

# Scheda tecnica

## SismiCad

Programma ad elementi finiti con input 3D per strutture in cemento armato, murature, acciaio e legno.

Attraverso il semplice disegno delle piante del manufatto in AutoCAD®, AutoCAD LT®, IntelliCAD® o nell'ambiente grafico fornito con il programma si perviene automaticamente alla formulazione completa del modello tridimensionale in termini di geometria e carichi e poi, a soluzione avvenuta, al progetto esecutivo degli elementi strutturali di edifici di nuova costruzione o alla valutazione della vulnerabilità ed al recupero di edifici esistenti.

### Input

L'input consiste nel semplice disegno 2D delle piante del manufatto che il programma trasforma automaticamente in disegno 3D attraverso un proprio CAD interno o interfacciandosi direttamente con AutoCAD®, AutoCAD LT®, IntelliCAD® for Concrete, AutoCAD Architecture®, etc. La definizione geometrica di elementi e carichi può partire appoggiandosi ad una tavola qualsiasi: si può utilizzare, ad esempio, lo stesso disegno architettonico proveniente anche da ambienti grafici diversi da quello utilizzato, per mezzo di un file dxf o dwg.

Le modalità di input sono influenzate positivamente da due caratteristiche innovative del programma: la modellazione solida e la tecnologia di programmazione ad oggetti. Nel disegnare gli elementi strutturali l'utilizzatore deve preoccuparsi solamente del loro corretto posizionamento nel disegno senza doversi occupare di qualsiasi problematica di modellazione; le connessioni tra gli elementi sono infatti gestite dal modellatore solido che provvede a collegare tra loro nel modello matematico gli elementi che presentano interferenza geometrica nella rappresentazione grafica di input. Tutte le proprietà degli elementi strutturali possono essere visualizzate e modificate tramite semplice selezione nel disegno di elementi singoli o di gruppi di elementi. A questo si aggiunge l'efficienza di comandi CAD di editing quali undo/redo, copia/incolla (nella stessa commessa ma anche tra commesse diverse), inserimento/esportazione di parti di struttura, estensione, serie, copia, sposta, specchio, le funzioni di generazione automatica tra piani e falde. Sono presenti potenti generatori di mesh per elementi bidimensionali che consentono di inserire piastre e pareti senza spezzarle in corrispondenza di connessioni con altre entità. Il risultato è un input di eccezionale semplicità e rapidità di esecuzione non solo nell'inserimento degli elementi ma anche nella loro manipolazione. Sono disponibili fondazioni di qualsiasi tipo (superficiali, profonde, continue o isolate, a platea anche su pali) poste su più livelli e su terreni di stratigrafie variabili in pianta.

L'input in origine progettato specificatamente per edifici è in grado di gestire attualmente con la medesima semplicità e rapidità qualsiasi tipo di struttura (reticolari, vasche, cupole, etc.).

In presenza di situazioni particolarmente complesse la modellazione può essere gestita in maniera puntuale dal progettista attraverso un input analogo a quello di un solutore general purpose, escludendo localmente l'intervento del modellatore solido.

Per agevolare la definizione geometrica della struttura e favorire il collegamento ai CAD 3d architettonici è disponibile una procedura alternativa di input della struttura basata sull'importazione di dati esterni. In pratica è possibile importare in un nuovo lavoro di SismiCad la geometria di alcuni elementi strutturali ed i carichi, se previsti, da Autodesk Revit Structure®, Revit Architecture®, Nemetschek Allplan®, Graphisoft Archicad®, CADLine ARCHline XP® o altri software simili (Autodesk Architectural Desktop®, VectorWorks®, Microstation® etc).

## Interfaccia utente

Notevole è l'interfaccia utente di SismiCad che si basa su tre finestre principali.

- La finestra disegno utilizzata per l'input permette la rappresentazione degli elementi strutturali con le rispettive proprietà.
- La finestra modello visualizza i risultati del solutore e consente l'accesso a tutti i valori numerici della soluzione.
- La finestra verifiche rende disponibili i risultati delle verifiche di tutti gli elementi strutturali e consente di visualizzare, oltre allo stato di verifica, tutti gli elaborati prodotti quali relazioni di calcolo, computi, disegni esecutivi.

