

# NTC08: ANDILWall si rinnova

R. Calliari, CR Soft s.r.l.

A. Di Fusco, ANDIL Associazione Nazionale Degli Industriali dei Laterizi

*ANDILWall* è un programma di calcolo per la progettazione e verifica sismica degli edifici in muratura portante, sia ordinaria che armata, il quale, mediante analisi statica non lineare - *push-over* - consente di valutare in modo esplicito, e con maggiore significatività rispetto ad un'analisi elastica, le richieste di deformazione e la capacità ultima sia di murature, sia di possibili elementi di diversa tecnologia (strutture miste) previsti all'interno del complesso edilizio.

ANDIL, in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Pavia, EUCENTRE - Fondazione Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica - e CR Soft s.r.l. (Verona), con l'obiettivo di dotare i progettisti di un utile strumento di calcolo che consenta loro di dimensionare, analizzare e verificare gli edifici con struttura portante in laterizio, ha sviluppato il programma di calcolo per gli edifici in muratura portante, sia ordinaria che armata, denominato *ANDILWall*, in grado di effettuare le verifiche sismiche mediante analisi statiche non lineari, con una descrizione più accurata del comportamento della struttura in condizioni ultime, unitamente ad una maggiore probabilità di successo della verifica di sicurezza.

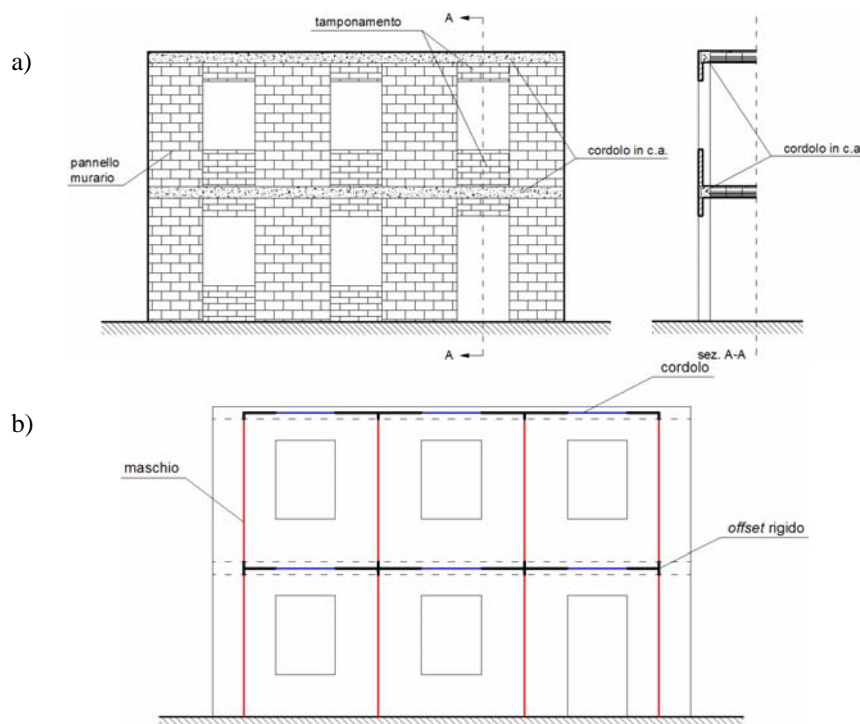


Fig. 1 - Modellazione *ANDILWall* di una parete in muratura portante in un edificio di nuova progettazione: a) schema strutturale; b) telaio equivalente.

