppio incastro):

$$V_{PC} = 2 M_u / H = 2 \cdot 72633447 / 2816 = 51586 \text{ N} = \mathbf{51.59 \text{ kN}}$$

Per la verifica a **taglio per fessurazione diagonale** si ha invece:

$$N_{TFD} = 81.39 - (0.25 \cdot 2.00 \cdot 1.408) \cdot 18 = 68.718 \text{ kN} = 68718 \text{ N}$$

cui corrisponde la tensione verticale:  $\sigma_0 = 68718 / (2000 \cdot 250) = 0.137 \text{ N/mm}^2$

La resistenza a taglio di progetto è pari a ( $6.0 \text{ N/cm}^2 = 0.06 \text{ N/mm}^2$ ):

$$\tau_{0d} = 0.06 / 1.35 = 0.044 \text{ N/mm}^2$$

Il taglio resistente per fessurazione diagonale assume il seguente valore ((8.7.1.1) in §C8.7.1.5, ponendo:  $f_{td} = 1.5 \tau_{0d}$ ,  $b=1.5$ ):

$$V_{TFD} = 2000 \cdot 250 \cdot 0.044 \cdot \sqrt{(1 + 0.137 / (1.5 \cdot 0.044))} = 38583 \text{ N} = \mathbf{38.58 \text{ kN}}$$

A questo Taglio corrisponde un Momento che, sempre nell'ipotesi di doppio incastro, vale:

$$M = V H / 2 = 38583 \cdot 2816 / 2 = 54324864 \text{ Nmm} = 54.32 \text{ kNm}$$

Il meccanismo resistente a taglio per fessurazione diagonale è quindi più sfavorevole rispetto alla pressoflessione complanare ( $V_{TFD} < V_{PC}$ ).

Resta da valutare la resistenza a **taglio per scorrimento**, per verificare se sia inferiore alla resistenza fin qui determinata come minima fra pressoflessione complanare e fessurazione diagonale.

Lo sforzo normale agente alla base del pannello è noto:

$N = 81390 \text{ N}$ , cui corrisponde  $\sigma_n = 0.16278 \text{ N/mm}^2$

La resistenza tensionale per scorrimento è pari a:

$f_{vd} = f_{vm} / F_C$ , dove:  $f_{vm} = \tau_{0d} + 0.4 \sigma_n$ , con  $\tau_{0d} = 6.0 \text{ N/cm}^2 = 0.06 \text{ N/mm}^2$

e quindi:  $f_{vd} = (0.06 + 0.4 * 0.16278) / 1.35 = 0.0927 \text{ N/mm}^2$

Con l'ipotesi di zona reagente ad andamento delle tensioni lineare, le relazioni che permettono la determinazione del taglio per scorrimento resistente possono essere agevolmente determinate.

La sezione passa da interamente reagente a parzializzata quando l'eccentricità dello sforzo normale supera la soglia di  $l/6$ : il corrispondente momento si indica con  $M_0$ :

$e = M_0/N = l/6 \Rightarrow M_0 = Nl/6 = 81390 * 2000/6 = 27130000 \text{ Nmm} = 27.13 \text{ kNm}$ .

Per  $M \leq M_0$ ,  $V_{Rd}$  si calcola con sezione interamente reagente:

$V_{Rd} = l t f_{vd} = 2000 * 250 * 0.0927 = 46350 \text{ N}$

Per valori di  $M > M_0$ ,  $l'$  e  $V_{Rd}$  sono dati da:

$l' = 3 (l/2 - e) = 3 (l/2 - M/N) \Rightarrow$

$V_{Rd} = l' t * (\tau_{0d} + 0.4 * N/l't) / F_C = (l' t \tau_{0d} + 0.4 N) / F_C = [3 (l/2 - M/N) t \tau_{0d} + 0.4 N] / F_C$

Per quanto riguarda la sollecitazione di progetto, si ha:  $V_{Ed} = 2M/H$

e quindi l'uguaglianza fra sollecitazione e resistenza è fornita dalla relazione:

$[3 (l/2 - M/N) t \tau_{0d} + 0.4 N] / F_C = 2M/H$

la cui soluzione fornisce il momento  $M_{TS,Rd}$  corrispondente al taglio resistente per scorrimento.

Con alcuni semplici passaggi, si ottiene:

$M_{TS,Rd} = (1.5 l t \tau_{0d} + 0.4 N) / (2 F_C/H + 3 t \tau_{0d}/N)$

(in questa formula si deve far attenzione a considerare  $\tau_{0d}$  non ridotta col fattore di confidenza:  $F_C$  è considerato nell'espressione del divisore)

e nel caso in esame risulta:

$M_{TS,Rd} = (1.5 * 2000 * 250 * 0.06 + 0.4 * 81390) / (2 * 1.35/2816 + 3 * 250 * 0.06/81390) =$   
 $= 51.30 \text{ kNm}$

cui corrisponde, secondo il legame momento-taglio per schema a doppio incastro, il taglio:

$V_{TS,Rd} = 2 M_{TS,Rd}/H = 2 * 51.30 * 10^6/2816 = 36434 \text{ N} = \mathbf{36.43 \text{ kN}}$

Per riprova: a  $M = 51.30 \text{ kNm}$  corrisponde l'eccentricità:

$e = 51.30 * 10^6/81390 = 630.3 \text{ mm} > l/6 (=333.33 \text{ mm})$

e quindi la zona reagente è data da:

$l' = 3 (l/2 - e) = 3 * (2000/2 - 630.3) = 1109.1 \text{ mm}$

La tensione media sulla zona reagente vale:  $\sigma_n = 81390/(250 * 1109.1) = 0.2935 \text{ N/mm}^2$

da cui:  $f_{vd} = (0.06 + 0.4 * 0.2935) / 1.35 = 0.1314 \text{ N/mm}^2$

e pertanto la resistenza a scorrimento vale:

$V = l' t f_{vd} = 1109.1 * 250 * 0.1314 = 36434 \text{ N}$ , come volevasi dimostrare.

La resistenza a taglio per scorrimento è risultata minore della resistenza già in precedenza calcolata come minima fra pressoflessione complanare e taglio per fessurazione diagonale (38583 N): pertanto, il taglio resistente del pannello considerato, corrispondente al meccanismo per scorrimento, è pari a:

$V_{Rd} = 36434 \text{ N}$ .

La forza massima sostenibile dal singolo maschio è quindi pari a 36434 N; essendo nota la rigidità alla traslazione (47709 N/mm), ad essa corrisponde uno spostamento al limite elastico pari a:

$\delta_y = 36434 / 47709 = \mathbf{0.76 \text{ mm}}$

Trattandosi di crisi per taglio, lo spostamento massimo plastico (sotto taglio costante) consentito al pannello è pari a 0.4% dell'altezza del pannello stesso (altezza coincidente con la luce deformabile), e quindi:

$\delta_u = 0.4\% * 2816 = \mathbf{11.264 \text{ mm}}$

La curva di capacità complessiva della parete (sistema maschi+telaio) è quindi caratterizzata dai seguenti punti:

Telaio:

$(\delta_1, F_1) = (7.21, 199.67)$

$(\delta_2, F_2) = (18.03, 199.67)$

Maschi murari ( $36.43 * 2 = 72.86 \text{ kN}$ ):

$(\delta_1, F_1) = (0.76, 72.86)$

$(\delta_2, F_2) = (11.264, 72.86)$

Composizione del telaio e dei due maschi murari:

$$(\delta_1, F_1) = (0.76, 72.86 + 199.67 \cdot 0.76 / 7.21) = (0.76, 93.91)$$

$$(\delta_2, F_2) = (7.21, 72.86 + 199.67) = (7.21, 272.53)$$

$$(\delta_3, F_3) = (11.264, 72.58 + 199.67) = (11.264, 272.53)$$

i maschi murari raggiungono il collasso: la curva di capacità presenta uno scalino:

$$(\delta_3^*, F_3^*) = (11.264, 199.67); \text{ infine:}$$

$$(\delta_4, F_4) = (18.03, 199.67)$$

La forza massima sviluppabile dal sistema strutturale allo Stato di Progetto è quindi pari a 272.53 kN, mentre la capacità di spostamento vale 18.03 mm.

Per il confronto con lo **Stato Attuale**, occorre valutare la curva di capacità della parete muraria allo Stato Attuale.

Per quanto riguarda la **pressoflessione complanare**:

Sforzo normale alla base:

$$N = 96 + (0.25 \cdot 5.00 \cdot 3.50) \cdot 18 = 174.75 \text{ kN}$$

$$\text{cui corrisponde la tensione verticale: } \sigma_0 = 174750 / (5000 \cdot 250) = \mathbf{0.140 \text{ N/mm}^2}$$

$$M_u = (I^2 \cdot \sigma_0 / 2) (1 - \sigma_0 / 0.85 f_d) = (5000^2 \cdot 250 \cdot 0.140 / 2) \cdot (1 - 0.140 / (0.85 \cdot 1.78)) = 397017514 \text{ Nmm} = 397.02 \text{ kNm}$$

cui corrisponde il taglio resistente (nell'ipotesi di doppio incastro):

$$V_{PC} = 2 M_u / H = 2 \cdot 397017514 / 3500 = 226867 \text{ N} = \mathbf{226.87 \text{ kN}}$$

Si valuta ora il taglio resistente allo Stato Attuale per **fessurazione diagonale**.

Lo sforzo normale in mezzera è pari a:

$$N = 96 + (0.25 \cdot 5.00 \cdot 3.50 / 2) \cdot 18 = 135.38 \text{ kN}$$

$$\text{cui corrisponde la tensione verticale: } \sigma_0 = 135380 / (5000 \cdot 250) = 0.108 \text{ N/mm}^2$$

Taglio resistente per fessurazione diagonale:

$$V_{TFD} = 5000 \cdot 250 \cdot 0.044 \cdot \sqrt{1 + 0.108 / (1.5 \cdot 0.044)} = 89303 \text{ N} = \mathbf{89.30 \text{ kN}}$$

Infine, si valuta il taglio resistente per **scorrimento**, adottando l'ipotesi di andamento delle tensioni lineare. Il corrispondente momento resistente vale (cfr. p. 4.6.3):

$$M_{TS,Rd} = (1.5 \cdot I \cdot \tau_{0d} + 0.4 \cdot N) / (2 F_C / H + 3 \cdot \tau_{0d} / N) = (1.5 \cdot 5000 \cdot 250 \cdot 0.06 + 0.4 \cdot 174750) / (2 \cdot 1.35 / 3500 + 3 \cdot 250 \cdot 0.06 / 174750) = 177269932 \text{ Nmm} = 177.27 \text{ kNm}, \text{ da cui:}$$

$$V_{TS,Rd} = 2 M_{TS,Rd} / H = 2 \cdot 177.27 \cdot 10^6 / 3500 = 101297 \text{ N} = \mathbf{101.30 \text{ kN}}$$

Pertanto, il taglio resistente allo Stato Attuale, determinato dal meccanismo per fessurazione diagonale, vale:

$$V_{Rd} = 89303 \text{ N}$$

$$\text{Spostamento al limite elastico: } \delta_y = 89303 / 130981 = \mathbf{0.68 \text{ mm}}$$

$$\text{Spostamento ultimo: } \delta_u = 0.4\% \cdot 3500 = \mathbf{14 \text{ mm}} \text{ (con l'approccio in duttilità si avrebbe: } \delta_u = 3.03 \cdot 0.68 = 2.06 \text{ mm)}$$

La curva di capacità allo Stato Attuale è quindi caratterizzata dai due seguenti punti:

$$(\delta_1, F_1) = (0.68, 89.30); (\delta_2, F_2) = (14, 89.30).$$

### Considerazioni finali sulla verifica di sicurezza della parete

#### Rigidezza:

Stato Attuale: 130981 N/mm,

Stato di Progetto:  $2 \cdot 47709 + 24135 = 119553 \text{ N/mm}$

Variazione: **-8.7%**

#### Forza ultima:

Stato Attuale: 89300 N

Stato di Progetto: 272530 N (+205%)

#### Capacità di spostamento:

Stato Attuale: 14 mm

Stato di Progetto: 18.03 mm (+29%)

**Lo Stato di Progetto è quindi caratterizzato da una variazione di rigidezza non superiore al 15%, e da un incremento sia della forza ultima sia della capacità di spostamento:** la verifica sismica è quindi soddisfatta (§C8.4.3), qualificando l'intervento come **'Riparazione locale'**.

Per quanto riguarda la **verifica di sicurezza dei giunti saldati**, è prevista la presenza di una piastra interposta tra montante (singola sezione HEB180) e traverso (due sezioni IPE180 affiancate).

### Verifica lato traverso

Il momento di progetto è pari al momento plastico del traverso, amplificato di  $1.1 \cdot \gamma_{Rd} = 1.32$  (il traverso è formato dai due profili IPE180):

$$2 \cdot 37.24 \cdot 1.32 = 98.31 \text{ kNm.}$$

La saldatura sulla piastra (necessariamente di dimensioni un poco maggiori dell'esatto ingombro della sezioni del profilo HEB180) è effettuata con 3 cordoni paralleli all'asse longitudinale della trave (ai due lati delle ali inferiori delle IPE180 e al centro fra i due profili), che lavorano a flessione (di lunghezza 180 mm), e da due cordoni trasversali (di lunghezza 180 mm, pari alle base delle due sezioni IPE180 affiancate; i due cordoni distano 180 mm).

La verifica di resistenza è espressa da:

$$\sigma_{\perp} \leq f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 360 / (0.8 \cdot 1.25) = 360 \text{ N/mm}^2$$

Si ha:  $\sigma_{\perp} = M / W$  ( $M = 98.31 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ )

$$\text{con: } W = 3 \cdot a \cdot L_0^2 / 6 + a \cdot L_0 \cdot h$$

dove:  $L_0 = 180 \text{ mm}$

$$\text{e quindi: } W = 3 \cdot 6 \cdot 180^2 / 6 + 6 \cdot 180 \cdot 180 = 291600 \text{ mm}^3$$

$$\text{Pertanto: } \sigma_{\perp} = 98.31 \cdot 10^6 / 291600 = \mathbf{337} \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta, poiché risulta:  $\sigma_{\perp} = 337 \leq f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 360 \text{ N/mm}^2$

### Verifica lato montante

Per la sezione HEB180 del montante si considerano sollecitazioni di progetto pari al momento plastico della sezione; non è necessaria l'amplificazione di cui al punto §7.5.3.3 in quanto la cerniera plastica si forma all'estremità del traverso. Pertanto:

Taglio: 91.01 kN, Momento: 107.74 kNm

- Verifica a taglio (cordoni d'anima).

La resistenza di calcolo del cordone d'anima per unità di lunghezza  $F_{w,Rd}$  è pari a (4.2.77):

$$F_{w,Rd} = a \cdot f_{tk} / (\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2})$$

con (acciaio S235):  $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$ ,  $\beta = 0.8$ ,

$\gamma_{M2} = 1.25$  (coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni saldate a parziale penetrazione e a cordone d'angolo, cfr. Tab. 4.2.XII in §4.2.8.1.1)

$$\Rightarrow F_{w,Rd} = 6 \cdot 360 / (\sqrt{3} \cdot 0.8 \cdot 1.25) = \mathbf{1247} \text{ N/mm}$$

La lunghezza del cordone  $L_3$  è pari all'altezza interna dell'anima meno i raggi di raccordo: per l'HE180,  $L_3 = 122 \text{ mm}$ . Il taglio che sollecita il cordone d'anima per unità di lunghezza viene calcolato con riferimento al momento resistente del montante, secondo l'ipotesi di doppio incastro:

$$V = 2 M_p / H = 2 \cdot 107.74 / 1.910 = 112.82 \text{ kN}$$

$$F_{w,Ed} = 112820 / 122 = \mathbf{925} \text{ N/mm}$$

La verifica è soddisfatta, poiché risulta:  $F_{w,Ed} = 925 \leq F_{w,Rd} = 1247 \text{ N/mm}$

- Verifica a flessione (cordoni d'ala).