La selezione di un elemento in una qualsiasi delle tre finestre permette il posizionamento in tempo reale sull'elemento corrispondente in una delle altre due. Risultano così facilitate le operazioni di controllo sia dei risultati della modellazione che dei risultati delle verifiche.

In tali finestre è possibile aggiungere testi e annotazioni, collocati a piacimento, tipicamente come promemoria e osservazioni circostanziate o per scambiare informazioni con altri colleghi.

Al momento della modellazione e della soluzione agli elementi finiti, il programma crea delle note contenute in apposite finestre e disponibili anche nelle successive sessioni di lavoro. Le note costituiscono informazioni importanti che il programma comunica al progettista. Esse permettono di selezionare automaticamente le entità alle quali si riferiscono e di far riferimento al manuale per maggiori dettagli sull'argomento specifico.

La configurazione dell'applicazione può essere esportata e importata tra postazioni diverse o anche tra versioni successive del software.

SismiCad lavora indifferentemente in lingua italiana e inglese sia nelle interfacce video che negli output grafici e di calcolo.

Le unità di misura sono scelte dal progettista e modificabili in corso di progettazione.

## Elementi

I materiali costituenti gli elementi possono essere definiti dall'utente. Le sezioni delle aste in cemento armato o in legno sono prelevate da un archivio gestito dall'utente. Le sezioni delle aste in acciaio so-

no contenute in un altro archivio fornito col programma contenente oltre 3000 profili, aggiornabile dal progettista con laminati e sagomati standard e con sezioni generiche (anche sagomate) importabili da disegni propri. I profili possono essere accoppiati e composti liberamente.

Gli elementi strutturali rappresentabili sono:

- travi e pilastri in cemento armato, acciaio o legno;
- Travi tralicciate autoportanti
- travi di fondazione alla Winkler anche su suolo elastoplastico;
- tiranti in acciaio (non reagenti alla compressione);
- pareti in cemento armato;
- pareti in legno di tipo X-LAM modellabili anche con vincoli di contatto per gestire dormienti e collegamenti;
- ancoraggi tipo hold down per pareti in legno, anche a comportamento elastoplastico;
- pareti in muratura modellabili sia come muratura ordinaria o armata che come puntoni diagonali equivalenti;
- piastre su piani orizzontali o inclinati definite da un unico elemento descritto da una polilinea di più lati con forature;
- piastre generiche nello spazio (gusci);
- scale di varie tipologie modellabili con elementi trave o piastra a scelta dell'utente e definibili anche nelle finiture per un corretto disegno esecutivo;
- plinti superficiali e su pali, pali isolati (i pali possono essere modellati come aste su suolo elastoplastico);
- terreni di fondazione definiti attraverso stratigrafie o sondaggi;
- solai orizzontali o inclinati a tessitura monodirezionale;
- molle o vincoli generici;
- cerniere parziali e cerniere plastiche;
- isolatori sismici elastomerici e a pendolo.

## Carichi

I carichi applicabili direttamente da disegno sono:

- di superficie orizzontale o inclinata definiti da un unico elemento descritto da una polilinea di più lati con forature;
- lineari ad azione orizzontale o verticale;
- lineari trapezoidali generici (sei valori) nel sistema globale o nel sistema locale dell'asta;
- concentrati;
- di pressione sulle pareti;
- da variazioni termiche.

I pesi propri degli elementi strutturali sono valutati dal programma sulla base delle loro dimensioni geometriche. I carichi indotti dai solai su travi e pareti sono valutati automaticamente a partire dai relativi dati geometrici e di carico lasciando facoltà all'utente di decidere se considerare in questa fase la continuità dei solai. La struttura può essere caricata in modo del tutto generale: non vi sono limitazioni al numero dei carichi applicabili né al numero delle condizioni di carico definibili se non in relazione all'hardware.