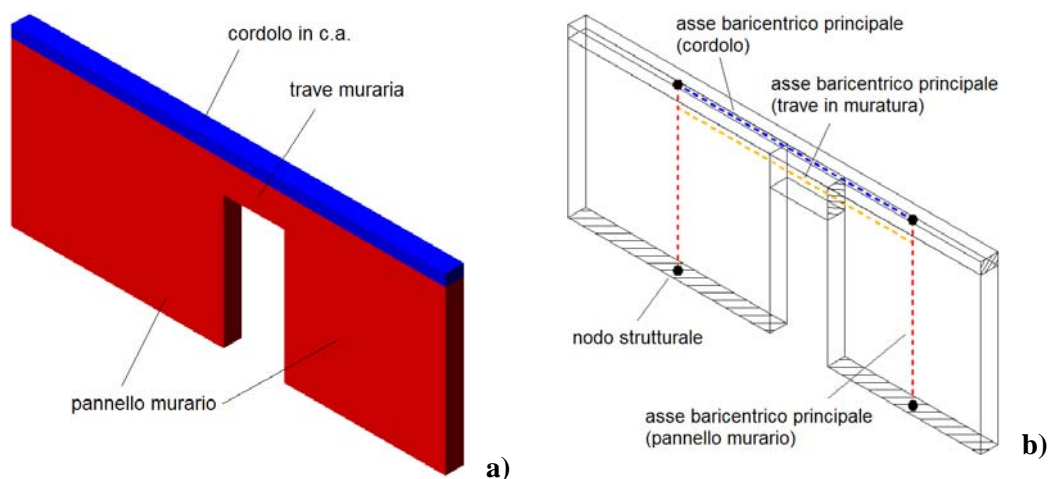
Considerazioni di questo tipo sono puntualmente esplicitate nel nuovo testo delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (DM 14/01/2008) e, più precisamente, nella relativa Circolare di istruzioni del 02/02/2009, n.617, che recita: *le strutture in muratura, essendo caratterizzate da un comportamento non lineare, risultano, in ogni caso, più significativamente rappresentate attraverso un'analisi statica non lineare.*

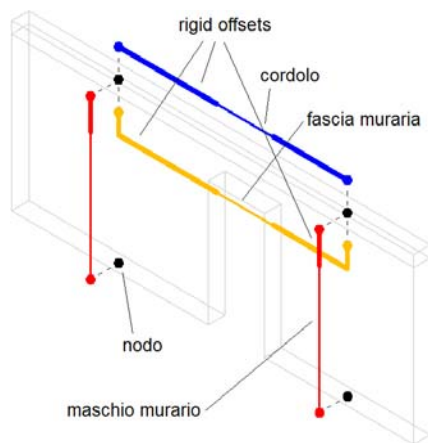
Tali vantaggi, particolarmente consistenti per la muratura ordinaria, sono rilevanti anche per la muratura armata, nella verifica della quale l'analisi non lineare può determinare impiego di minori quantitativi di armatura.

*ANDILWall* è un software di analisi strutturale che utilizza il codice di calcolo a macroelementi SAM II (*Seismic Analysis of Masonry walls*) e si basa su ipotesi metodologiche proposte da G.

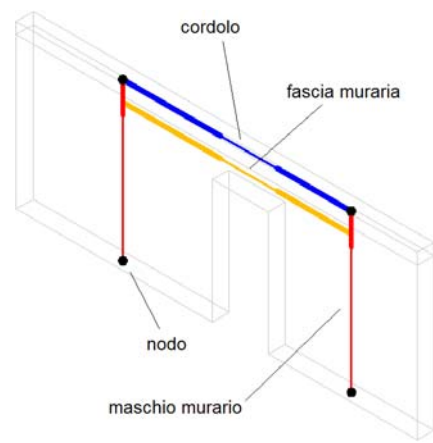
Magenes e G.M. Calvi nel 1996. La valutazione della sicurezza viene eseguita dal programma con riferimento al comportamento sismico globale degli edifici; lo stesso può anche essere utilizzato per la verifica di costruzioni esistenti, quando la tipologia edilizia consente di applicare le ipotesi adottate nel codice di calcolo. Il solutore SAM II prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi dell'organismo edilizio, nel quale la struttura, costituita da elementi verticali (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in c.a.) ed elementi orizzontali (travi di accoppiamento in muratura armata e non armata, cordoli e travi in c.a.), viene schematizzata come un *telaio equivalente* (fig. 2). *ANDILWall* è configurato in maniera tale da gestire una progettazione a partire da uno schema strutturale "disegnato" a piani. L'*input* della geometria avviene mediante l'importazione dei dati da un *file*, generato in formato DXF, all'interno del quale l'utente ha riportato i setti murari e le aree di influenza dei solai gravanti su di essi.