La verifica di resistenza è espressa da:

$$\sigma_{\perp} \leq f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 360 / (0.8 \cdot 1.25) = 360 \text{ N/mm}^2$$

Si ha (cfr. fig. 4.19):  $\sigma_{\perp} = M / W$  ( $M = 107.74 \text{ kNm}$ )

$$\text{con: } W = a \cdot [(L_1 \cdot h_1) + 2 \cdot (L_2 \cdot h_2)]$$

$$\text{dove: } L_1 = b - 2 \cdot a = 180 - 2 \cdot 6 = 168 \text{ mm}, L_2 = (L_1 - 2r_1 - s) / 2 = (168 - 2 \cdot 15 - 8.5) / 2 = 64.75 \approx 64 \text{ mm}$$

$$h_1 = 180 + 6 = 186 \text{ mm}, h_2 = h - 2t_f - a = 180 - 2 \cdot 14 - 6 = 146 \text{ mm}$$

$$\text{e quindi: } W = 6 \cdot (168 \cdot 186 + 2 \cdot 64 \cdot 146) = 299616 \text{ mm}^3$$

$$\text{Pertanto: } \sigma_{\perp} = 107.74 \cdot 10^6 / 299616 = \mathbf{359} \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta, poiché risulta:  $\sigma_{\perp} = 359 \leq 360 \text{ N/mm}^2$

## C.1.2. SVOLGIMENTO DELL'ESEMPIO CON AC.M E CONFRONTI SUI RISULTATI

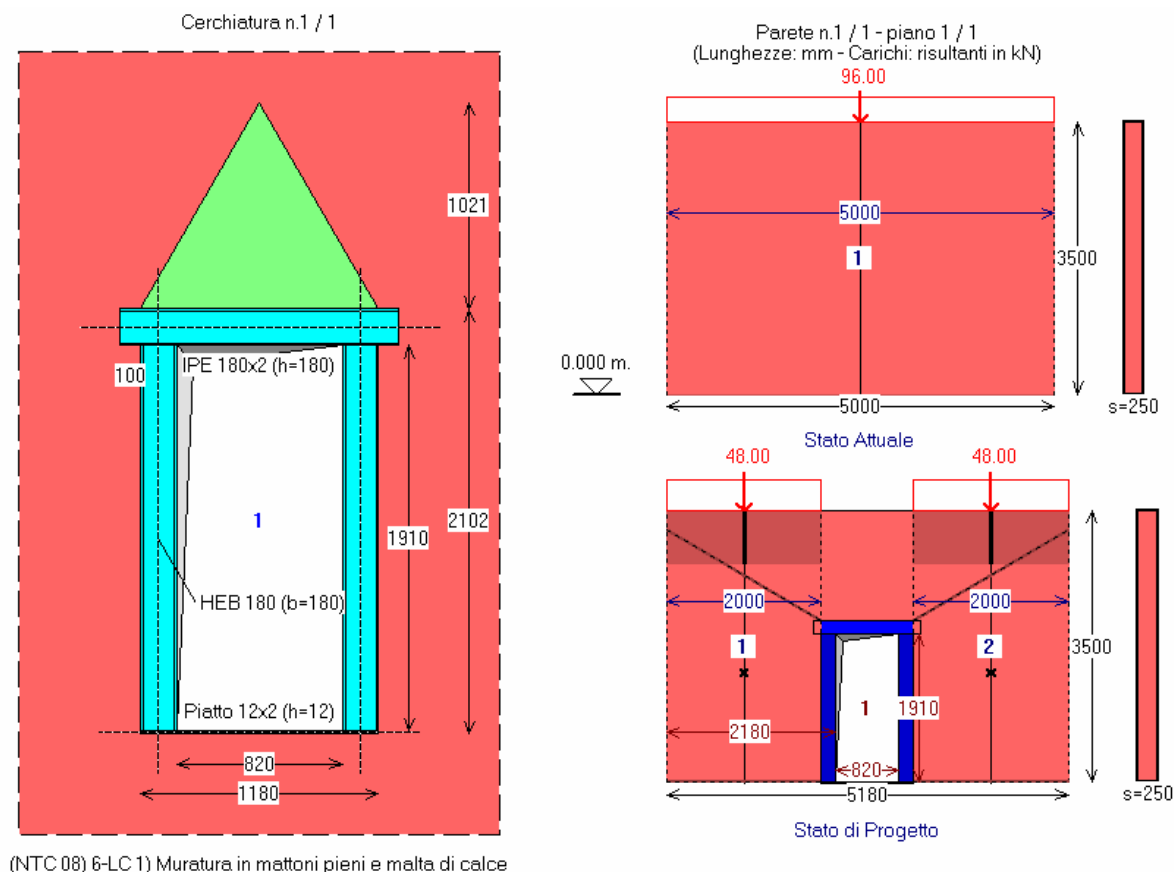
In questo paragrafo si riporta l'output prodotto dal software AC.M per la parete considerata, corredato delle illustrazioni fornite dal software stesso.

L'esempio è consultabile da AC.M aprendo il progetto: *Validazione* posto nella cartella: \Aedes2012\Acm\Es-Progetti

In caratteri **evidenziati** sono segnalati i parametri di calcolo più significativi assunti per il confronto di validazione: essi vengono confrontati direttamente con i corrispondenti valori determinati nel p. C.1.1 e qui riportati in **grassetto rosso**.

Per poter effettuare un confronto corretto tra lo svolgimento manuale del calcolo e l'elaborazione con AC.M, allo Stato di Progetto viene attribuita alla parete la lunghezza di 5180 mm, anziché 5000 mm. AC.M infatti definisce le dimensioni di base dei singoli maschi murari in modo esatto, tenendo conto della dimensione della sezione del profilo. Considerando quindi una luce netta del vano pari a 820 mm. e i due profili dei montanti HEB180, in totale la cerchiatura occupa fisicamente 1180 mm, e per poter considerare due maschi ognuno di 2000 mm. di base occorre fissare una lunghezza di parete complessiva pari a 5180 mm.

La fig. C.1.4 rappresenta i dati in AC.M.



**Fig. C.1.4.** Esempio per la validazione. Telaio di cerchiatura e parete oggetto di intervento

Si riportano i dati e i risultati così come elaborati da AC.M per la Relazione di Calcolo, evidenziando i parametri di confronto con i calcoli manuali, ai fini della validazione. Nei risultati sono stati omessi i calcoli dell'accelerazione al suolo sostenibile in quanto l'intervento è qualificabile come Riparazione Locale e non è necessaria una valutazione di PGA, come invece richiederebbe la tipologia dell'intervento come Miglioramento sismico.

#### DATI PROGETTO

Numero di Cerchiature: 1

Numero di Pareti: 1

#### PARAMETRI DI CALCOLO

(per alcuni Parametri di Calcolo: -1=sì, 0=no)

Numero piani dell'edificio : 1

Altezza complessiva struttura rispetto alla fondazione (m) : 3.5

Vita Nominale (anni) : 50

Classe d'uso (1=I,2=II,3=III,4=IV) : 2

> Per Analisi Sismica [§C8A.4.2.3]

Coeff. part. modale : 1.2  
 Primo periodo (sec) : .114  
 > Determinazione dell'Azione Sismica  
 Individuazione del sito: Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) : 10.851111  
 - Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) : 43.681667  
 Tipo di interpolazione: 1=media ponderata, 2=superficie rigata : 2  
 Tab.2, All.B: 0=località non in Tab.2, i(1-20)=isola : 0  
 ag(g), Fo, Tc\*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento  
 30,.044,2.549,.24  
 50,.054,2.56,.254  
 72,.062,2.57,.26  
 101,.072,2.546,.265  
 140,.081,2.542,.269  
 201,.093,2.532,.275  
 475,.126,2.527,.285  
 975,.164,2.472,.285  
 2475,.213,2.505,.296  
 PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR  
 SLE: SLO : 81  
 SLE: SLD : 63  
 SLU: SLV : 10  
 SLU: SLC : 5  
 ag(g), Fo, Tc\*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite  
 SLO: TR(anni), ag(g), Fo, Tc\*(sec) : 30,.044,2.549,.24  
 SLD: TR(anni), ag(g), Fo, Tc\*(sec) : 50,.054,2.56,.254  
 SLV: TR(anni), ag(g), Fo, Tc\*(sec) : 475,.126,2.527,.285  
 SLC: TR(anni), ag(g), Fo, Tc\*(sec) : 975,.164,2.472,.285  
 SLO: S, TB, TC, TD : 1.2,.117,.351,1.776  
 SLD: S, TB, TC, TD : 1.2,.123,.368,1.816  
 SLV: S, TB, TC, TD : 1.2,.134,.403,2.104  
 SLC: S, TB, TC, TD : 1.2,.134,.403,2.256  
 Categoria di sottosuolo (1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E) : 2  
 Categoria topografica (1=T1, 2=T2, 3=T3, 4=T4) : 1  
 Rapporto quota sito / altezza rilievo topografico : 0  
 Coefficiente di amplificazione topografica ST : 1  
 Microzonazione sismica (-1=sì, 0=no) : 0

**DATI CERCHIATURA n° 1**

**GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm]:**  
 Vano utile B = 820, H=1910  
 Muratura eliminata b = 1180, h=2102  
 Spessore parete s = 250  
 Tipo di struttura: Telaio completo  
 Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido  
 Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K=12 \text{ E J} / h^3$

**MURATURA [N/mm<sup>2</sup>]:**  
 Tipologia: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1500  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 500  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00

**STRUTTURA IN ACCIAIO:**  
 Tipo di acciaio: S 235

**ARCHITRAVE IN ACCIAIO:**  
 Sezione Architrave: IPE 180 x 2 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre pilastro: 100 mm.

**PIEDRITTI IN ACCIAIO:**  
 Sezione Piedritto: HEB 180 - Verso a inerzia massima

**TRAVERSO INFERIORE IN ACCIAIO:**  
 Sezione Traverso inferiore: Piatto 12 x 2 - Ancoraggi: 2d12 (1d12/300)

**CARICHI:**  
 Distribuito q (kN/m) = 0.00  
 Posizione verticale h1 (mm) = 0  
 limite d'influenza (h1 lim.) (mm) = 1022  
 Concentrato P (kN) = 0.00  
 Posizione verticale h2 (mm) = 0  
 limite d'influenza (h2 lim.) (mm) = 1272  
 Posizione orizzontale x' (mm) = 0

limite d'influenza ( $x'$  lim.) (mm) =  $\pm 590$   
 Carico triangolare su architrave da muratura sovrastante = sì  
**CRITERI di calcolo:**  
 Architrave: per la verifica di deformabilità:  
 - schema statico: doppio appoggio  
 - luce di calcolo: netta (corrispondente alla larghezza del vano sottostante)  
 - freccia limite:  $1 / 500$  luce =  $820/500 = 1.640$  mm.  
 Ignorare il confronto di Rigidezza fra telaio di cerchiatura e corrispondente muratura rimossa = no  
 Vincolo alla base dei montanti:  
 Incastro perfetto ( $K=12 \text{ EJ/h}^3$ ):  $M_{r,base}=M_{r,mont.}=95.34 \text{ kNm}$   
**SALDATURE:**  
 Cordoni di saldatura distinti fra montante e trasverso  
 (presenza di piastra di collegamento) = sì  
 Sezione di gola (mm) = 6

**DATI PARETE n° 1****STATO ATTUALE**

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato Attuale) [lunghezze in mm]:

Piano : 1

Quota di base Z = 0

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12 \text{ EJ} / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E,G (§C8A.2) = no

**APERTURE (Stato Attuale):**

d,z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B,H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

**MASCHI MURARI (Stato Attuale):**

B,H,Hcalc,s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N (kN),  $\sigma_{po}-\sigma_{pv}$  (N/mm<sup>2</sup>) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ , f<sub>m</sub>, E, G (N/mm<sup>2</sup>); peso specifico = caratteristiche della muratura

1) B = 5000, H = 3500, S = 250

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3500

N = 96.00;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$

Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$

Resistenza media a compressione f<sub>m</sub> = 2.400

Modulo di elasticità longitudinale E = 1500

Modulo di elasticità tangenziale G = 500

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00

Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

**CARICHI (Stato Attuale) [kN, N/mm<sup>2</sup>]:**

Carico agente in sommità = 96.00

Peso proprio parete = 78.75

Carico totale alla base = 174.75

Sezione trasversale complessiva dei maschi (m<sup>2</sup>) = 1.250

Tensione media alla base = 0.140

per la verifica a compressione, la tensione alla base va confrontata con:

resistenza di progetto:  $f_d = f_m / \gamma_M / F_C = 0.889$

**STATO DI PROGETTO**

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato di Progetto) [lunghezze in mm]:

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12.0 \text{ EJ} / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E,G (§C8A.2) = no

**APERTURE (Stato di Progetto):**

d,z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B,H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

1) d = 2000, z = 0; B = 1180, H = 2090 - Cerch.n°:1

**MASCHI MURARI (Stato di Progetto):**

B,H,Hcalc,s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N (kN),  $\sigma_{po}-\sigma_{pv}$  (N/mm<sup>2</sup>) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ , f<sub>m</sub>, E, G (N/mm<sup>2</sup>); peso specifico = caratteristiche della muratura

1) B = 2000, H = 3500, S = 250

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 684, Hcalc = 2816



N = 48.00;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000  
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060  
 Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1500  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 500  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

2) B = 2000, H = 3500, S = 250  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 684, Hcalc = 2816  
 N = 48.00;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000  
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060  
 Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1500  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 500  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

#### CARICHI (Stato di Progetto) [kN, N/m<sup>2</sup>]:

Carico agente in sommità = 96.00  
 Peso proprio parete = 77.97  
 Carico totale alla base = 173.97  
 Sezione trasversale complessiva dei maschi (m<sup>2</sup>) = 1.000  
 Tensione media alla base = 0.174  
 per la verifica a compressione, la tensione alla base va confrontata con:  
 resistenza di progetto:  $f_d = f_m / \gamma_M / FC = 0.889$

#### CRITERI di calcolo:

Maschi snelli non reagenti per (H/B) > 3 = no  
 Maschi snelli non reagenti per B (mm) < 500 = no  
 Massa Sismica: metà altezza parete = sì  
 SLU) Riduzione della forza non superiore al 20% del massimo  
 Criteri adottati:  
 - Prima riduzione del 20% rispetto al massimo assoluto  
 Coeff. parziale di sicurezza per i materiali in Analisi Statica: ( $\gamma_M$ ), M = 2

#### NORMATIVA di riferimento: D.M. 14.1.2008

#### RISULTATI ANALISI CERCHIATURA n° 1

##### RIGIDEZZA

[K: N/mm]  
 il confronto tra rigidezza della muratura rimossa e del telaio di cerchiatura viene svolto, ma ignorato ai fini delle verifiche di sicurezza. La verifica di rigidezza fra Stato Attuale e Stato di Progetto deve riguarda infatti la parete nel suo complesso: controllare quindi i coefficienti di sicurezza determinati dall'analisi della Parete.  
 K muratura = 31080  
 K telaio = 27710  
 K, telaio < K, muratura (-10.8%)

##### CARICHI

[risultante Q in kN; distribuito q in kN/m]  
 peso proprio muratura: Q1 = 2.71, q1 = 4.60 (triang.)  
 da carico distribuito: Q2 = 0.00, q2 = 0.00 (unif.)  
 da carico concentrato: Q3 = 0.00, q3 = 0.00 (unif.)  
 peso proprio architrave: Q4 = 0.44, q4 = 0.38 (unif.)  
 complessivo: Q = 3.16 (risultante di tutti i carichi)

##### Traverso superiore (architrave): IPE 180x2

##### Verifica di deformabilità [§4.2.4.2]:

Combinazione: caratteristica (rara).  
 freccia  $f_{max}$  (mm) = 0.004 = 1 / 232113 luce  
 per x = 0 (luce di calcolo = 820) mm

**Verifica Statica a SLU di resistenza****Traverso superiore (architrave): IPE 180x2**

Ai pesi propri di muratura e architrave si applica  $\gamma_F=1.3$ ,  
 ai carichi di solaio e concentrati:  $\gamma_F=1.5$  (Tab.2.6.I, §2.6.1)  
 [tagli: kN - momenti: kNm]  
 Acciaio: S235 (Fe360)  
 $V_{Ed}$  (max reazione agli appoggi) = **1.43**  
 $V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 289.55$   
 $\Rightarrow V_{Ed} < V_{Rd}$   
 $M_{Ed}$  (max momento) = **0.38**  
 per  $x = 0$  (luce di calcolo = 820) mm  
 Classe della sezione (Tab.4.2.I, §4.2.3.1) = 1  
 essendo:  $c / (t \cdot \epsilon) = 27.55$   
 (classe per flessione intorno all'asse di inerzia maggiore)  
 Modulo di resistenza di calcolo [cfr. (4.2.13)]:  $W = W_{pl} = 333 \text{ cm}^3$   
 $M_{Rd} = W \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 74.48$   
 $\Rightarrow M_{Ed} < M_{Rd}$   
 dove:  
 $A_v$  [(4.2.19) in §4.2.4.1.2] ( $\text{mm}^2$ ) = 2241  
 $f_{yk}$  (N/mm<sup>2</sup>) = 235.0  
 $\gamma_{M0} = 1.05$

**Verifiche di resistenza per i Giunti saldati**[momenti: kNm - tensioni: N/mm<sup>2</sup>]**Traverso superiore (architrave): IPE 180x2**

(in presenza di piastra di collegamento)

 $L_0$  (mm) = 90 ;  $L$  (mm) = 180 $M_{Rd} \cdot 1.1 \cdot \gamma_{Rd} = 98.32$ dove:  $\gamma_{Rd} = 1.20$ 

Verifica a flessione:

 $W$  ( $\text{mm}^3$ ) = 291600 ;  $\sigma_{ort.} = M_{Ed}/W =$  **337.2** **[337]** $\Rightarrow \sigma_{ort.} < f_{tk} / (0.8 \cdot 1.25) = 360.0$ **Montante (piedritto): HEB 180**

Classe della sezione (Tab.4.2.I, §4.2.3.1) = 1

essendo:  $c / (t \cdot \epsilon) = 14.35$ 

(classe per flessione intorno all'asse di inerzia maggiore)

Modulo di resistenza di calcolo [cfr. (4.2.13)]:  $W = W_{pl} = 481 \text{ cm}^3$  $M_{Rd} = 107.74$  $L_1$  (mm) = 168 ;  $L_2$  (mm) = 65 ;  $L_3$  (mm) = 122

Verifica a taglio (N/mm):

 $V_{Ed} = 2 \cdot M_{Rd} / H = 2 \cdot 107.74 \cdot 10^6 / 1910 = 112819$  $F_{w,Ed} = V_{Ed} / L_3 =$  **925** **[925]** $F_{w,Rd} = a \cdot f_{tk} / (\sqrt{3} \cdot 0.8 \cdot 1.25) =$  **1247** **[1247]** $\Rightarrow F_{w,Ed} < F_{w,Rd}$ 

Verifica a flessione:

 $W$  ( $\text{mm}^3$ ) = 300930 ;  $\sigma_{ort.} = M_{Ed}/W =$  **358.0** **[359]** $\Rightarrow \sigma_{ort.} < f_{tk} / (0.8 \cdot 1.25) = 360.0$ [ $f_{tk}$  (N/mm<sup>2</sup>) = 360.0]**NORMATIVA di riferimento: D.M. 14.1.2008****RISULTATI ANALISI PARETE n° 1****ANALISI STATICA dei maschi murari**[Forze:kN - Tensioni:N/mm<sup>2</sup>] $\gamma_F \cdot \sigma$  = tensione statica alla base della luce deformabile del maschio