## Analisi sismica

L'eventuale analisi sismica può essere condotta secondo il D.M. 16-01-96 e la circolare M.LL.PP. 10-4-97 n.65/AA.GG, secondo la Ordinanza 3431, secondo DM 14-09-05, secondo DM 14-01-08 e Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n. 617 del 02-02-09. Sono previste analisi elastiche (statica lineare e dinamica modale, anche con isolatori) sia in alta che in bassa duttilità, ed analisi statica non lineare. Quest'ultima viene condotta utilizzando modelli ad inelasticità diffusa per strutture in c.a e acciaio sia per elementi monodimensionali che per elementi bidimensionali. La muratura è modellata inelasticamente in accordo ad OPCM 3431 e al DM 14-01-08. Il pacchetto comprende anche la trattazione della sismica delle murature con il metodo POR.

Sono possibili in alternativa analisi sismiche secondo criteri di 'capacity design' seguendo UBC 1997<sup>1</sup>, NSR-98<sup>1</sup>, NTCDF<sup>1</sup>, COVENIN 1998<sup>1</sup>.

## Modellazione

Il manufatto viene schematizzato con un modello a telaio spaziale composto da aste ed elementi bidimensionali. Eventuali disassamenti sono gestiti automaticamente da master joint locali.

In particolare il programma individua i nodi necessari numerandoli e vincolandoli, individua le aste numerandole, vincolandole, orientandole e caricandole, schematizza i setti in cemento armato, in legno ed in muratura, le platee di fondazione e le piastre in elevazione con mesh di elementi shell di dimensione massima assegnata, modella con elementi membranali i piani dichiarati non infinitamente rigidi ed infine scrive i file di accesso al solutore. Il tutto avviene in modo completamente automatico.

Non è richiesto all'utente di numerare nodi, di orientare o vincolare aste o elementi shell, di definire schemi di carico da applicare agli elementi, ma semplicemente di disegnare le piante del manufatto in ambiente CAD.

## Solutore

SismiCad comprende un proprio solutore a elementi finiti fornito con il pacchetto. Il solutore è continuamente aggiornato alla luce dei risultati della più recente ricerca scientifica nel campo del calcolo numerico e le procedure vengono tratte da articoli scientifici pubblicati sulle più quotate riviste internazionali.

In particolare, la biblioteca di elementi finiti è stata ampliata fino a comprendere elementi cerniere elastoplastiche, elementi di giunto elastoplastici, molle planari elastoplastiche per modellare pali di fondazioni, isolatori non-lineari in acciaio e gomma e a pendolo, un elemento finito tipo lastra-piastra che consente lo studio di murature e pareti in calcestruzzo armato con limitata resistenza alla trazione e compressione. Il legame costitutivo di tale elemento finito è modellato da una trilatera oppure secondo il modello non-lineare di Saenz. Per tale tipo di elemento è prevista l'introduzione, su entrambe le facce della lastra, di famiglie di fibre tali da modellare la presenza delle armature metalliche nelle pareti. Il modello costitutivo prevede la perdita dello sforzo (fratturazione in trazione e schiacciamento in compressione) al raggiungimento di assegnate dilatazioni limite del materiale base e delle fibre. Alla luce di questi ultimi progressi, anche l'elemento trave è stato aggiornato in modo tale da prevedere un legame costitutivo assegnato dall'utente attraverso una curva sforzo-deformazione lineare a tratti.

Questi ultimi sviluppi consentono di affrontare problemi di analisi statica non lineare (pushover) con ragionevole accuratezza.

Un elemento finito a cerniera concentrata e comportamento bilineare elastico perfettamente plastico modella le murature in analisi statica non lineare aderendo ai requisiti della Ordinanza 3431 e del DM 14-01-08.

I test comparativi tra il solutore interno e i più quotati solutori agli elementi finiti per personal computer uniti ai raffronti teorici, così come riportati nel manuale di verifica, consentono di collocare il solutore di SismiCad tra i più potenti ed affidabili solutori tra quelli presenti nel mercato nazionale ed internazionale.

Il solutore può essere utilizzato anche indipendentemente da SismiCad; infatti esso è dotato, di un proprio file di input in formato alfanumerico non formattato e di un proprio autonomo output. Tutte le procedure numeriche adottate sono esplicitamente documentate in specifici manuali allegati a carattere teorico-illustrativo.