Importati i vari livelli di impalcato, il programma genera un modello tridimensionale di pareti e solai, conforme al progetto disegnato dall'utente (fig. 3a). Successivamente, è possibile assegnare ad ogni elemento una specifica caratteristica meccanica o, nel caso di solai, definire il carico gravante. Successivamente viene generato, in automatico, un nuovo modello a telaio equivalente (fig. 3b) che verrà poi verificato dal solutore SAM II per tutte le combinazioni di analisi selezionate dall'utente. In generale, per edifici non simmetrici, la normativa prevede di eseguire 16 analisi che tengano conto delle forze sismiche in due direzioni ortogonali, con eccentricità positive e negative e con distribuzioni sia principali che secondarie (Gruppo 1 e 2), come indicato nella norma. Poiché il gran numero di analisi da condurre può richiedere tempi di elaborazione molto elevati, all'interno del programma l'utente può selezionare manualmente quali analisi ritiene utile eseguire. A tale proposito, è stata particolarmente curata l'interazione utente-programma proprio per permettere al progettista esperto di intervenire laddove lo ritenga necessario, evitando che molte scelte "cadano dall'alto", ovvero vengano imposte da chi ha implementato il software. Al termine delle analisi, è possibile visualizzare i risultati in forma grafica e numerica e, in particolare, lo spostamento dei *master-node*, sia di piano che di tutta la struttura per ogni step di calcolo, lo stato di sollecitazione e lo stato di danno di ogni elemento. Per ogni analisi eseguita è, inoltre, riportato lo *step* in cui viene raggiunto lo stato limite di operatività e di danno della struttura e gli elementi che lo hanno determinato. Il risultato globale dell'analisi è riportato graficamente all'interno di una finestra del programma (fig. 4a) mediante il tracciamento della curva "forza-spostamento".





c)



d)

Fig. 2 - Identificazione degli elementi strutturali di una parete in muratura con cordolo in c.a. e definizione del modello a "telaio equivalente"

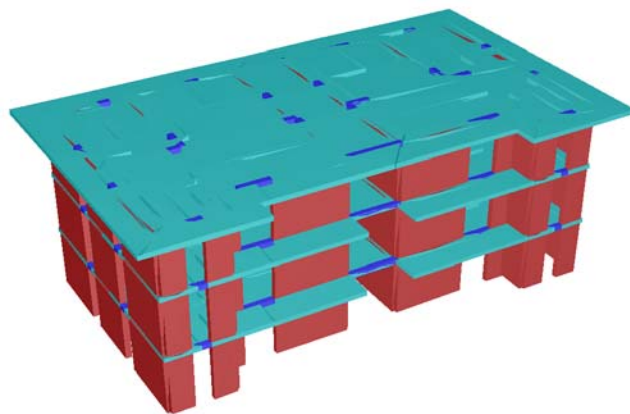


Fig. 3a - Modello 3D dell'edificio.

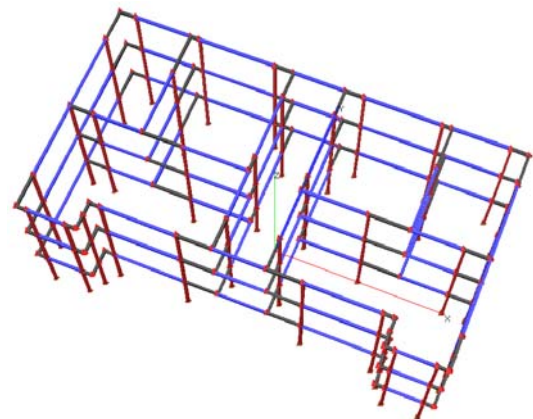


Fig. 3b - Modello a telaio equivalente dell'edificio.