(cfr. Comb.Carico fondamentale SLU (2.5.1) in §2.5.3):

viene confrontata con  $f_d$  = tensione di progetto a compressionedata da:  $f_m/\gamma_M/FC$  ( $\gamma_M=2.00$ ,  $FC$ : Att.=1.35 - Prog.=1.35)

**STATO ATTUALE**

n.	N,somm	Pp,tot	N,base def.	$\sigma$ ,mezz def.	$\sigma$ ,base def.	$\gamma F \cdot \sigma$ (SLU)	fd
1)	96.00	78.75	174.75	0.108	0.140 0.140	0.197	0.889

**STATO DI PROGETTO**

n.	N,somm	Pp,tot	N,base def.	$\sigma$ ,mezz def.	$\sigma$ ,base def.	$\gamma F \cdot \sigma$ (SLU)	fd
1)	48.00	35.24	83.24	0.138	0.166	0.236	0.889
2)	48.00	35.24	83.24	0.138	0.166 0.163	0.236	0.889

**ANALISI SISMICA STATO ATTUALE****Maschi murari**

n.	B (mm)	Hcalc (H/B)	K (N/mm)	Forza ultima (kN)			F,min.	Spost.(mm) elast.-ult.	
				Taglio f.diag.	Taglio scorr.	Press. compl.			
1)	5000	3500	0.70	130982 130981	90.00 89.30	101.30 101.30	226.55 226.87	90.00	0.69 0.68 14.00 14.00

**ANALISI SISMICA STATO DI PROGETTO****Maschi murari**

n.	B (mm)	Hcalc (H/B)	K (N/mm)	Forza ultima (kN)			F,min.	Spost.(mm) elast.-ult.	
				Taglio f.diag.	Taglio scorr.	Press. compl.			
1)	2000	2816	1.41	47709	38.95	37.09	52.61	37.09	0.78 11.26 11.26
2)	2000	2816	1.41	47709 47709	38.95 38.58	37.09 36.43	52.61 51.59	37.09	0.78 0.76 11.264 11.264

**Cerchiature**

n.	B (mm)	H	K,in (N/mm)	F,el (kN)	Spost. elast. (mm)	K,fin (N/mm)	F,ult (kN)	Spost. snerv.-ult. (mm)
1)	1180	1910	27710 27710	199.67	7.21	27710	199.67 199.67	7.21 7.21 14.00 14.00

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

[Rig.K:N/mm - F,ult:kN - Cap.Sp.:mm - En.:J=N\*m]

	Attuale	Progetto	Rapporto(C.Sic.)	
Rig.K)	130981	123129	0.940	compreso fra +/-15% (-6.0%)
F,ult)	90.00	273.85	3.043	> 1 (+204.3%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	1.000	= 1 (=)
En.)	1229.10	2336.40	1.901	> 1 (+90.1%)

**VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA**

L'intervento può essere qualificato come Riparazione Locale, poiché rispetta i requisiti di sicurezza richiesti (§C8.4.3) su: rigidità (variazione non significativa), e resistenza e capacità di deformazione (allo Stato di Progetto non peggiorano rispetto allo Stato Attuale).

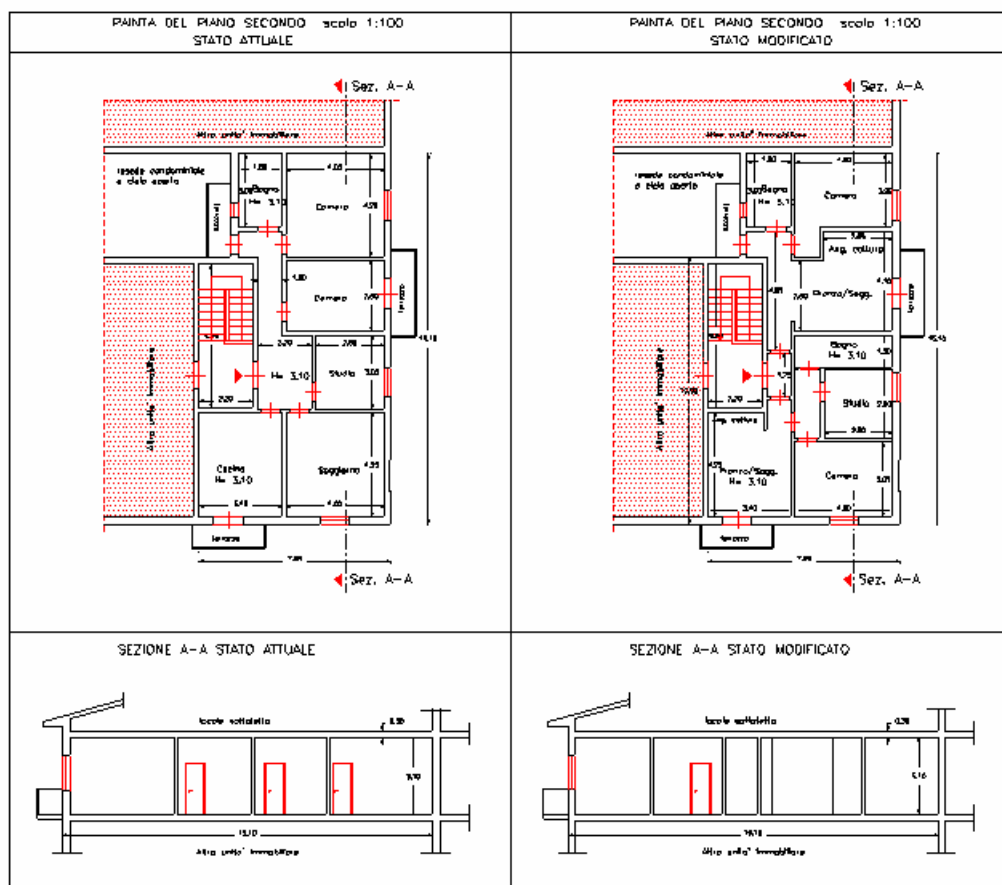
**Considerazioni sul confronto per la validazione**

I risultati evidenziati per il confronto di validazione mostrano ottima corrispondenza con quanto sviluppato nell'esempio di riferimento. Le lievi discordanze, ove presenti, sono da attribuirsi ad arrotondamenti numerici. Se applicando AC.M si utilizza la reimpostazione delle zone rigide con il metodo di diffusione a 30°, si ottengono valori leggermente diversi dovuti al fatto che tali zone rigide, nell'esempio svolto manualmente, sono state calcolate sull'altezza di apertura pari a 2000 mm, mentre nel software viene considerata l'altezza libera del vano (1910 mm) più l'altezza della sezione dell'architrave in acciaio IPE180 del telaio di cerchiatura (1910+180 = 2090 mm anziché 2000 mm).

## C.2. ESEMPIO DI APPRENDIMENTO

### C.2.1. ESEMPIO GUIDATO

L'esempio guidato è un caso reale, originariamente studiato nell'ambito del D.M. 16.1.1996 (la cui trattazione è allegata al software AC.M 2000 © AEDES), aggiornato, per AC.M 2012, al D.M. 14.1.2008. Si tratta di un progetto strutturale relativo ad un edificio esistente in muratura di mattoni pieni di laterizio, che si sviluppa su due piani fuori terra oltre ad una soffitta non abitabile. L'edificio sia ubicato in zona sismica 2, caratterizzata dai parametri nel seguito specificati.

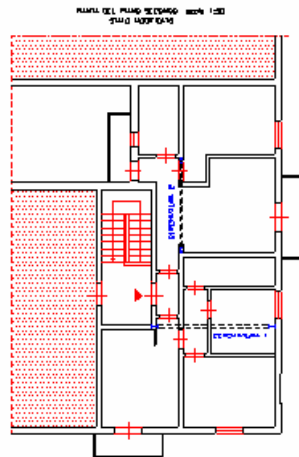


**Fig. C.2.1.** Piante e Sezioni Stato Attuale e Stato Modificato

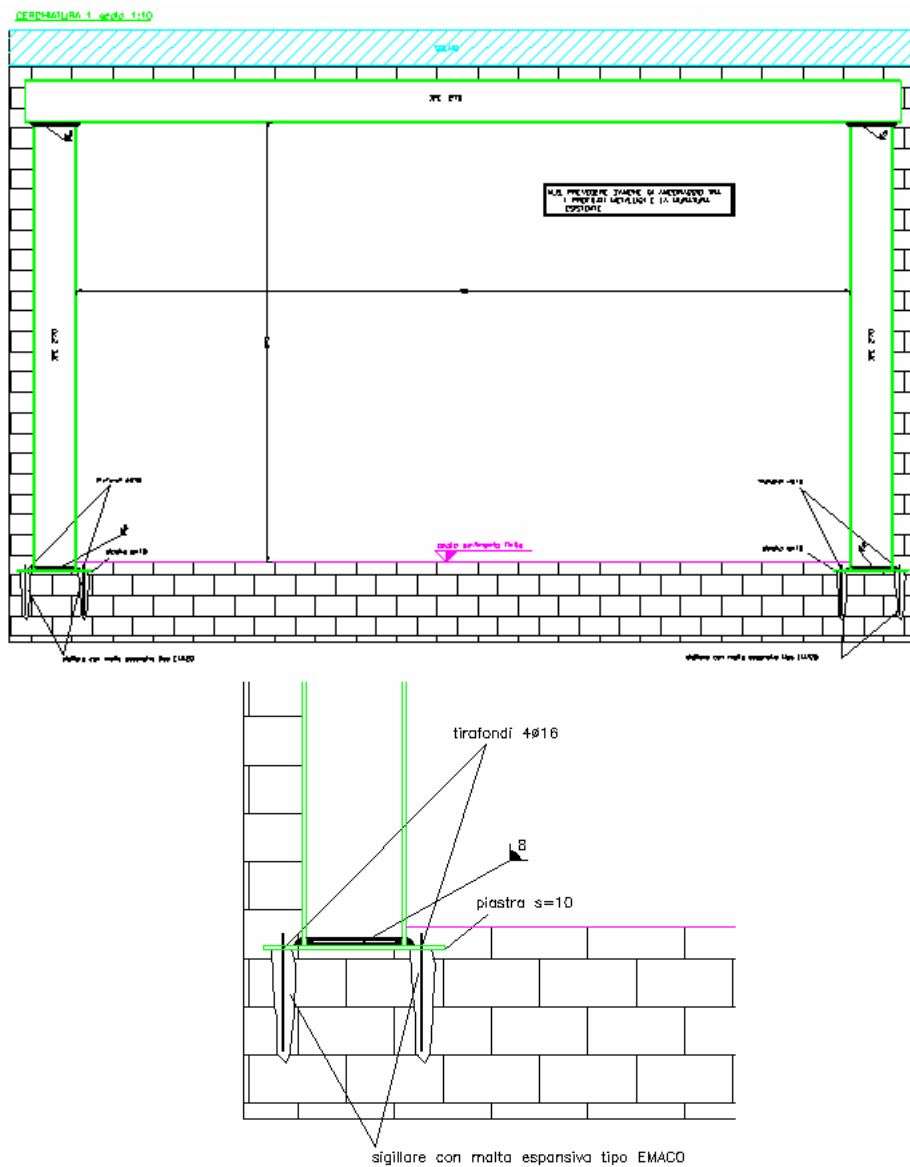
Gli interventi consistono nella realizzazione di n°2 aperture al piano secondo dell'edificio; la prima apertura (n° 1) di larghezza 4.80 m. viene realizzata nel muro portante in mattoni pieni ad una testa che separa attualmente l'ingresso dal soggiorno. Tale apertura viene cerchiata, al fine di ripristinare la rigidezza della parete prima dell'intervento, con un telaio metallico realizzato con IPE 270.

Questa cerchiatura non prevede a lato una mazzetta di almeno 50 cm. escluso lo spessore del muro ortogonale: ciò, secondo gli Orientamenti interpretativi del D.M. 14.1.2008 a cura della Regione Toscana, invaliderebbe la qualifica di intervento di Riparazione locale. Tuttavia, si deve osservare che nello Stato Attuale la parete oggetto di intervento risulta scollegata dal muro del prospetto esterno: fu quindi costruita in un secondo tempo, semplicemente accostata alla parete esterna ad essa ortogonale. Pertanto, la cerchiatura, con i suoi collegamenti, di fatto migliora la situazione precedente. Se l'interpretazione del caso fosse dubbia, si dovrà riconsiderare l'esecuzione di un'analisi 3D complessiva, oltre alla verifica locale con AC.M. In ogni caso, l'intervento viene descritto in questo contesto con la specifica finalità di illustrazione delle funzionalità di AC.M.

La seconda apertura (n° 2) di larghezza 3.70 m. viene invece realizzata nel muro in mattoni pieni ad una testa che separa l'ingresso dalle camere. Anche in questo caso, l'apertura viene cerchiata, al fine di ripristinare la rigidezza della parete prima dell'intervento, con profilati metallici IPE 220.



**Fig. C.2.2.** Posizione delle Cerchiature previste per la realizzazione dello Stato Modificato



**Fig. C.2.3.** Cerchiatura n°1, con particolare di ancoraggio alla base

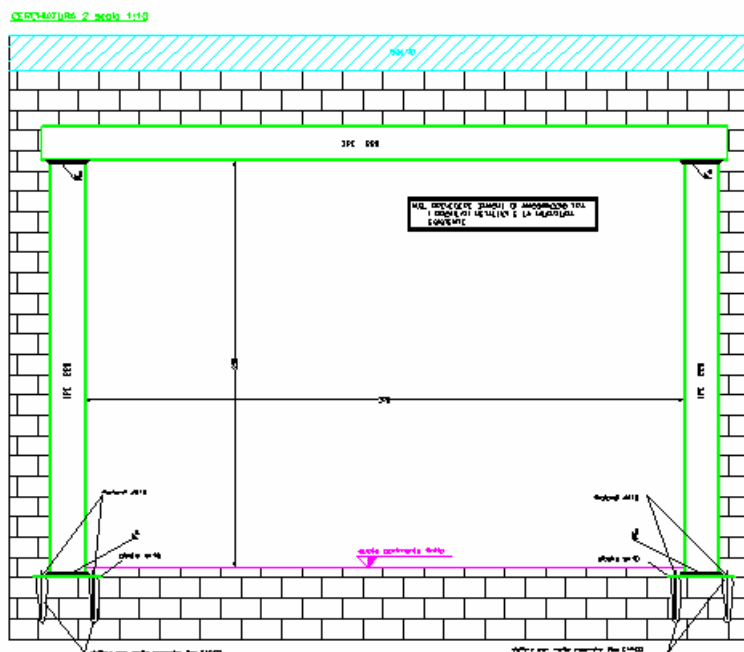


Fig. C.2.4. Cerchiatura n°2

I profilati metallici delle due cerchiature vengono opportunamente collegati ed ammorinati alla muratura esistente tramite zanche metalliche ed uniti nei nodi mediante saldature a cordoni d'angolo. I ritti del telaio vengono collegati alla muratura esistente tramite piastre e tirafondi inseriti in fori nella muratura esistente sigillati con malta espansiva.

Si prevede inoltre al piano primo la demolizione porzioni di pareti in forati che non hanno nessuna rilevanza statica.

Per entrambe le cerchiature, è previsto alla base un piatto in lamiera di acciaio di spessore 15 mm, ancorato alle strutture sottostanti con 4 barre #16, di lunghezza 250 mm., con braccio 320 mm.

Il **vincolo di base del montante** non potrà essere di fatto assimilato ad un incastro perfetto; con AC.M sarà possibile qualificarlo come incastro con momento resistente inferiore rispetto a quello del montante: il momento resistente di ancoraggio alla base viene assunto pari a 15 kNm (inferiore rispetto al momento resistente di IPE270: 96.01 kNm e di IPE220: 56.40 kNm).

In fig. C.2.2 sono evidenziate le zone dove vengono eseguite le cerchiature; dalla pianta del piano secondo di fig. C.2.1 è possibile ricavare le dimensioni delle pareti oggetto d'intervento allo Stato Attuale e allo Stato di Progetto.

Per rilevare le reali misure, si consultino i files architettonici *Guidato-a.dwg* e *Guidato-b.dwg* forniti in dotazione ad AC.M; il file del progetto di AC.M è denominato *Guidato.acm*. Tutti questi files sono installati nei percorsi: *\Aedes2012\Es-Apprendi*, *\Aedes2012\Es-Progetti* e *\Aedes2012\Progetti*.

Lanciato AC.M, il programma si predispone da solo per i dati di un nuovo progetto.

I dati presentati sono quelli preimpostati: dovranno essere particolarizzati al progetto da analizzare.

Nella finestra della Grafica Dati è visualizzata la cerchiatura preimpostata; nella finestra Grafica Risultati sono riportati valori nulli: infatti, non essendo state ancora aperte le finestre Cerchiature o Pareti, i calcoli interattivi non sono ancora stati eseguiti.


Nella finestra Dati Progetto, specificare i seguenti dati:

numero di cerchiature = 2, numero di pareti = 2.

I Parametri di Calcolo possono essere mantenuti invariati sui valori proposti da AC.M, tranne che per la Categoria di sottosuolo (B) e la successiva Reimpostazione dei parametri dipendenti, che comporta un fattore di suolo  $S = 1.20$ .

Nella casella di testo del 'Commento' si può inserire un testo a piacere inerente il progetto corrente (descrizione del progetto, nome del Committente ed ubicazione, indicazioni sulla configurazione del progetto, ecc.)