Le principali prestazioni del solutore possono essere così sintetizzate:

- il numero di equazioni risolvibili è legato solo alla capacità dell'hardware; il sistema di equazioni derivante dalla discretizzazione della struttura è risolto con il metodo di Crout modificato o con il metodo delle matrici sparse (MA57 - Harwell Subroutine Library) consentendo una notevole diminuzione dei tempi di elaborazione per strutture dotate di un elevato numero di gradi di libertà;
- possiede una potente opzione di connessione di tutti gli elementi finiti a nodi master. Tale opzione consente di gestire, in modo estremamente semplice, la modellazione di piani rigidi ed i disassamenti strutturali;
- gli elementi finiti tipo lastra-piastra sono dotati di gradi di libertà alla rotazione intorno al vettore normale al piano medio. Una opzione consente di considerare la deformabilità a taglio. Per gli elementi quadrangolari non contenuti nel piano, opportune procedure di proiezione delle rigidità dai nodi proiettati sui nodi originari, consentono di modellare con soddisfacente accuratezza le strutture a guscio;
- fornisce come sollecitazione nelle piastre anche i tagli fuori piano;
- implementa un elemento finito bidimensionale lastra-piastra per lo studio di strutture non lineari tipo murature e pareti in cemento armato;
- in ambito dinamico, il calcolo dei modi di vibrare e dei periodi propri di vibrazione è svolto utilizzando il metodo della proiezione nel sottospazio ed il metodo accelerato di Ritz;
- per gli elementi monodimensionali (travi e bielle) e bidimensionali (lastre-piastre), valuta gli effetti geometrici di non linearità del secondo ordine (metodo P-Delta) consentendo di associare a questi elementi tutti gli altri lineari e non-lineari presenti nella biblioteca;
- consente l'analisi di fenomeni di non linearità di materiale per gli elementi monodimensionali e bidimensionali;
- consente la esecuzione di analisi statiche non lineari con modellazione ad inelasticità diffusa operando sia in controllo di forze che in controllo di spostamenti (path following);
- gestisce l'analisi di strutture isolate attraverso l'impiego di isolatori sismici in gomma armata e a pendolo;
- esegue le verifiche di stabilità globale della struttura.

## **Modello matematico**

Il modello matematico può essere rappresentato in una visualizzazione tridimensionale unifilare nella quale si possono controllare i risultati della modellazione e della soluzione. Non esiste dettaglio della modellazione o della soluzione che non possa essere analizzato con semplicità e completezza.

E' possibile richiedere la visualizzazione a bande di colore delle tensioni ideali in punti caratteristici degli elementi shell secondo vari criteri di cedimento e la visualizzazione ed interrogazione dei cerchi di Mohr negli stessi punti.

Le varie schermate possono essere memorizzate su file e riprodotte su stampante; di ogni vista è possibile richiedere la esportazione in formato dxf che consente di allegare con facilità alle relazioni schemi esplicativi grafici relativi a tutti gli aspetti della modellazione. Di tutti i valori rappresentati è possibile ottenere il dettaglio numerico selezionando l'elemento desiderato.

## **Verifiche di elementi in cemento armato**

E' previsto in automatico il progetto delle armature delle travi, delle scale, dei pilastri, dei pali, dei plinti superficiali e su pali, sulla base di parametri modificabili dall'operatore.

Le verifiche sono condotte col metodo delle tensioni ammissibili o agli stati limite (ultimi e di esercizio) in accordo alle vigenti normative nazionali (DM 09-01-96, DM 14-01-08) oppure secondo Eurocodice 2 (edizione 06-04-06 con personalizzazioni possibili per i relativi annessi nazionali). Sono inoltre disponibili le verifiche agli stati limite secondo ACI 318<sup>1</sup> e NSR-98<sup>1</sup>. In caso di analisi secondo il DM 14-01-08 le verifiche possono essere condotte sia per condizioni normali che per condizioni eccezionali.