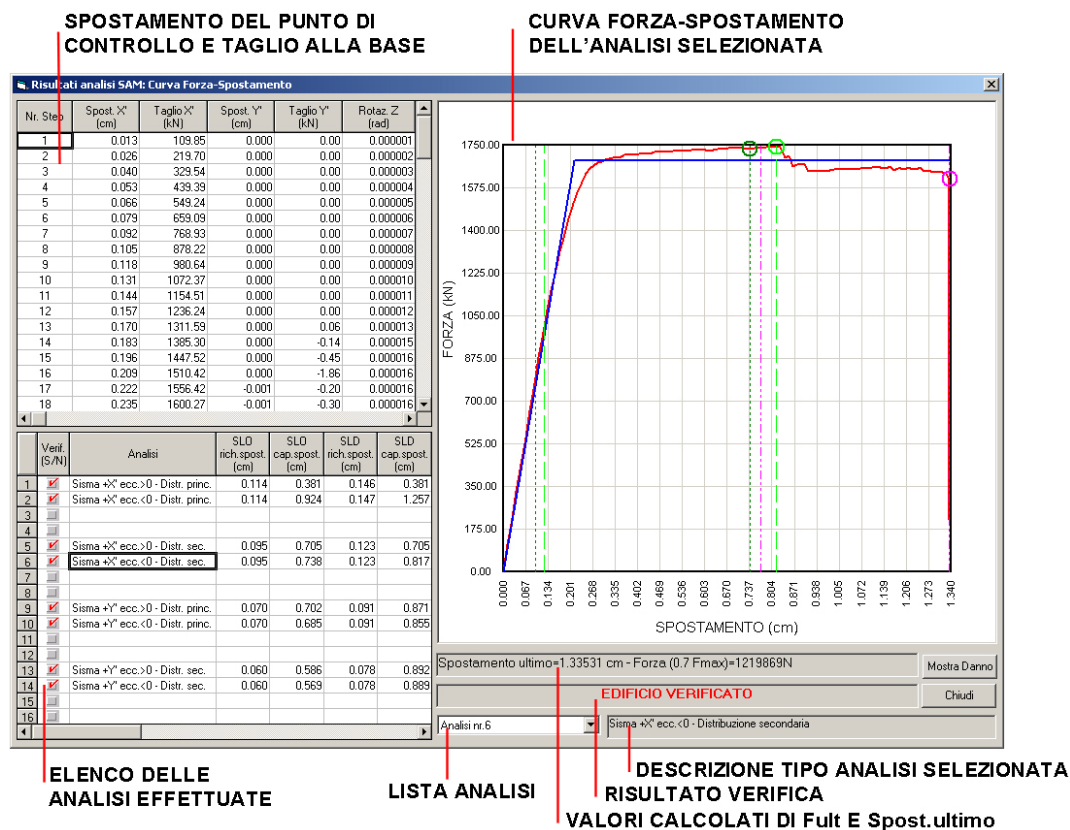


Fig. 4a - La finestra dei risultati.

Sul grafico è, inoltre, rappresentata la curva bilineare ad un grado di libertà ed i punti relativi alla capacità e domanda di spostamento allo stato limite di operatività, di danno e di vita della struttura (fig. 4b). E', quindi, molto semplice per l'utente verificare visivamente il comportamento globale dell'edificio e valutare il grado di sicurezza dello stesso.

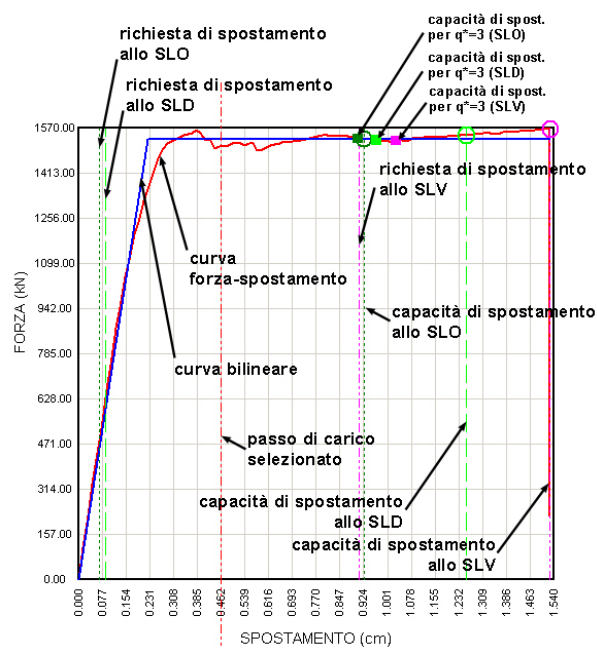


Fig. 4b - La curva "forza-spostamento".