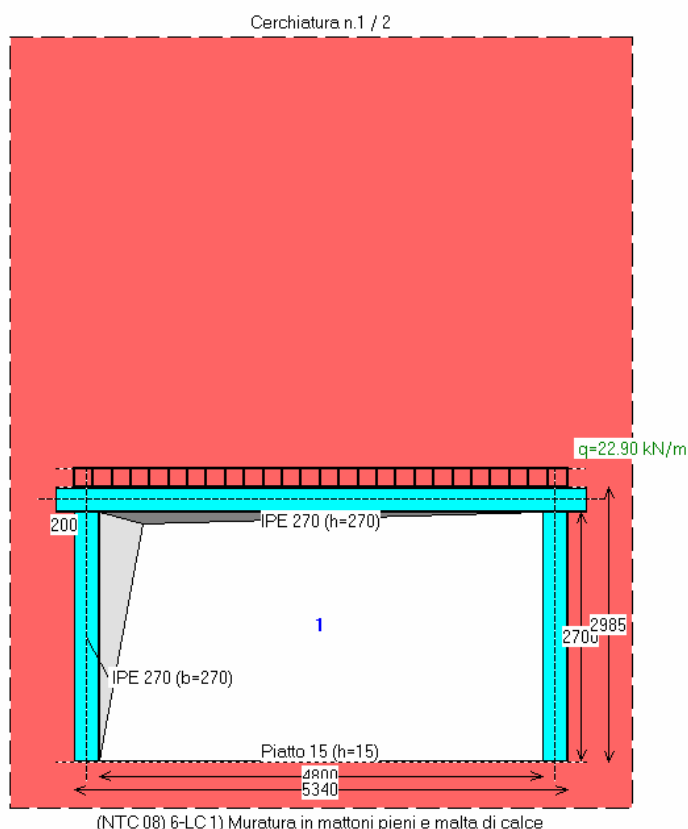
La finestra Progetto non richiede ulteriori dati; trattandosi della finestra principale, nei prossimi passaggi essa resterà come finestra di testo di sfondo dell'applicazione.

**ALT+N,H (CTRL+H):** attiva la finestra Cerchiature (barra degli strumenti: ).

Con l'apertura della finestra Cerchiature, vengono immediatamente aggiornati i risultati della finestra Grafica Risultati: essi ovviamente non possono ancora riferirsi al progetto da analizzare, perché occorre modificare opportunamente i dati; ma già si comprende come agisce AC.M: via via che si modificheranno i dati, introducendo i reali valori del caso in esame, si avrà un continuo aggiornamento dei risultati, sempre coerenti con i dati attivi al momento.

I dati da inserire per la Cerchiatura n°1, nelle varie schede: Geometria e Vincoli, Muratura, Strutture in Acciaio, Carichi, Calcolo, Grafica, Saldature sono i seguenti: (per spostarsi da un campo all'altro, usare TAB o INVIO o fare clic con il mouse):

#### DATI CERCHIATURA n° 1



**Fig. C.2.5. Dati Cerchiatura n.1**

GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm]:

Vano utile  $B = 4800$ ,  $H = 2700$

Muratura eliminata  $b = 5340$ ,  $h = 2985$

Spessore parete  $s = 120$

Tipo di struttura: Telaio completo

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12 E J / h^3$

MURATURA [ $N/mm^2$ ]:

Tipologia: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$

Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$

Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00

STRUTTURE IN ACCIAIO:

Tipo di acciaio: S 235

ARCHITRAVE IN ACCIAIO:

Sezione Architrave: IPE 270 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre pilastro: 200 mm.  
 PIEDRITTI IN ACCIAIO:  
 Sezione Piedritto: IPE 270 - Verso a inerzia massima  
 TRAVERSO INFERIORE IN ACCIAIO:  
 Sezione Traverso inferiore: Piatto 15 - Ancoraggi: 19d12 (1d12/250)

## CARICHI:

Distribuito  $q$  (kN/m) = 22.90  
 Posizione verticale  $h1$  (mm) = 0  
 limite d'influenza ( $h1$  lim.) (mm) = 4625  
 Concentrato  $P$  (kN) = 0.00  
 Posizione verticale  $h2$  (mm) = 0  
 limite d'influenza ( $h2$  lim.) (mm) = 4875  
 Posizione orizzontale  $x'$  (mm) = 0  
 limite d'influenza ( $x'$  lim.) (mm) = +/-2670  
 Carico triangolare su architrave da muratura sovrastante = no

## CRITERI di calcolo:

Architrave: per la verifica di deformabilità:

- schema statico: semincastro
- luce di calcolo: netta (corrispondente alla larghezza del vano sottostante)
- freccia limite:  $1 / 500$  luce =  $4800/500 = 9.600$  mm.

Ignorare il confronto di Rigidezza fra telaio di cerchiatura e corrispondente muratura rimossa = no

Vincolo alla base dei montanti:

Incastro, con  $M_{r,base} < M_{r,mont.} = 96.01$  kNm:  $M_{r,base} = 15$  kNm





## SALDATURE:

Cordoni di saldatura distinti fra montante e traverso

(presenza di piastra di collegamento) = no

Sezione di gola (mm) = 8

Fra i vari dati della Cerchiatura, si osservi che nei Criteri di Calcolo è stata considerato lo schema di vincolamento alla base con incastro, caratterizzato dal momento resistente di ancoraggio pari a 15 kNm.

Si deve ora passare all'inserimento dei dati della Cerchiatura n°2: per spostarsi, utilizzare i comandi del menu Sposta oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti:  Prima,  Precedente,  Successiva,  Ultima).



## DATI CERCHIATURA n° 2

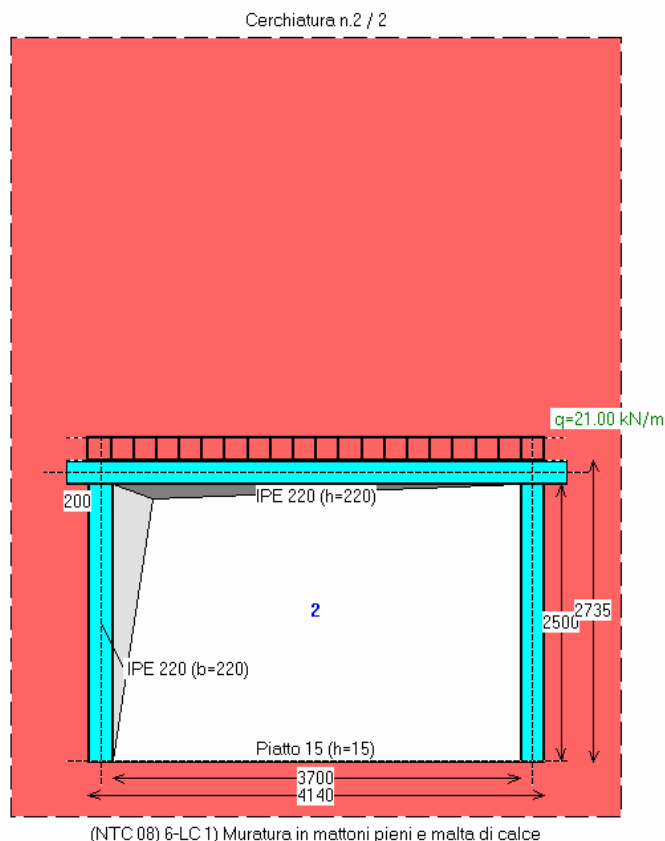


Fig. C.2.6. Dati Cerchiatura n.2

## GEOMETRIA E VINCOLI [lunghezze in mm]:

Vano utile  $B = 3700$ ,  $H = 2500$ Muratura eliminata  $b = 4140$ ,  $h = 2735$ Spessore parete  $s = 120$ 

Tipo di struttura: Telaio completo

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12 E J / h^3$ MURATURA [ $N/mm^2$ ]:

Tipologia: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$ Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$ Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00

## STRUTTURE IN ACCIAIO:

Tipo di acciaio: S 235

## ARCHITRAVE IN ACCIAIO:

Sezione Architrave: IPE 220 - Verso a inerzia massima - Appoggio oltre pilastro: 200 mm.

## PIEDRITTI IN ACCIAIO:

Sezione Piedritto: IPE 220 - Verso a inerzia massima

## TRAVERSO INFERIORE IN ACCIAIO:

Sezione Traverso inferiore: Piatto 15 - Ancoraggi: 14d12 (1d12/250)

## CARICHI:

Distribuito  $q$  ( $kN/m$ ) = 21.00Posizione verticale  $h_1$  (mm) = 0limite d'influenza ( $h_1$  lim.) (mm) = 3585Concentrato  $P$  ( $kN$ ) = 0.00Posizione verticale  $h_2$  (mm) = 0limite d'influenza ( $h_2$  lim.) (mm) = 3835Posizione orizzontale  $x'$  (mm) = 0

limite d'influenza ( $x'$  lim.) (mm) =  $\pm 2070$

Carico triangolare su architrave da muratura sovrastante = no

CRITERI di calcolo:

Architrave: per la verifica di deformabilità:

- schema statico: semincastro
- luce di calcolo: netta (corrispondente alla larghezza del vano sottostante)
- freccia limite:  $1 / 500 \text{ luce} = 3700/500 = 7.400 \text{ mm}$ .

Ignorare il confronto di Rigidezza fra telaio di cerchiatura e corrispondente muratura rimossa = no

Vincolo alla base dei montanti:

Incastro, con  $M_{r,base} < M_{r,mont.} = 56.40 \text{ kNm}$ :  $M_{r,base} = 15 \text{ kNm}$

SALDATURE:

Cordoni di saldatura distinti fra montante e traverso

(presenza di piastra di collegamento) = no

Sezione di gola (mm) = 8

Per inserire i dati delle pareti, occorre spostare il fuoco sulla finestra Pareti:

**ALT+N,P (CTRL+P)**: attiva la finestra Pareti (barra degli strumenti: ).

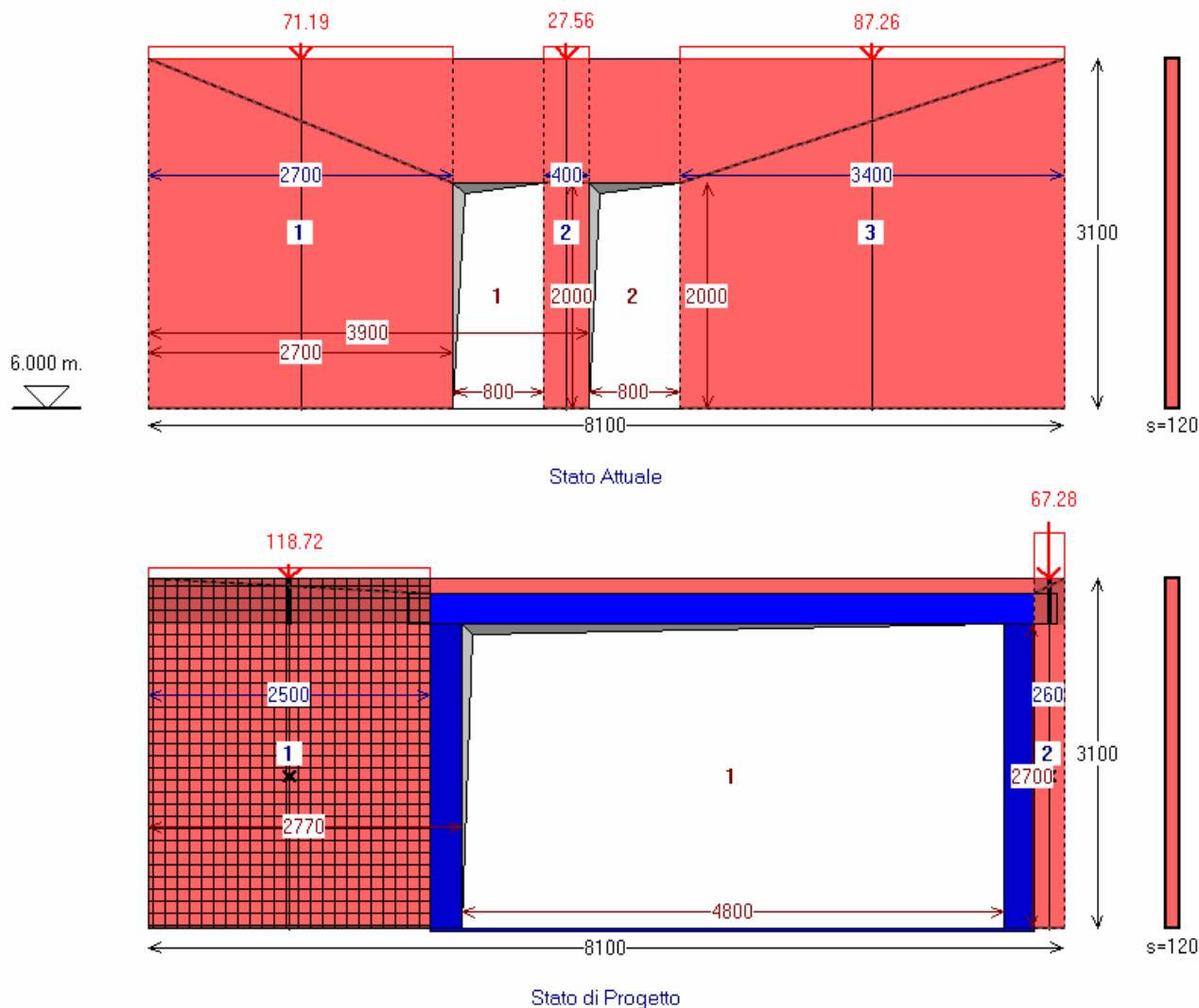
Analogamente alla finestra Cerchiature, con l'apertura della finestra Pareti vengono immediatamente aggiornati i risultati della finestra Grafica Risultati.

I dati della parete n°1 da inserire nelle varie schede: Geometria, Muratura, Carichi, Aperture-Maschi, (Stato Attuale e Stato di Progetto), Criteri, sono riportati qui di seguito (il testo in corsivo si riferisce a parametri calcolati dal programma, e quindi non direttamente in input).

Per entrambe le pareti, in corrispondenza sia dello Stato Attuale sia dello Stato di Progetto, nella scheda Aperture-Maschi si selezionano i check "Collegamento Cerchiatura-dimensioni Apertura" e "Reimpostazione automatica dei maschi murari".

**DATI PARETE n° 1**

Parete n.1 / 2 - piano 3 / 3  
(Lunghezze: mm - Carichi: risultanti in kN)

**Fig. C.2.7.** Dati Parete n.1**STATO ATTUALE**

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato Attuale) [lunghezze in mm]:

Piano : 3

Quota di base Z = 6000

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12 E J / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E,G (§C8A.2) = no

**APERTURE (Stato Attuale):**

d,z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B,H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

1) d = 2700, z = 0; B = 800, H = 2000

2) d = 3900, z = 0; B = 800, H = 2000

**MASCHI MURARI (Stato Attuale):**

B,H,Hcalc,s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N (kN),  $\sigma_o$ - $\sigma_{pv}$  (N/mm<sup>2</sup>) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ , fm, E, G (N/mm<sup>2</sup>); peso specifico = caratteristiche della muratura

1) B = 2700, H = 3100, S = 120

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 71.19;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000  
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060  
 Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1200  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 400  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

2) B = 400, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 27.56;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000  
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060  
 Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1200  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 400  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

3) B = 3400, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 87.26;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000  
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060  
 Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400  
 Modulo di elasticità longitudinale E = 1200  
 Modulo di elasticità tangenziale G = 400  
 Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

**CARICHI (Stato Attuale) [kN, N/mm<sup>2</sup>]:**

Carico agente in sommità = 186.00

#### STATO DI PROGETTO

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato di Progetto) [lunghezze in mm]:

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12.0 \text{ E J} / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E, G (§C8A.2) = no

#### APERTURE (Stato di Progetto):

d, z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B, H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

1) d = 2500, z = 0; B = 5340, H = 2970 - Cerch.n°:1

#### MASCHI MURARI (Stato di Progetto):

B, H, Hcalc, s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N (kN),  $\sigma_{po}$ - $\sigma_{pv}$  (N/mm<sup>2</sup>) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ ,  $f_m$ , E, G (N/mm<sup>2</sup>); peso specifico = caratteristiche della muratura

1) B = 2500, H = 3100, S = 120

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 400, Hcalc = 2700

N = 118.72;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000

Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.090

Resistenza media a compressione  $f_m$  = 3.600

Modulo di elasticità longitudinale E = 1800

Modulo di elasticità tangenziale G = 600

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00

Intonaco armato (coeff.correttivo = 1.5 )

Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

2) B = 260, H = 3100, S = 120

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 400, Hcalc = 2700

N = 67.28;  $\sigma_{po}$  = 0.000,  $\sigma_{pv}$  = 0.000

Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Resistenza media a taglio  $\tau_o$  = 0.060

Resistenza media a compressione  $f_m$  = 2.400

Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$   
Peso specifico ( $\text{kN/m}^3$ ) = 18.00  
Drift Taglio ( $d/H$  %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

**CARICHI (Stato di Progetto) [ $\text{kN}$ ,  $\text{N/m}^2$ ]:**

Carico agente in sommità = 186.00

**CRITERI di calcolo:**

Maschi snelli non reagenti per  $(H/B) > 3 = \text{no}$

Maschi snelli non reagenti per  $B \text{ (mm)} < 500 = \text{no}$

Massa Sismica: metà altezza parete = no





SLU) Riduzione della forza non superiore al 20% del massimo

Criteri adottati:

- Prima riduzione del 20% rispetto al massimo assoluto

Coeff. parziale di sicurezza per i materiali in Analisi Statica:  $(\gamma)_M = 2$

Per la parete n°1, si osservi che per il maschio residuo nello Stato di Progetto è stato previsto anche l'intervento con intonaco armato. Inoltre, nello Stato di Progetto, dato l'irrigidimento significativo del maschio ed il telaio di cerchiatura, si sono considerate zone rigide corrispondenti ai pannelli di nodo (cioè ai nodi maschi-fasce), mentre per lo Stato Attuale si è preferito considerare luci deformabili a tutt'altezza. Altre ipotesi potrebbero comunque essere agevolmente 'provate' utilizzando i comandi di AC.M, e valutandone gli effetti sui risultati.