Il software *ANDILWall*, perseguendo un costante miglioramento e rinnovamento finalizzato ad un'efficace rispondenza alle normative in vigore, ha recepito, con continuità, molteplici adattamenti ed evoluzioni negli anni, così come il suo tempestivo adeguamento alle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) ed alla relativa Circolare n.617/09, entrati in vigore lo scorso luglio 2009.

Nello specifico, l'ultima versione di *ANDILWall* (ver. 2.5) ha previsto, in conformità con quanto stabilito dalle NTC, l'aggiornamento di tutti i parametri degli archivi di servizio: "materiali", "carichi", "elementi strutturali" e "spettri di risposta". Rispetto alla precedente versione, inoltre, è ora possibile svolgere l'*analisi elastica multi-modale* (ovvero *analisi dinamica lineare*) del modello strutturale, funzionale alla valutazione dei modi di vibrare della massa partecipante, il cui controllo permette di accertare l'applicabilità o meno dell'analisi non lineare.

In merito, secondo le NTC, l'analisi non lineare può essere utilizzata per la verifica degli edifici in muratura anche se il primo modo di vibrare risulta inferiore al 75% della massa totale, ma comunque superiore al 60%. L'analisi modale è un passaggio imprescindibile per la determinazione del comportamento dinamico di una struttura, vincolata o libera, in dinamica libera o in risposta a sollecitazioni dinamiche imposte dall'esterno. I valori di massa partecipante, inoltre, consentono al programma di calcolare la forza sismica ai piani, come previsto dalla normativa per le distribuzioni principali (Gruppo 1, punto 7.3.4.1 delle NTC 2008).

Il programma, nella versione attuale, consente la lettura e l'importazione dei modelli generati con le precedenti versioni, anche se, in considerazione della notevole differenza di parametri e calcolazioni, la compatibilità "indietro" non risulta sempre garantita. Pertanto, agli utenti in possesso della precedente versione viene consigliato di installare la nuova *release* in un'altra cartella (di default: ANDILWALL25) al fine di mantenere inalterata la versione originale in caso di ripetizione di analisi già eseguite. Sul sito <http://www.crsoft.it/andilwall/andilwall.aspx> è disponibile l'ultimo aggiornamento del programma ed a breve saranno anche presenti una serie di utili esempi esplicativi ed il manuale aggiornato.

Di seguito si illustrano, sinteticamente, le caratteristiche rivisitate del nuovo programma, rispondenti alle prescrizioni delle NTC, che riguardano maggiormente il codice solutore e l'interfaccia grafica. In relazione alle modifiche apportate al codice solutore, queste hanno interessato sia l'implementazione della procedura di analisi modale, sia la rielaborazione delle formule per il calcolo della resistenza a taglio degli elementi in cemento armato. Relativamente all'interfaccia grafica, gli aggiornamenti effettuati sono stati piuttosto numerosi e hanno riguardato diversi aspetti dell'analisi. Ad esempio, per quel che concerne l'archivio "materiali", sono state inserite:

- nuove tipologie di malte e di blocchi e valori per il calcolo dei parametri di resistenza caratteristica  $f_k$  e  $f_{vk0}$  delle murature;
- nuove tipologie di acciaio;
- nuove tipologie di calcestruzzo con i relativi valori di resistenza a compressione media.

Nell'archivio dei "carichi" sono, poi, stati attivati i carichi permanenti non strutturali e, per quel che concerne le azioni sismiche di progetto, è stata reimpostata la finestra "Parametri azione sismica" (fig. 5) con l'introduzione dei dati fissati nelle NTC e la rappresentazione grafica degli spettri per i tre stati limite: operativo, di danno e di vita (rispettivamente SLO, SLD e SLV).

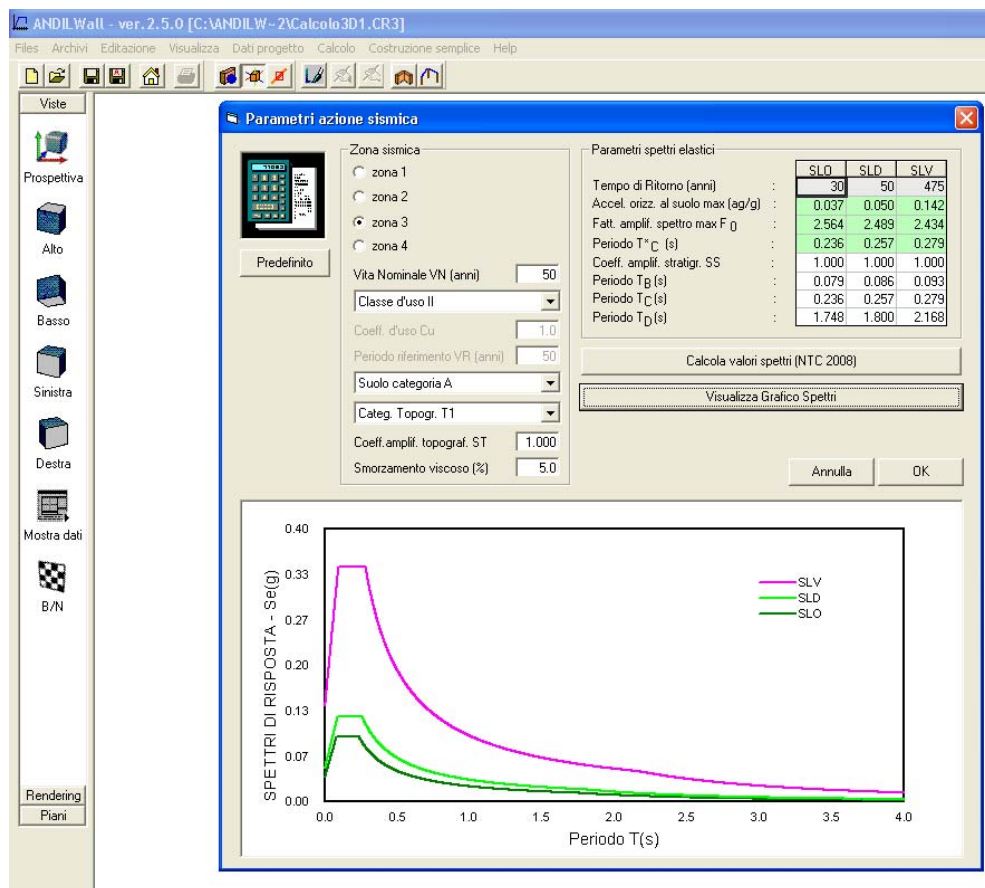


Fig. 5 - Finestra di impostazione dei “parametri azione sismica” con grafico degli spettri di risposta.

Nella finestra dei “Valori Globali”, in modalità di visualizzazione a telaio del modello strutturale, è possibile definire il coefficiente di distribuzione principale delle forze sismiche ai piani, nelle due direzioni; tale valore è calcolato automaticamente dal programma ed è, in base all’opzione prescelta e selezionata dall’utente, assunto proporzionale all’altezza del piano o definito in base al risultato dell’analisi modale (fig. 6).



**Valori Globali**

**Tipo Edificio:**  
☒ Edificio Nuovo **Fatt. di confidenza:** 1.00  
☐ Edificio Esistente

**Muratura ordinaria:**  
 Drift interpiano SLD: 0.0030  
 Drift limite a flessione: 0.0080  
 Drift limite a taglio: 0.0040

**Muratura armata:**  
 Drift interpiano SLD: 0.0040  
 Drift limite a flessione: 0.0120  
 Drift limite a taglio: 0.0060

**Fascia di piano non armata:**  
 Drift limite a flessione: 0.0080  
 Primo drift limite a taglio: 0.0020  
 Ultimo drift limite a taglio: 0.0040

**Altri valori:**  
 Taglio Residuo SLU: 0.80  
 Divisore res. muratura compr.: 0.70  
 Divisore res. muratura taglio: 0.70  
 Coefficiente di fessurazione: 0.50  
 Fattore di taglio: 1.20

**Tipologia edificio:**  
☒ Muratura ordinaria  
☐ Muratura armata

**Rigidità e resistenza fuori piano:**  
☒ Rigid. e resist. fuori piano Parete MD  
☐ Rigid. e resist. fuori piano Parete MA  
☐ Rigid. e resist. fuori piano Parete C.A