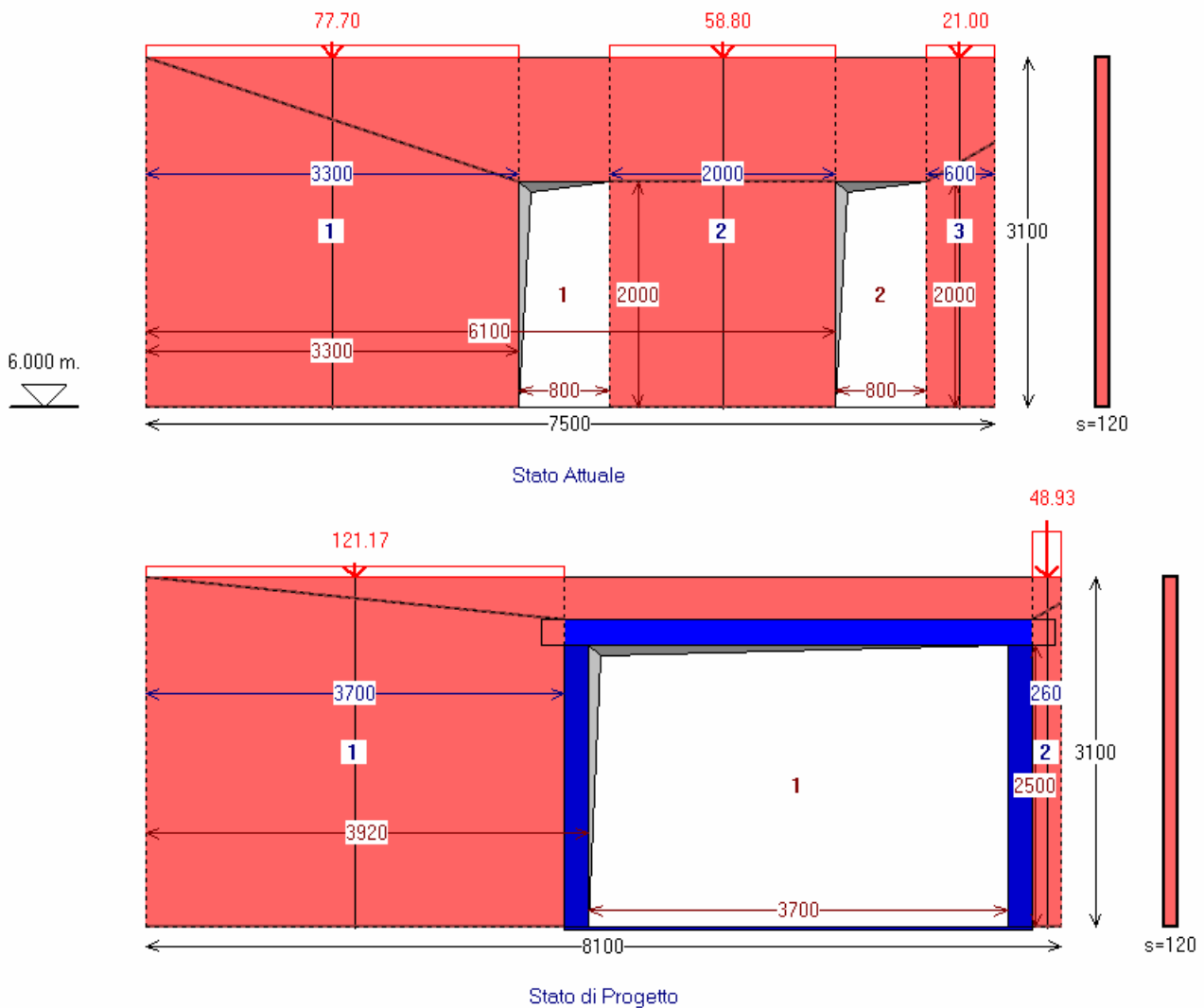
Si deve ora passare all'inserimento dei dati della Parete n°2: per spostarsi, utilizzare i comandi del menu Sposta oppure i pulsanti della Barra degli Strumenti: Prima:  Prima,  Precedente,  Successiva,  Ultima).

Riguardo alla parete n°2, si osservi che la lunghezza di 8100 mm. dello Stato di Progetto rispetto allo Stato Attuale (7500 mm) dipende dalla realizzazione di un nuovo muro trasversale.

In questo progetto esemplificativo, le pareti da analizzare non necessariamente si estendono strettamente fra due murature ortogonali: in caso di piante articolate, come quella esaminata, si assume una lunghezza di parete che, secondo il giudizio del progettista, corrisponde alla effettiva sottostruttura che deve essere analizzata.

**DATI PARETE n° 2**

Parete n.2 / 2 - piano 3 / 3  
(Lunghezze: mm - Carichi: risultanti in kN)

**Fig. C.2.8. Dati Parete n.2****STATO ATTUALE**

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato Attuale) [lunghezze in mm]:

Piano : 3

Quota di base Z = 6000

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12 E J / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E,G (§C8A.2) = no

**APERTURE (Stato Attuale):**

d,z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B,H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

1) d = 3300, z = 0; B = 800, H = 2000

2) d = 6100, z = 0; B = 800, H = 2000

**MASCHI MURARI (Stato Attuale):**

B,H,Hcalc,s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N (kN),  $\sigma_{po}$ - $\sigma_{pv}$  (N/mm<sup>2</sup>) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ , f<sub>m</sub>, E, G (N/mm<sup>2</sup>); peso specifico = caratteristiche della muratura

1) B = 3300, H = 3100, S = 120

Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100

N = 77.70;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$   
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$   
 Resistenza media a compressione  $f_m = 2.400$   
 Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
 Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$   
 Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

- 2) B = 2000, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 58.80;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$   
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$   
 Resistenza media a compressione  $f_m = 2.400$   
 Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
 Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$   
 Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6
- 3) B = 600, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 21.00;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$   
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$   
 Resistenza media a compressione  $f_m = 2.400$   
 Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
 Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$   
 Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

**CARICHI (Stato Attuale)** [ $kN$ ,  $N/mm^2$ ]:

Carico agente in sommità = 157.50

#### STATO DI PROGETTO

DATI GENERALI DELLA PARETE (Stato di Progetto) [lunghezze in mm]:

Vincolo in sommità della parete muraria: Rigido

Rigidezza alla traslazione della parete muraria:  $K = 12.0 E J / h^3$

Riduzione 50% dei moduli E, G (§C8A.2) = no

#### APERTURE (Stato di Progetto):

d,z (mm) = distanza tra bordi sinistri e inferiori della parete e dell'apertura

B,H (mm) = larghezza e altezza dell'apertura

1) d = 3700, z = 0; B = 4140, H = 2720 - Cerch.n°:2

#### MASCHI MURARI (Stato di Progetto):

B,H,Hcalc,s (mm) = larghezza, altezza, altezza di calcolo e spessore

N ( $kN$ ),  $\sigma_{po}$ - $\sigma_{pv}$  ( $N/mm^2$ ) = sforzo normale in sommità e tensioni di precompressione

$\tau_o$ ,  $f_m$ , E, G ( $N/mm^2$ ); peso specifico = caratteristiche della muratura

- 1) B = 3700, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 121.17;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$   
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$   
 Resistenza media a compressione  $f_m = 2.400$   
 Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
 Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$   
 Peso specifico ( $kN/m^3$ ) = 18.00  
 Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6
- 2) B = 260, H = 3100, S = 120  
 Zona rigida inf. = 0, Zona rigida sup. = 0, Hcalc = 3100  
 N = 48.93;  $\sigma_{po} = 0.000$ ,  $\sigma_{pv} = 0.000$   
 Materiale: (NTC 08) 6-LC 1) Muratura in mattoni pieni e malta di calce  
 Resistenza media a taglio  $\tau_o = 0.060$   
 Resistenza media a compressione  $f_m = 2.400$   
 Modulo di elasticità longitudinale  $E = 1200$   
 Modulo di elasticità tangenziale  $G = 400$

Peso specifico (kN/m<sup>3</sup>) = 18.00

Drift Taglio (d/H %) = 0.4, Drift PressoFlessione = 0.6

**CARICHI (Stato di Progetto)** [kN, N/m<sup>2</sup>]:

Carico agente in sommità = 170.10

**CRITERI di calcolo:**

Maschi snelli non reagenti per (H/B) > 3 = no

Maschi snelli non reagenti per B (mm) < 500 = no

Massa Sismica: metà altezza parete = no

SLU) Riduzione della forza non superiore al 20% del massimo

Criteri adottati:

- Prima riduzione del 20% rispetto al massimo assoluto

Coeff. parziale di sicurezza per i materiali in Analisi Statica: (gamma), M = 2

Durante l'inserimento dei dati, si è avuto modo di vedere il continuo aggiornamento sia della rappresentazione grafica dei dati stessi (finestra Grafica Dati), sia dei risultati.

Per preimpostazione, i risultati vengono presentati sotto forma di testo. Per attivare i diagrammi, occorre utilizzare gli appositi comandi di menu.


Ad esempio, si voglia visualizzare il diagramma forza-spostamento della parete n°1.

Tenendo il fuoco sulla finestra Pareti, posizionarsi sulla parete n°1.

La via più rapida per visualizzare il diagramma è fare clic sul pulsante grafico della barra degli strumenti:



In alternativa: fare clic sulla finestra Grafica Risultati, in modo che questa diventi la finestra attiva; quindi, dal menu Pareti scegliere il comando: Diagramma Forza-Spostamento.

Avendo inserito tutti i dati, è ora possibile archiviare il progetto corrente: si utilizzi il comando **Salva (MAIUSC+F12)** della finestra Progetto [ Barra degli Strumenti:  ]. Poiché il progetto corrente era il progetto preimpostato: 'Anonimo', viene richiesto un nome da attribuire all'archivio: digitare, ad esempio:

*Apprendi*

e quindi effettuare il salvataggio. Il nome *Apprendi* diverrà il nome corrente del progetto, come mostrato in alto nella barra del titolo di AC.M.

Per quanto riguarda la consultazione delle varie opzioni grafiche, la fase di stampa ed ogni altra proprietà del software, si rimanda alla parte B. di questo Manuale.

Sui risultati dell'analisi di questo esempio di apprendimento, si osserva che per entrambe le pareti è soddisfatta la condizione di 'Riparazione locale'; le seguenti figure illustrano i risultati.



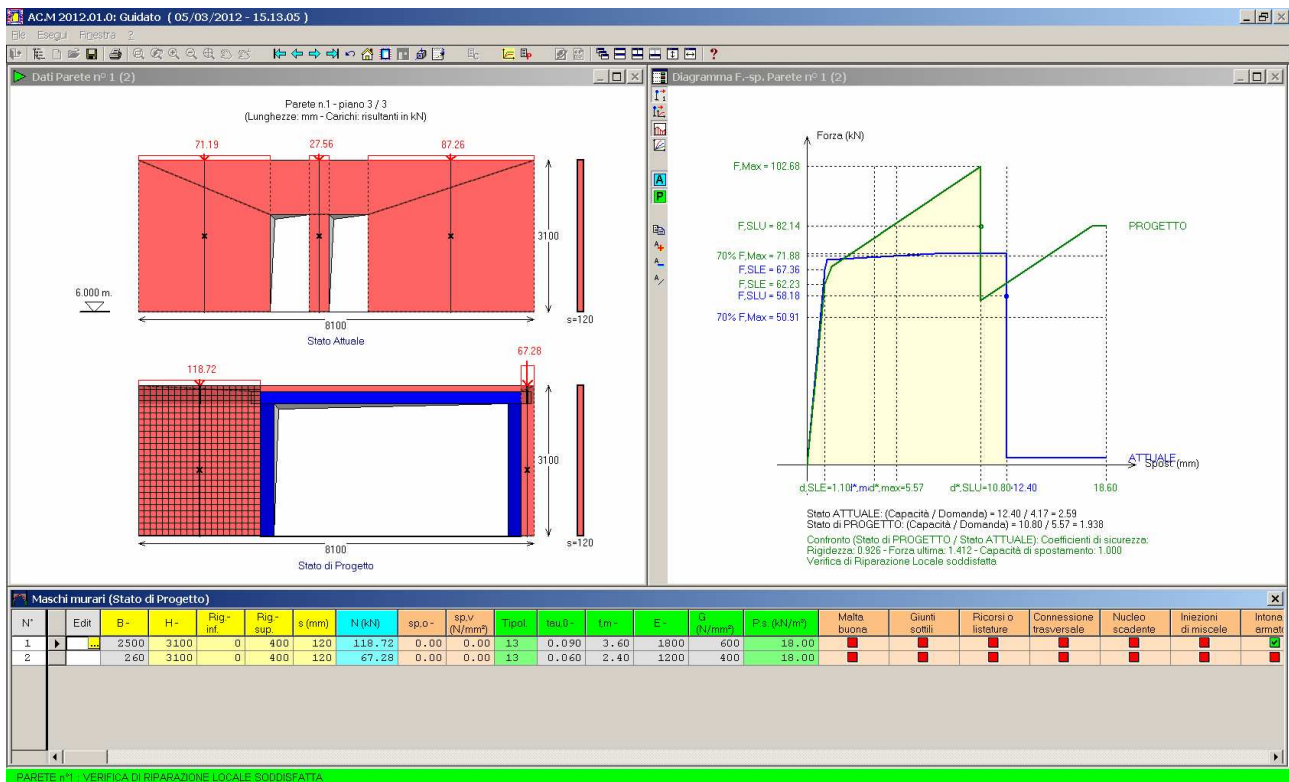


Fig. C.2.9. Verifica della parete n.1: coefficienti di sicurezza

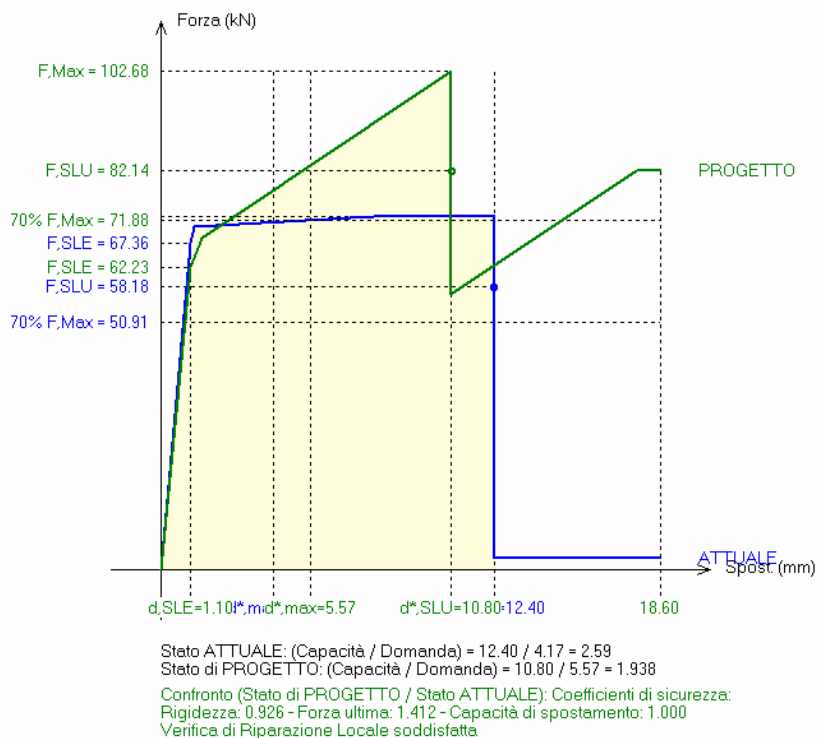
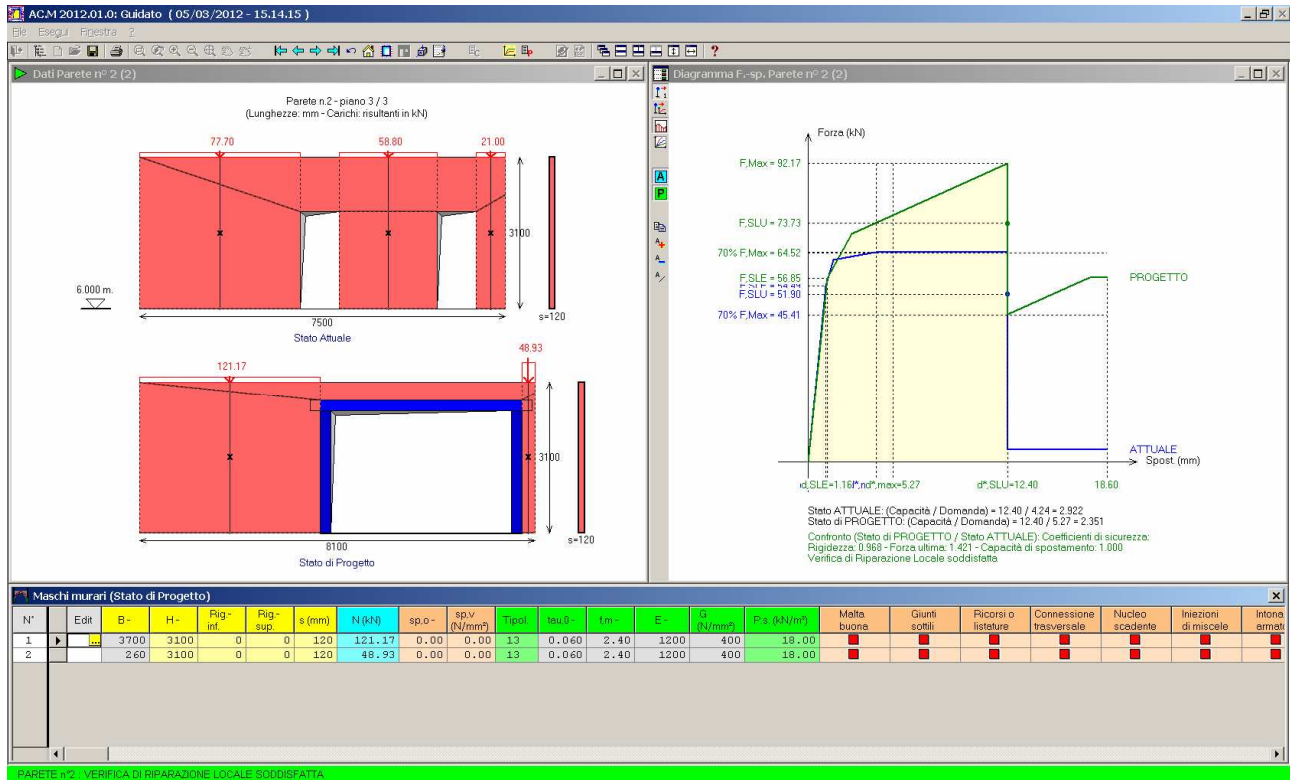


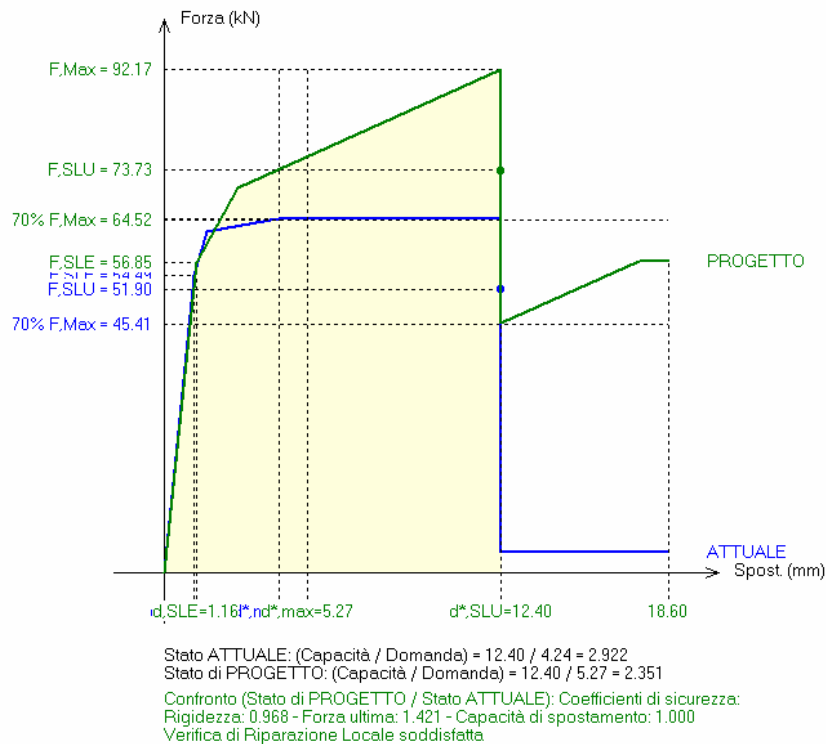
Fig. C.2.10. Diagramma forza-spostamento per la parete n.1

Si osservi la fig. C.2.9: il maschio residuo allo Stato di Progetto è consolidato con intonaco armato. Se l'intonaco armato non fosse previsto (il che equivale a deselezionare il check nel corrispondente dato del maschio murario) l'intervento uscirebbe immediatamente dalla qualifica di Riparazione locale, in

quanto la rigidezza diminuirebbe, rispetto allo Stato Attuale, del 30% circa (oltre i limiti  $\pm 15\%$  richiesti affinché l'intervento rientri nell'ambito delle riparazioni locali).



**Fig. C.2.11.** Verifica della parete n.2: coefficienti di sicurezza



**Fig. C.2.12.** Diagramma forza-spostamento per la parete n.2

Nelle figg. C.2.10 e C.2.11 i diagrammi forza-spostamento (curve di capacità) mostrano graficamente il confronto fra Stato Attuale e Stato di Progetto. Sia la parete n.1 che la parete n.2 evidenzerebbero una diminuzione dell'accelerazione (PGA) sostenibile. Ciò significa che se l'intervento non potesse essere considerato come Riparazione locale, e supponendo deformabile l'impalcato sovrastante le pareti, non potrebbe neppure qualificarsi come Miglioramento sismico. Sarebbe necessario studiare un intervento di adeguamento, con un software specifico quale ad esempio PC.E © AEDES.

Un'interessante osservazione riguarda il coefficiente di sicurezza relativo all'energia dissipata: per entrambe le pareti, anch'esso risulta superiore a 1, come mostrato in grassetto qui di seguito.

#### Risultati parete n°1:

##### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Attuale	Progetto	Rapporto(C.Sic.)	
[Rig.K:N/mm - F <sub>ult</sub> :kN - Cap.Sp.:mm - En.:J=N*m]				
Rig.K)	61433	56911	<b>0.926</b>	compreso fra +/-15% (-7.4%)
F <sub>ult</sub> )	72.72	102.68	<b>1.412</b>	> 1 (+41.2%)
Cap.Sp.)	18.60	18.60	<b>1.000</b>	= 1 (=)
<b>En.)</b>	<b>851.97</b>	<b>855.10</b>	<b>1.004</b>	<b>&gt; 1 (+0.4%)</b>

**VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA**

#### Risultati parete n°2:

##### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

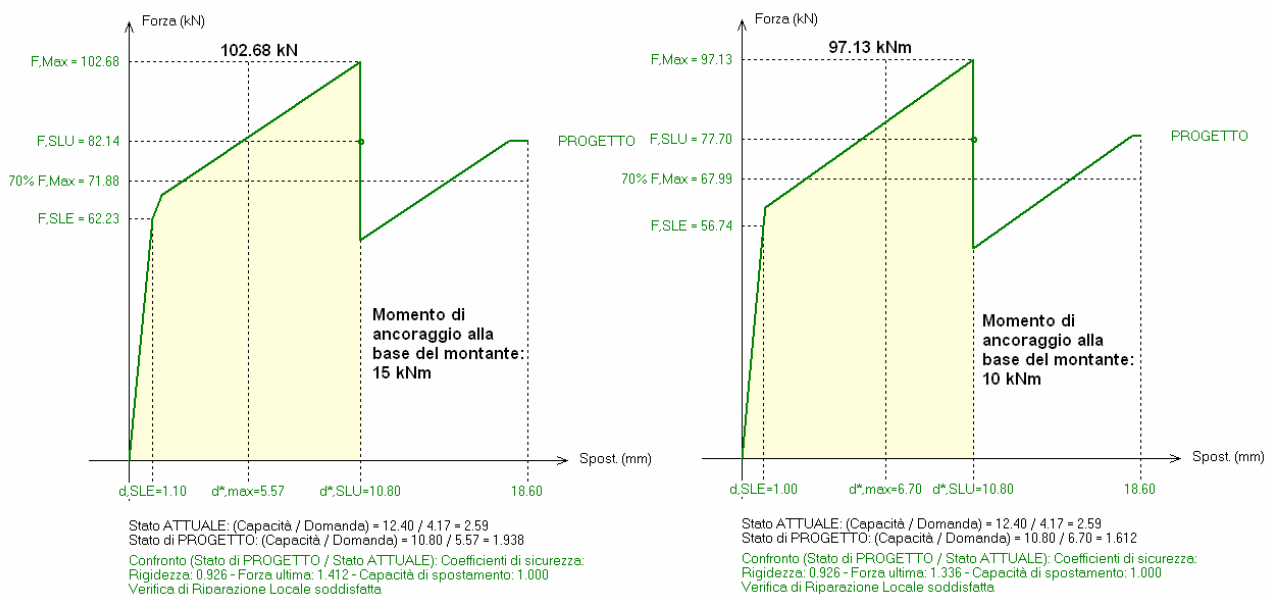
	Attuale	Progetto	Rapporto(C.Sic.)	
[Rig.K:N/mm - F <sub>ult</sub> :kN - Cap.Sp.:mm - En.:J=N*m]				
Rig.K)	50595	48976	<b>0.968</b>	compreso fra +/-15% (-3.2%)
F <sub>ult</sub> )	64.87	92.17	<b>1.421</b>	> 1 (+42.1%)
Cap.Sp.)	18.60	18.60	<b>1.000</b>	= 1 (=)
<b>En.)</b>	<b>757.69</b>	<b>919.87</b>	<b>1.214</b>	<b>&gt; 1 (+21.4%)</b>

**VERIFICA DI RIPARAZIONE LOCALE SODDISFATTA**

Considerando in particolare la parete 1, si osservi come tale coefficiente è appena superiore a 1. Se si diminuisce il momento di ancoraggio alla base del montante, ad esempio 10 kNm invece di 15 kNm, tale coefficiente scende sotto a 1.000, anche se gli altri tre coefficienti restano superiori a 1.000 (il coefficiente di rigidezza e quello di capacità di spostamento restano invariati, mentre il coefficiente relativo alla forza ultima diminuisce di poco):

Rig.K)	61433	56911	<b>0.926</b>	compreso fra +/-15% (-7.4%)
F <sub>ult</sub> )	72.72	97.13	<b>1.336</b>	> 1 (+33.6%)
Cap.Sp.)	18.60	18.60	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	851.97	802.04	<b>0.941</b>	< 1 (-5.9%)

In fig. C.2.13 si confrontano le curve allo Stato Attuale e di Progetto, ed in particolare le due curve di Progetto indicano a sinistra il caso di momento di ancoraggio pari a 15 kNm, e a destra il caso di 10 kNm.



**Fig. C.2.13.** Curve allo Stato di Progetto in dipendenza di diversi valori del momento di ancoraggio alla base del montante

Le due curve sono molto simili, ma la diminuzione del momento di ancoraggio, cioè del momento resistente alla base del montante, comporta una diminuzione del valore massimo della forza, come già visto numericamente nei coefficienti, e complessivamente dell'area sottesa dalla curva. Prendere in considerazione un coefficiente di sicurezza relativo all'energia dissipata assume quindi un'importanza rilevante, per evitare situazioni di Progetto apparentemente soddisfacenti ma di fatto peggiorative rispetto allo Stato Attuale.

Per quanto riguarda infine l'Analisi Statica, è possibile rilevare che alcuni maschi murari presentano una tensione di compressione superiore al limite di riferimento ( $\gamma_F \cdot \sigma > f_d$ ), come mostrano i risultati qui di seguito riportati:

#### RISULTATI ANALISI PARETE n° 1

##### ANALISI STATICA dei maschi murari

[Forze:kN - Tensioni:N/mm<sup>2</sup>]

$\gamma_F \cdot \sigma$  = tensione statica alla base della luce deformabile del maschio

(cfr. Comb.Carico fondamentale SLU (2.5.1) in §2.5.3):

viene confrontata con  $f_d$  = tensione di progetto a compressione

data da:  $f_m / \gamma_M / FC$  ( $\gamma_M=2.00$ ,  $FC$ : Att.=1.35 - Prog.=1.35)

##### STATO ATTUALE

n.	N,somm	Pp,tot	N,base def.	$\sigma$ ,mezz def.	$\sigma$ ,base def.	$\gamma_F \cdot \sigma$ (SLU)	$f_d$
1)	71.19	19.03	90.21	0.249	0.278	0.406	0.889
2)	27.56	4.58	32.13	0.622	0.669	0.985	0.889
3)	87.26	23.72	110.98	0.243	0.272	0.396	0.889

##### STATO DI PROGETTO

n.	N,somm	Pp,tot	N,base def.	$\sigma$ ,mezz def.	$\sigma$ ,base def.	$\gamma_F \cdot \sigma$ (SLU)	$f_d$
1)	118.72	17.49	136.21	0.429	0.454	0.669	1.333
2)	67.28	2.49	69.77	2.202	2.236	3.338	0.889

#### RISULTATI ANALISI PARETE n° 2

##### ANALISI STATICA dei maschi murari

[Forze:kN - Tensioni:N/mm<sup>2</sup>]

$\gamma_F \cdot \sigma$  = tensione statica alla base della luce deformabile del maschio

(cfr. Comb.Carico fondamentale SLU (2.5.1) in §2.5.3):

viene confrontata con  $f_d$  = tensione di progetto a compressione

data da:  $f_m / \gamma_M / FC$  ( $\gamma_M=2.00$ ,  $FC$ : Att.=1.35 - Prog.=1.35)

##### STATO ATTUALE

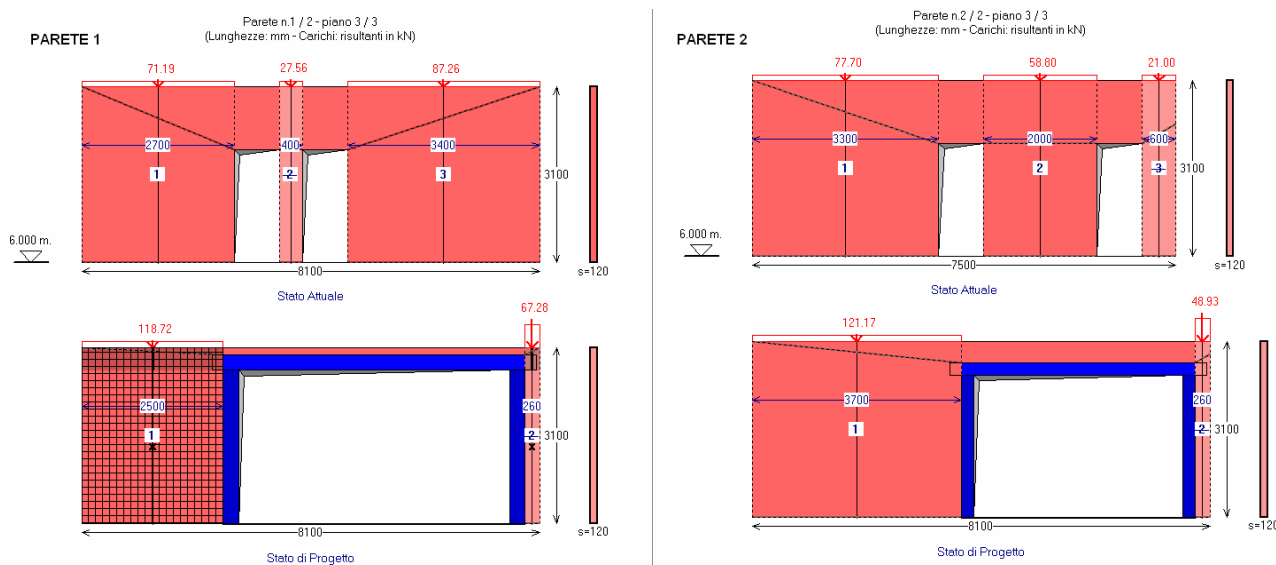
n.	N,somm	Pp,tot	N,base	$\sigma$ ,mezz	$\sigma$ ,base	$\gamma_F \cdot \sigma$	$f_d$
----	--------	--------	--------	----------------	----------------	-------------------------	-------

			def.	def.	def.	(SLU)	
1)	77.70	23.05	100.75	0.225	0.254	0.370	0.889
2)	58.80	15.29	74.09	0.277	0.309	0.450	0.889
3)	21.00	4.97	25.97	0.326	0.361	0.527	0.889

**STATO DI PROGETTO**

n.	N,somm	Pp,tot	N,base	$\sigma$ ,mezz	$\sigma$ ,base	$\gamma F \cdot \sigma$	fd
			def.	def.	def.	(SLU)	
1)	121.17	26.47	147.64	0.303	0.333	0.487	0.889
2)	48.93	3.44	52.37	1.623	1.679	2.496	0.889

(si noti che la dicitura "Risultati Analisi Parete n°..." è in colore verde, nonostante la mancata verifica statica di alcuni maschi, in quanto la colorazione dell'intestazione dei risultati dipende dalla verifica sismica di Riparazione Locale). I risultati statici possono essere accettati in seguito a due considerazioni.



**Fig. C.2.14.** Rappresentazione dei maschi murari snelli

Con riferimento alla fig. C.2.14, si può osservare che tutti i maschi con tensione statica teoricamente superiore al limite sono maschi snelli, aventi rapporto  $H/B > 3.0$  (per ottenere l'immagine rappresentata, è sufficiente impostare il check di trascurabilità dei maschi snelli con rapporto  $H/B > 3.0$  nella scheda Calcolo dei dati Parete; è possibile consultare direttamente il file *Guidato\_B.acm* dove è già selezionata l'opzione di trascurabilità dei maschi snelli con  $H/B > 3.0$ ). I maschi snelli sono evidenziati in figura in colore più chiaro rispetto ai maschi reaagenti, e con un numero barrato.

Come noto dalle osservazioni riportate nei p.B.6.1.3 e p.B.8.2.1, i risultati statici per i maschi snelli affiancati da telai di cerchiatura possono essere considerati non significativi.