**Opzioni stampe output:**  
 Frequenza di stampa (n.passi): 5  
☐ Creazione di tutti i file temporanei

**Valori per solutore:**  
 Tolleranza Energia [1E-04]: 0.000100  
 Tolleranza Forze [1E-03]: 0.001000  
 Tolleranza Spostam. [1E-03]: 0.001000  
 Nr. max passi [10000]: 10000  
 Numero iterazioni [10]: 10  
 Percentuale Forza Sisma: 2.0

**Criterio di convergenza:**  
☐ Energetico  
☐ Forze  
☐ Spostamenti  
☒ Tutti i criteri

**Combinazione analisi:**  
 Angolo direz. princ. sisma: 0.0  
☒ Direzione Forza in +X  
☐ Direzione Forza in -X  
☐ Direzione Forza in +Y  
☐ Direzione Forza in -Y  
☒ Eccentricità accidentale positiva (+)  
☒ Eccentricità accidentale negativa (-)  
☒ Distrib. Princip. Forza Sismica (Gruppo 1)  
☒ Distrib. Second. Forza Sismica (Gruppo 2)

**Distribuzione principale (Gruppo 1):**  
☒ Proporzionale Forze statiche  
☐ Proporzionale Modo principale

Piano	g <sub>x</sub>	g <sub>y</sub>
1	0.000	0.000
2	0.000	0.000
3	1.000	1.000
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Valori predefiniti Annulla OK

Fig. 6 - Finestra dei "Valori Globali" con la tabella per l'inserimento del coefficiente di distribuzione principale.

L'analisi modale è stata implementata prevedendo la creazione del file di input per il codice solutore e la visualizzazione dei risultati, sia in forma tabellare che grafica, e della deformata modale (fig. 7).

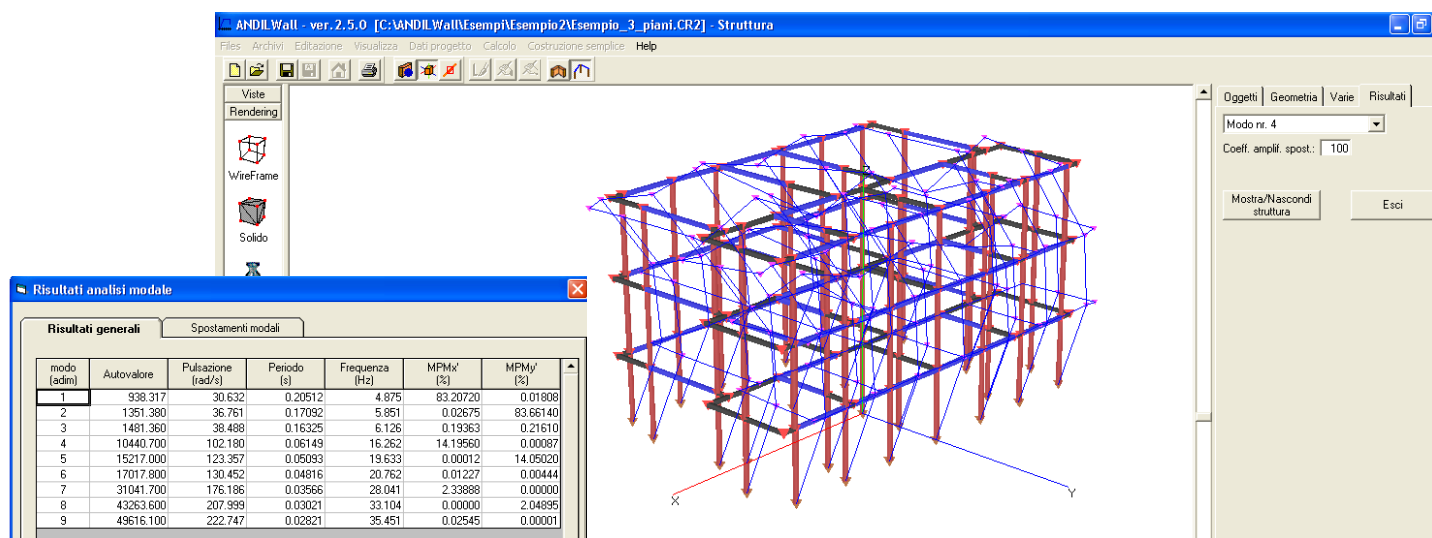


Fig. 7 - Risultati dell'analisi modale: valori tabellari e deformata.

E' stato, inoltre, installato un controllo sulla massa partecipante del modo fondamentale di vibrare affinché ne verifichi la coerenza con i requisiti delle NTC. La scheda "risultati" ha subito alcune significative modifiche, e più precisamente:

- sulla curva di capacità, sono visualizzabili gli stati limite SLO, SLD e SLV;
- nella griglia in cui sono riportati i risultati della verifica sono stati aggiunti degli indicatori per ottimizzare la comprensione del comportamento globale dell'edificio.

Per l'opzione "edificio semplice", inoltre, è stata inserita la possibilità di verifica ai carichi non sismici. Infine, sono state apportate molteplici e diffuse migliorie sulla funzionalità del programma in base alle richieste ed ai numerosi suggerimenti pervenuti, nel frattempo, dagli utenti tramite il servizio di assistenza.

La nuova *release* di *ANDILWall*, versione 2.5, è disponibile gratuitamente per tutti gli utenti già in possesso della versione precedente, già registrati al sito web dedicato, che possono scaricare l'aggiornamento dall'area riservata di *download*. Per ulteriori informazioni, si consiglia di visitare lo spazio internet creato appositamente per visualizzare esempi e manualistica, ed avere maggiori approfondimenti sul programma: <http://www.crsoft.it/andilwall/andilwall.aspx>.

# ANDILWall

## per costruire in muratura portante

ANDILWall è un software di analisi strutturale che utilizza un codice di calcolo per l'analisi statica non lineare a macro-elementi di edifici in muratura (ordinaria e armata) soggetti ad azione sismica denominato SAM II. Tale metodo consente l'analisi di strutture tridimensionali di una certa dimensione e complessità. Il programma comprende un pre-processore di input della geometria che, da disegni bidimensionali eseguiti con qualsiasi programma di CAD e salvati in formato DXF, genera il modello tridimensionale. Tramite procedura automatizzata viene successivamente generato il modello equivalente a telaio spaziale, utilizzato per l'analisi con il SAM II. E' possibile eseguire tutte le analisi push-over del modello, con conseguente visualizzazione delle curve di capacità e verifiche allo stato limite di danno ed ultimo.

Il programma consente, inoltre, di ottenere stampe personalizzate di tutti i dati di input e di verifica, ed anche delle curve di capacità delle analisi eseguite. Il documento di stampa creato è in formato RTF ed è quindi compatibile con tutti i wordprocessor più diffusi.

ANDILWall è stato realizzato dalla  
Sezione "Murature" dell'ANDIL Assolateralizi  
in collaborazione con CRSoft srl, Eucentre Pavlo  
e Università degli Studi di Pavia.



**Requisiti di sistema**

- Processore Intel® Pentium® IV
- Microsoft Windows ME/2000, XP, VISTA
- 192 MB di RAM (consigliati 256 MB)
- 100 MB di spazio disponibile su disco rigido
- Monitor a colori con scheda video a 16 bit o sup.
- Monitor con risoluzione 1024x768
- Unità CD-Rom
- Porta USB per l'inserimento del dispositivo di protezione

**Contenuto**

- CD-Rom (installazione programma e manuale in formato PDF)
- Dispositivo di protezione su porta USB

**Euro 300+IVA**

---

INVIARE LA CEDOLA IN BUSTA CHIUSA O VIA FAX DEBITAMENTE COMPILATA A:  
(Pagamento in contrassegno + spese postali)

**ANDIL Assolateralizi**  
Via A. Torlonia, 15 - 00161 Roma - Tel. 06 44236926 - Fax 06 44237930  
[www.lateralizi.it](http://www.lateralizi.it) - E-mail: [andil@lateralizi.it](mailto:andil@lateralizi.it)

Nome \_\_\_\_\_ Cognome \_\_\_\_\_

Società \_\_\_\_\_

Via \_\_\_\_\_ CAP \_\_\_\_\_ Città \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_

Telefono \_\_\_\_\_ C.F. e P. IVA \_\_\_\_\_

Fig. 8 - Scheda di ordinazione del programma ANDILWall.