Essendo selezionata l'opzione di trascurabilità dei maschi snelli, i risultati di AC.M si presentano nel seguente modo (si riportano, per semplicità, solo i risultati statici relativi alla parete n.1):

**ANALISI STATICA dei maschi murari**

[Forze:kN - Tensioni:N/mm<sup>2</sup>]

$\gamma F \cdot \sigma$  = tensione statica alla base della luce deformabile del maschio

(cfr. Comb.Carico fondamentale SLU (2.5.1) in §2.5.3):

viene confrontata con  $fd$  = tensione di progetto a compressione

data da:  $f_m / \gamma_m / FC$  ( $\gamma_m = 2.00$ ,  $FC$ : Att.=1.35 - Prog.=1.35)

**STATO ATTUALE**

n.	N,somm	Pp,tot	N,base	$\sigma$ ,mezz	$\sigma$ ,base	$\gamma F \cdot \sigma$	fd
			def.	def.	def.	(SLU)	
1)	71.19	19.03	90.21	0.249	0.278	0.406	0.889
2)	27.56	4.58	32.13	0.622	0.669	0.985	0.889
3)	87.26	23.72	110.98	0.243	0.272	0.396	0.889

**STATO DI PROGETTO**

n.	N,somm	Pp,tot	N,base def.	$\sigma$ ,mezz def.	$\sigma$ ,base def.	$\gamma_F \cdot \sigma$ (SLU)	fd
1)	118.72	17.49	136.21	0.429	0.454	0.669	1.333
2)	67.28	2.49	69.77	2.202	2.236	3.338	0.889

Per i maschi murari reagenti affiancati da telai di cerchiatura la tensione statica viene calcolata, a favore di sicurezza, supponendo che il carico verticale agente in sommità della parete in corrispondenza del maschio venga sostenuto dal maschio stesso, prescindendo dalla collaborazione con il telaio di cerchiatura.

I risultati in colore grigio si riferiscono a maschi non reagenti (maschi snelli secondo le opzioni specificate nella scheda Calcolo dei Dati Pareti) aventi a fianco un telaio di cerchiatura: diversamente dai maschi tozzi, è possibile ipotizzare che il carico verticale sia sostenuto insieme al telaio. Di conseguenza, è possibile trascurare le tensioni statiche qui riportate, calcolate considerando che il maschio sostenga da solo il carico in sommità.

Allo Stato di Progetto la verifica può quindi essere considerata completamente soddisfatta, sia sismicamente che staticamente.

## C.3. COMPLEMENTI (QUESITI)

### C.3.1. FATTORE DI CONFIDENZA PARI A 1.00

**Quesito:** "Non è più giusto applicare  $F_C=1.00$  anziché 1.20 o 1.35 (secondo il livello di conoscenza), in modo da operare a favore di sicurezza?"

*Infatti, con  $F_C=1.00$  la muratura ha resistenze superiori e poiché allo Stato Attuale ho più muratura che allo Stato di Progetto (dove è presente il telaio al posto di una porzione muraria), la resistenza persa sarà maggiore e di conseguenza, a parità di sezioni di telaio, si avrà un rapporto tra forze ultime di progetto ed attuale minore, e quindi a favore di sicurezza."*

**Risposta.** La discussione su  $F_C=1.00$  fisso (indipendentemente da LC) nasce dal corrispondente 'orientamento' presente nel documento della Regione Toscana. Il quesito è certamente interessante e merita un approfondimento.

E' stato quindi considerato un esempio semplice in AC.M

(corrispondente ai files: *Confronti\_FC\_a.acm*, *Confronti\_FC\_b.acm*, ecc., installati in *Acm\Es-Apprendi*, fig. C.3.1), e processato 6 volte secondo i seguenti schemi:

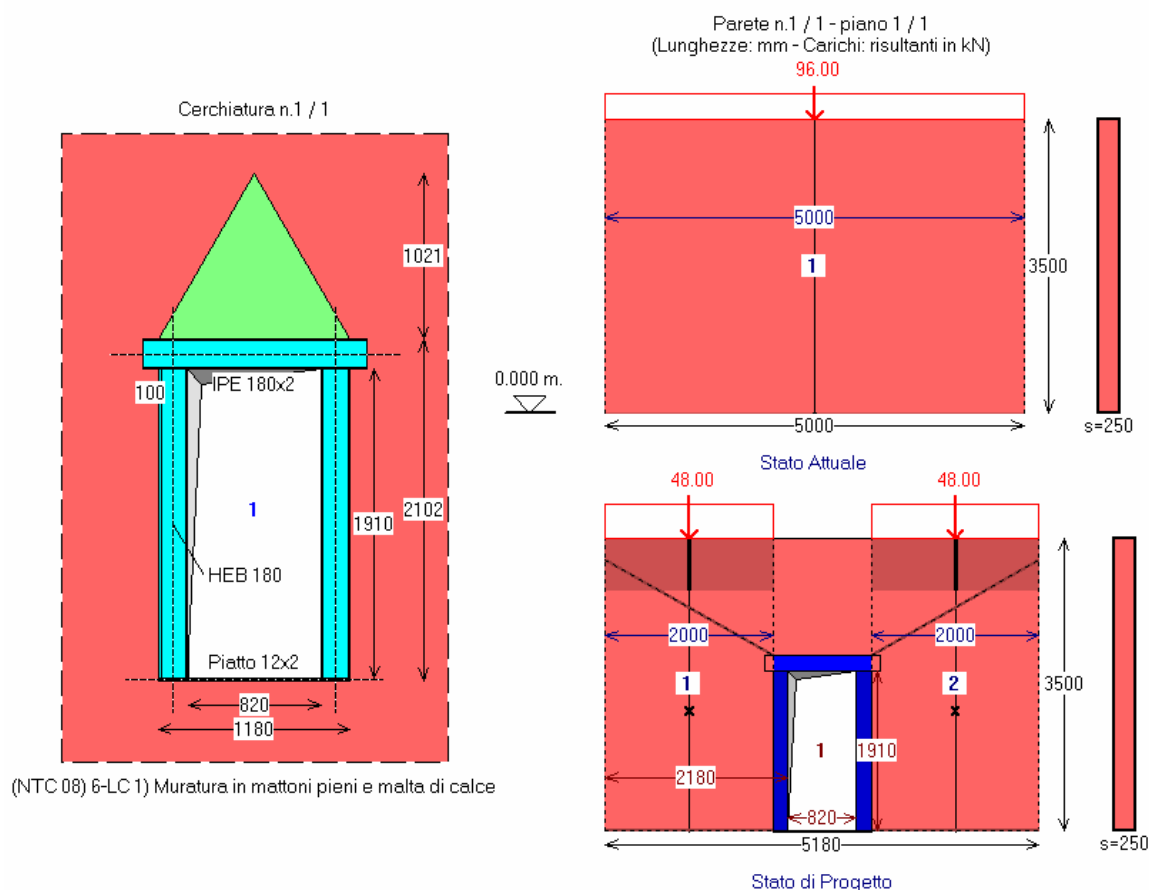
- (a) LC1 (resistenze minime e moduli di elasticità minimi),  $F_C=1.35$
- (b) LC1 (resistenze minime e moduli di elasticità minimi),  $F_C=1.00$
- (c) LC1 (resistenze minime e moduli di elasticità medi),  $F_C=1.35$
- (d) LC1 (resistenze minime e moduli di elasticità medi),  $F_C=1.00$
- (e) LC2 (resistenze medie e moduli di elasticità medi),  $F_C=1.35$
- (f) LC2 (resistenze medie e moduli di elasticità medi),  $F_C=1.00$

(a) e (b) corrispondono alla minima conoscenza della muratura; diversamente da quanto riportato nella Circolare in §C8A.1.A.4 si cambia il (molto probabile) refuso 'medi' per i moduli di elasticità in 'minimi'; (c) e (d) coincidono con (a) e (b) ma aderendo perfettamente al punto segnalato, usando cioè i valori medi dei moduli di elasticità;

(e) e (f) corrispondono al livello medio di conoscenza della muratura.

LC condiziona quindi il valore delle resistenze  $\tau_o, f_m$  e il valore di  $F_C$  che, se assunto diverso da 1.00, riduce ulteriormente le resistenze stesse.

Muratura: in mattoni pieni e malta di calce, spessore 250 mm, altezza 3500 mm, zone rigide superiori dei maschi murari allo Stato di Progetto 624 mm (schema di diffusione a 30° secondo metodologia del Prof. Dolce); telaio di rinforzo con montanti in HEB180 e architrave IPE 180x2.

Fig. C.3.1. Modello per confronti su effetti dei diversi valori di  $F_c$ 

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA** [Rig.K:N/mm - F,ult:kN - Cap.Sp.:mm - En.:J=N\*m]

Attuale Progetto Rapporto(C.Sic.)

<b>(a)</b>				
Rig.K)	104785	101327	<b>0.967</b>	compreso fra +/-15% (-3.3%)
F,ult)	90.00	273.28	<b>3.036</b>	> 1 (+203.6%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1221.37	2387.64	<b>1.955</b>	> 1 (+95.5%)
<b>(b)</b>				
Rig.K)	104785	101327	<b>0.967</b>	compreso fra +/-15% (-3.3%)
F,ult)	111.33	287.78	<b>2.585</b>	> 1 (+158.5%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1499.44	2538.48	<b>1.693</b>	> 1 (+69.3%)
<b>(c)</b>				
Rig.K)	130981	119731	<b>0.914</b>	compreso fra +/-15% (-8.6%)
F,ult)	90.00	273.28	<b>3.036</b>	> 1 (+203.6%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1229.10	2395.00	<b>1.949</b>	> 1 (+94.9%)
<b>(d)</b>				
Rig.K)	130981	119731	<b>0.914</b>	compreso fra +/-15% (-8.6%)
F,ult)	111.33	287.78	<b>2.585</b>	> 1 (+158.5%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1511.27	2549.02	<b>1.687</b>	> 1 (+68.7%)
<b>(e)</b>				
Rig.K)	130981	119731	<b>0.914</b>	compreso fra +/-15% (-8.6%)
F,ult)	106.32	277.02	<b>2.606</b>	> 1 (+160.6%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1445.27	2435.00	<b>1.685</b>	> 1 (+68.5%)
<b>(f)</b>				
Rig.K)	130981	119731	<b>0.914</b>	compreso fra +/-15% (-8.6%)
F,ult)	132.66	290.67	<b>2.191</b>	> 1 (+119.1%)
Cap.Sp.)	14.00	14.00	<b>1.000</b>	= 1 (=)
En.)	1790.06	2579.46	<b>1.441</b>	> 1 (+44.1%)



**I coefficienti di sicurezza per Rigidezza più sfavorevoli** (evidenziati in giallo) si ottengono considerando i moduli di elasticità medi (i coefficienti sono identici e non dipendono da  $F_C$ ). In tal caso si ottiene infatti una rigidezza della sola muratura più alta e quindi la rigidezza della muratura 'tolta', che va compensata col telaio, richiede un telaio più robusto. A parità di telaio, il coefficiente di rigidezza diminuisce.

**Coefficienti di sicurezza per Forza ultima più sfavorevoli:**

confrontando (b) con (a), (d) con (c), (f) con (e) si vede che il coefficiente di sicurezza per forza ultima è sempre minore nel caso di  $F_C=1.00$  [questo era il significato del quesito], ed inoltre diminuisce considerando i valori medi dei moduli di elasticità

⇒ **si deduce che sarebbe sempre opportuno considerare la muratura dello Stato Attuale con le sue capacità migliori** (moduli elastici medi anziché minimi,  $F_C=1.00$  anziché  $F_C=1.35$  per non ridurre le resistenze) in modo che, togliendone una porzione, il telaio inserito risulti più robusto e quindi si operi a favore di sicurezza.

Si tratta di una conferma dell'affermazione del quesito posto.

Accade tuttavia che, adottando questo ragionamento, **in ogni tipo di intervento di miglioramento, locale o globale, si dovrebbe allora partire dalle migliori qualità possibili della muratura attuale.**

P.es. in uno schema 3D dove si sostituisce una parete esistente con una nuova, si crea una situazione analoga alla verifica locale della parete con apertura da cerchiare.

In generale, in un intervento di miglioramento si deve anche stimare la PGA sostenibile ai due Stati: trattandosi però di un confronto, interessa il valore di Progetto relativo a quello Attuale (e non interessano i valori assoluti), pertanto si può accettare il principio di porre la muratura Attuale nelle condizioni migliori possibili.

Questo modo di operare fa perdere però informazioni sulle reali capacità delle strutture: dove è possibile, appare più corretto attribuire ai materiali le loro effettive caratteristiche in modo che tutti i parametri prodotti dai risultati (inclusa ad es. la PGA) assumano valori attendibili.

Un approccio dove si varino le impostazioni originarie della muratura ai fini della sicurezza non corrisponde all'assetto normativo: **la Normativa infatti qualifica la muratura con livelli di conoscenza e relativi fattori di confidenza indipendentemente dall'uso nell'ambito degli interventi di miglioramento o di adeguamento.** Usare  $F_C=1.00$  con LC1 contraddice di fatto la corrispondenza fra livelli di conoscenza e fattori di confidenza (lo stesso si può affermare per E,G medi e LC1, anche se in questo caso c'è il 'refuso' della Normativa che autorizza l'uso di E,G medi). Ovviamente, queste sono opinioni di chi scrive: il software AC.M lascia libertà di utilizzo e consente tutti i tipi di impostazione; il Professionista valuterà quale scelta operare.

### C.3.2. RIDUZIONE MODULI DI ELASTICITA' PER MURATURE LESIONATE

**Quesito:** *"Se la muratura su cui si deve intervenire presenta lesioni significative, non si dovrebbe ridurre allo Stato Attuale i moduli di elasticità, ad esempio del 50%? Nello Stato di Progetto, dopo l'intervento, a lesioni ripristinate, potrebbero essere considerati moduli non ridotti, e ciò condurrebbe a evitare sovrastime degli interventi di consolidamento, inclusi eventuali telai di rinforzo."*

**Risposta.** Anche in questo caso si tratta di un'osservazione interessante. Per le lesioni, occorre distinguere due possibili cause distinte: statica e sismica.

(1) **Lesioni di tipo statico, dovute ai carichi verticali.** Possono essere originate, ad esempio, da cedimenti di fondazione o da alterazioni delle strutture del fabbricato (rifacimenti coperture, aumento di carico dei solai, tendenza al ribaltamento verso l'esterno per assenza di tiranti o catene, ecc.)

Se si interviene su una parete fessurata per motivi statici, è evidente che un requisito fondamentale da soddisfare è il ritorno all'integrità strutturale della parete.

Pertanto, in un'analisi sismica della parete che tenga conto del confronto tra Stato di Progetto e Stato Attuale, sarà possibile considerare moduli adeguatamente ridotti per lo Stato Attuale, mentre allo Stato di Progetto, oltre alle caratteristiche meccaniche modificate della parete (p.es. realizzando un intonaco armato), potranno essere utilizzati moduli non ridotti (tenendo così conto del ripristino dell'integrità della parete stessa che avviene adottando anche opportune soluzioni ingegneristiche al di là dell'ambito locale della parete stessa: contrastando il cedimento delle fondazioni, inserendo catene a livelli superiori, ecc.)

**Attenzione:** questa scelta rende più problematico il rispetto dei limiti sulla variazione di rigidezza richiesti per qualificare l'intervento come Riparazione locale. Tale variazione potrebbe essere sempre intesa rispetto ad una configurazione originaria non lesionata (prima cioè che intervenissero le cause fessurative 'statiche'): per questo motivo, anche in presenza di lesioni statiche, si potrebbe ritenere corretto - ai fini dell'analisi sismica (che peraltro è l'unica su cui influiscono i valori dei moduli di elasticità) - l'utilizzo di moduli non ridotti anche nello Stato Attuale.

(2) **Lesioni di tipo sismico.** In questo caso, lo Stato Attuale si riferisce sempre allo Stato pre-evento, cioè la configurazione della parete prima del danneggiamento sismico. L'intervento di consolidamento ha lo scopo di migliorare le prestazioni originarie della parete, che infatti non erano sufficientemente idonee, come dimostrato dal danneggiamento verificatosi.

Quindi: Stato Attuale = stato pre-evento, prima delle lesioni sismiche. Stato di Progetto = intervento di consolidamento.

In questo ambito rientrano ad esempio i casi non tanto di nuove aperture in pareti originariamente piene, ma ad esempio di inserimento di telai di rinforzo in pareti che l'apertura ce l'avevano già.

Per quanto illustrato, le condizioni lesionate non sono considerate nello Stato Attuale, e quindi i moduli di elasticità di riferimento (cioè i valori-base adottati per la tipologia muraria) non hanno variazione fra Stato Attuale e Stato di Progetto. Data la non idoneità della riduzione di  $E, G$  ai fini delle analisi sismiche non lineari (cui appartiene anche l'elaborazione della curva di capacità per verificare l'intervento locale antisismico sulla parete), saranno in genere considerati i valori non ridotti.

A seguito di questa osservazione, per maggior completezza si è ritenuto di dare in AC.M la possibilità di considerare moduli elastici ridotti differenziando lo Stato Attuale dallo Stato di Progetto, in modo da poter descrivere adeguatamente le situazioni di tipo (1). Prima di questa modifica, la riduzione dei moduli - se adottata - riguardava automaticamente entrambi gli Stati Attuale e di Progetto.

Questa modifica è stata resa operativa a partire dalla versione 2011.02 di AC.M.

### C.3.3. CLASSE DELLE SEZIONI IN ACCIAIO

**Quesito:** *"Nel caso di montanti del telaio in acciaio calastrellati, con angolari, qual'è la classe della sezione considerata nei calcoli in AC.M?"*

**Risposta.** Con riferimento alla versione attualmente disponibile di AC.M, la classificazione delle sezioni (§4.2.3.1 D.M.14.1.2008) è organizzata, per il montante e l'architrave, nel seguente modo:

**per sezioni HE, IPE:** la classe 1,2,3 è determinata dalle condizioni della Tab. 4.2.I. Per classe 1,2 il modulo di resistenza di calcolo è quello plastico ( $W_{pl}$ ); per classe 3 è quello elastico ( $W_{el}$ ).

**Per tutte le altre sezioni,** compreso il caso degli angolari: il modulo di resistenza viene assunto pari a quello elastico.

Nei calcoli, la classe della sezione influisce sul modulo di resistenza e quindi:

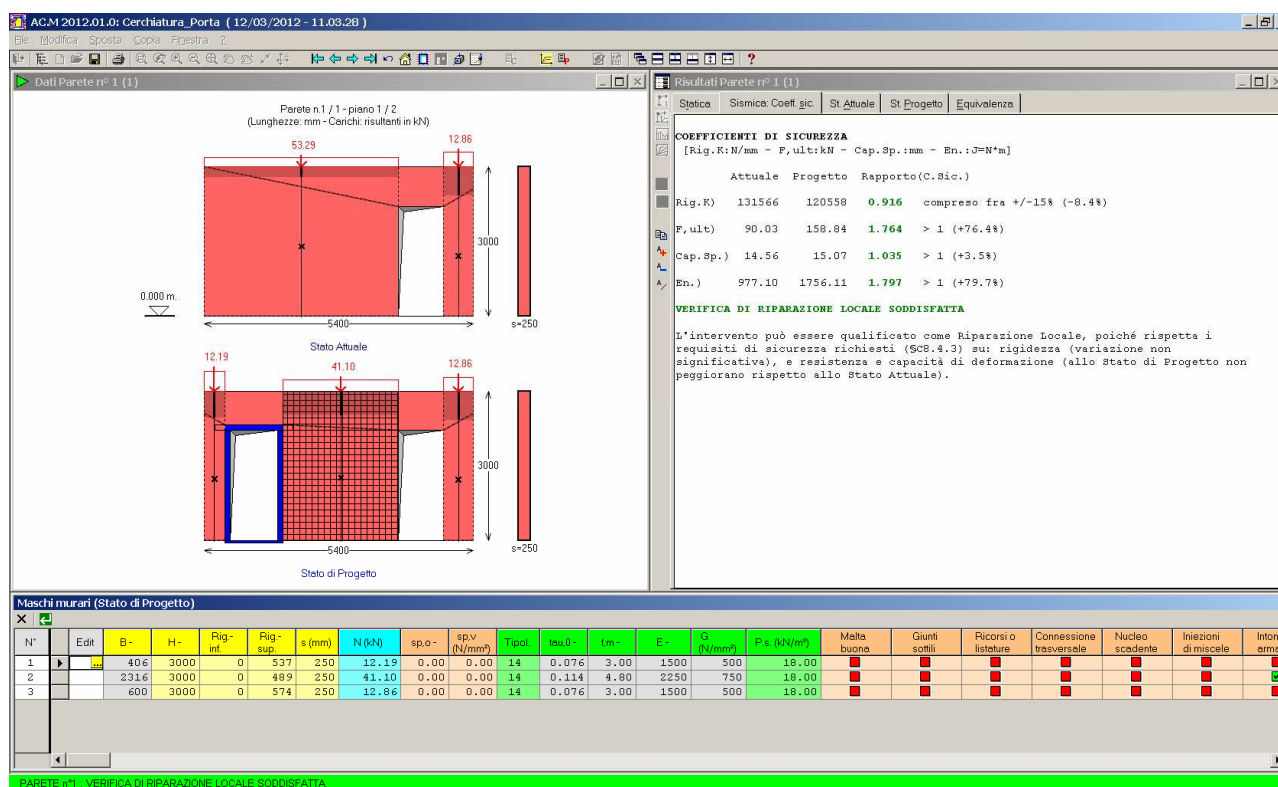
- per l'architrave, sul calcolo del momento resistente (§4.2.4.1.2) in analisi statica, e quindi sulla verifica a stato limite ultimo;
- per il montante, sul calcolo dei giunti saldati.

Ai fini dell'analisi sismica della parete complessiva oggetto di intervento (per la costruzione della curva di capacità), i moduli di resistenza vengono cautelativamente assunti sempre pari ai valori elastici: a questo corrisponde una diagramma di comportamento del telaio (=elastoplasticità dei montanti) caratterizzato da un punto angoloso in cui termina il comportamento elastico ed inizia il tratto rettilineo plastico.

### C.3.4. ZONE RIGIDE CON DIFFUSIONE A 30° IN CASO DI FINESTRA

**Quesito:** "Volendo adottare la modellazione delle zone rigide con il metodo proposto dal Prof. Dolce e implementato in AC.M (definizione delle zone rigide a partire da angoli di diffusione a 30°), il calcolo dell'altezza efficace permette di definire l'altezza deformabile del maschio in modo immediato nel caso di una porta, in quanto la zona rigida si trova in sommità al maschio. Ma se invece di una porta si ha una finestra, con che criterio le zone rigide vengono definite alla base e alla sommità del maschio? La formula del Prof. Dolce fornisce solo l'altezza deformabile: come ripartirla fra zona inferiore e zona superiore?"

**Risposta.** Per comprendere come viene effettuato il calcolo delle zone rigide della parete con l'ipotesi di diffusione a 30° (metodo del Prof. Dolce) in presenza di finestre, che determinano nei maschi adiacenti zone rigide inferiore e superiore, si fa riferimento all'esempio installato da AC.M in \Acm\Progetti: *Cerchiatura\_Porta.acm*, *Cerchiatura\_Finestra.acm*, dove i due files confrontano la configurazione di una porta cerchiata con la corrispondente finestra. La fig. C.3.2 illustra i risultati nel caso della porta.

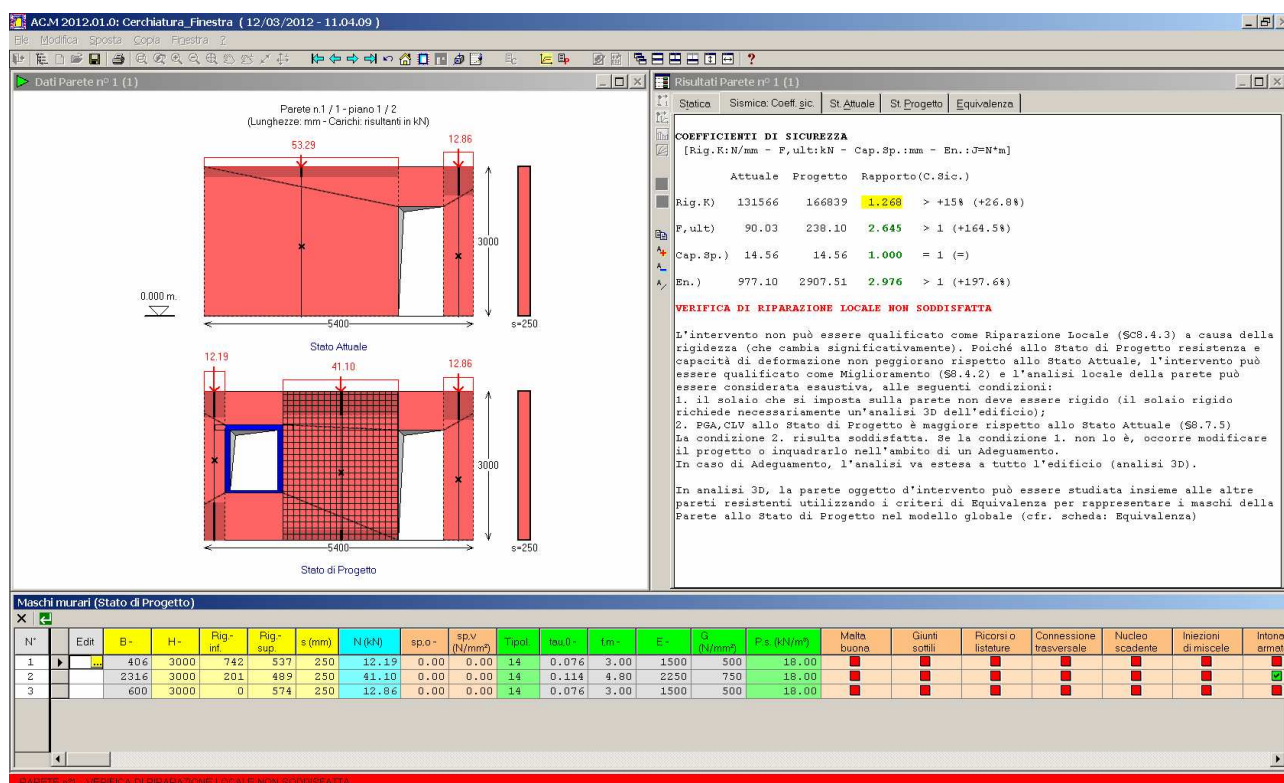


**Fig. C.3.2.** Esempio contenente una porta con cerchiatura

Le zone rigide e le altezze di calcolo (altezze deformabili) dei maschi murari sono le seguenti:

n.	Zona rig.inf.	Zona rig.sup.	Hcalc
1)	0	537	2463 (0+2463+537=3000)
2)	0	489	2511 (0+2511+489=3000)
3)	0	574	2426 (0+2426+574=3000)

La stessa struttura viene analizzata sostituendo alla porta una finestra; in pratica, la differenza consiste nel sottofinestra corrispondente all'apertura n°1 (la prima a sinistra) dello Stato di Progetto. I risultati sono riportati in fig. C.3.3.



**Fig. C.3.3.** Lo stesso esempio ma con una finestra con cerchiatura, anziché una porta

Le zone rigide e le altezze di calcolo (altezze deformabili) dei maschi murari sono le seguenti:

n.	Zona rig.inf.	Zona rig.sup.	Hcal
1)	742	537	1721 (742+1721+537=3000)
2)	201	489	2310 (201+2310+489=3000)
3)	0	574	2426 (0+2426+574=3000)

L'effetto della finestra è quindi la creazione di una zona rigida inferiore nei primi due maschi (per il terzo, la differenza fra porta e finestra è chiaramente influente).

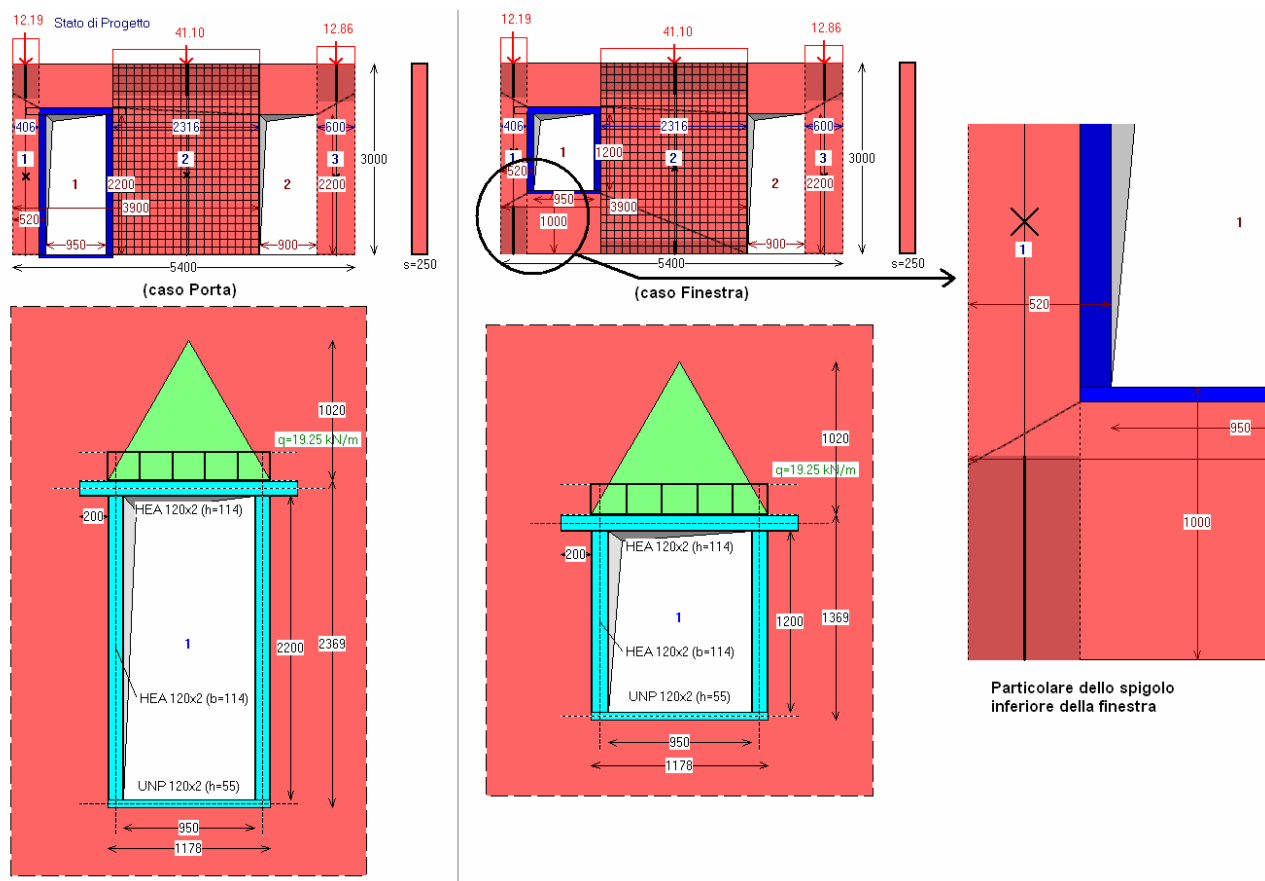
Dal punto di vista dei risultati, le rigidità allo Stato di Progetto aumentano a causa del maggiore irrigidimento di due maschi, e il confronto con lo Stato Attuale diviene sfavorevole nei confronti della Riparazione Locale. Nel caso della finestra quindi l'intervento deve essere studiato con maggiore attenzione: diviene non più necessario l'irrigidimento con intonaco armato (se nei Dati dei Maschi dello Stato di Progetto, si toglie la spunta all'intonaco armato per il maschio 2, si rientra automaticamente nel caso della Riparazione Locale soddisfatta).

In questo contesto, interessa valutare la determinazione delle zone rigide dei maschi adiacenti all'apertura secondo il metodo del Prof. Dolce.

a) Caso della porta.

Nella parete alta 3000 mm e di lunghezza di base 5400 mm, allo Stato di Progetto ci sono i seguenti componenti (da sinistra a destra):

maschio 1: B=406; apertura 1: B=950 netta, 1178 con telaio; h=2200 netta, 2369 con telaio; maschio 2: B=2316, apertura 2: B=900, h=2200, alla quota Z=1000; maschio 3: B=600.



**Fig. C.3.4.** Zone rigide secondo il metodo di diffusione a 30°

Consideriamo l'apertura 1 ed il maschio 1:

dagli spigoli a sinistra, considerando anche l'ingombro del telaio di cerchiatura, parte una retta superiore di riferimento a 30° che interseca il bordo sinistro della parete (si osservi che il traverso inferiore della cerchiatura resta sotto la quota della parete, e quindi l'altezza della muratura eliminata che deve essere considerata è pari a:  $2200 + 114 = 2314$ ). In corrispondenza dell'asse del maschio 1 viene individuato un punto la cui quota è la seguente:

$$2314 + (406/2) \cdot \tan 30^\circ = 2431 \text{ mm}$$

$$\delta = 1/3 \cdot D \cdot (H - h')/h' = 1/3 \cdot 406 \cdot (3000 - 2431)/2431 = 32$$

$$H_{\text{eff}} = h' + \delta = 2431 + 32 = 2463$$

nel calcolo di AC.M è questo il parametro che determina la rigidità della parete ( $H_{\text{calc}} = H_{\text{eff}}$ ), e la zona rigida superiore del maschio risulta pari a:

$$(H - H_{\text{eff}}) = 3000 - 2463 = 537 \text{ mm.}$$

b) Caso della finestra (la zona superiore coincide geometricamente con quella della porta).

In questo caso, dagli spigoli dell'apertura (in corrispondenza del telaio) partono i riferimenti a 30° che individuano due punti di intersezione con l'asse del maschio. Il punto superiore è quello già calcolato per il caso della porta; il punto inferiore è il seguente:

$$(1000 - 55) - (406/2) \cdot \tan 30^\circ = 828 \text{ mm}$$

Considerando anche la zona di irrigidimento superiore, si ha:

$$h' = 2431 - 828 = 1603 \text{ mm, da cui:}$$

$$\delta = 1/3 \cdot D \cdot (H - h')/h' = 1/3 \cdot 406 \cdot (3000 - 1603)/1603 = 118$$

$$H_{\text{eff}} = h' + \delta = 1603 + 118 = 1721.$$

La somma delle due zone rigide da considerare è quindi pari a:

$$3000 - 1721 = 1279 \text{ mm}$$

La zona rigida superiore è già stata valutata nel caso della porta, e vale: 537 mm.; pertanto, la zona rigida inferiore è pari a:  $1279 - 537 = 742 \text{ mm.}$

La metodologia adottata consente il mantenimento della stessa zona rigida superiore fra il caso della porta e quello della finestra, come di fatto appare fisicamente corretto.

Si osservi però che *ai fini del calcolo sismico di AC.M* la modalità di ripartizione della parte complessiva di rigidità (1279 mm) fra zona rigida superiore e zona rigida inferiore è ininfluyente: ciò che conta è che la luce deformabile del maschio (=altezza di calcolo  $H_{calc}$ ), pari a 1721. Con il metodo di diffusione a 30°, un'unica zona rigida, come nel caso della porta, resta univocamente determinata; due zone rigide, come nel caso della finestra, richiedono una condizione aggiuntiva, che può appunto essere ragionevolmente identificata nel mantenere una zona rigida superiore uguale a quella che si determinerebbe aprendo una porta invece di una finestra.