Attraverso specifiche procedure grafiche l'utente è comunque in grado di progettare o correggere tutte le armature di travi, pilastri, pareti, plinti, scale, pali, piastre e platee, nessuna esclusa, ottenendo in tempo reale informazioni dettagliate sullo stato tensionale dell'elemento strutturale che sta esaminando, con la possibilità di visionare contemporaneamente un'anteprima del disegno esecutivo.

Le procedure di progettazione di travi, pilastri e pareti prevedono l'analisi tridimensionale delle armature: di ogni barra è nota l'esatta posizione all'interno del getto. E' così possibile il controllo di interferenza e collisioni, il disegno delle sezioni trasversali con indicazione della posizione di ciascuna barra come pure una corretta analisi dello stato di verifica delle sezioni sulla base delle sei componenti della sollecitazione.

I disegni esecutivi prodotti per i vari elementi strutturali sotto forma di file dxf possono essere impaginati automaticamente da una apposita procedura che provvede anche all'aggiornamento automatico delle tavole in caso di modifiche.

I dati di computo (armature, calcestruzzo e casseri) dei singoli elementi strutturali possono essere gestiti da una apposita procedura simile ad un foglio elettronico per una gestione complessiva unitaria. E' presente una interfaccia dei dati di computo con alcuni programmi specifici e con Excel®.

La relazione di calcolo è gestita da un word processor fornito con il programma che consente all'utilizzatore di definire sia i capitoli da inserire che il dettaglio del contenuto dei singoli capitoli potendo inserire immagini di viste derivanti dal modello e dai risultati ottenuti.

Nelle verifiche delle **travi** agli stati limite è possibile effettuare ridistribuzioni di momento con controllo della duttilità della sezione. Le verifiche a taglio considerano la presenza di eventuali sagomati. Gli ancoraggi sono valutati sulla base della effettiva tensione nelle barre con distinzione delle zone di buona e cattiva aderenza. Le frecce sono valutate sia a sezione interamente reagente sia considerando la presenza della fessurazione e del contributo irrigidente del calcestruzzo teso tra due fessure successive (stiffening effect).

Nelle travi continue di fondazione e in quelle su suolo elastico con sezione a T rovescio o doppio T il programma verifica la sezione della suola a filo anima nel funzionamento trasversale ed inserisce se necessario armature inferiori aggiunte alle staffe.

SismiCad prevede la progettazione esecutiva di **solai** monodirezionali a partire da un database di solai definibile dall'utente (solai a traliccio, a pannello o a piastra tralicciata ed alleggerita in polistirolo). Indicando in pianta la posizione della sezione da progettare il programma propone lo schema statico del solaio in termini di geometria e carichi divisi, questi ultimi, in permanenti e variabili. Sono individuate automaticamente e comunque modificabili dall'utente le zone senza alleggerimento, nelle quali cioè la verifica viene condotta a sezione rettangolare anziché con sezione a T o doppio T (fasce piene).

L'armatura dei solai è gestita analizzando tutte le possibili combinazioni dei pesi strutturali, dei permanenti portati e variabili. In questa fase si possono introdurre variazioni rispetto a quanto rilevato in automatico dal programma (cambi di sezione, carichi concentrati, salti di quota, mensole isolate, ecc). L'armatura può essere proposta in automatico e corretta interattivamente analogamente a quanto avviene per le travi. Lo stato deformativo del solaio è analizzato nelle ipotesi di sezione interamente reagente e di sezione fessurata con considerazione del contributo del calcestruzzo teso tra le fessure. Se si utilizza il metodo agli stati limite vengono anche calcolate le frecce a viscosità e a ritiro esauriti. Il disegno esecutivo del solaio, a scelta dell'operatore, può essere riportato sulla pianta o inserito nella tavola a lato della stessa.

Per i **pilastri** a sezione rettangolare o circolare sono disponibili due modalità di verifica: a tabella mantenendo l'armatura costante nell'interpiano, e a prospetto disponendo l'armatura in posizioni qualsiasi. Per i pilastri di sezione qualsiasi diversa dalla rettangolare e dalla circolare è disponibile la sola modalità di progettazione a tabella.

La progettazione di **elementi bidimensionali** piastre e pareti in cemento armato è gestita tramite una procedura per l'armatura di dettaglio a prospetto di elementi giacenti in un medesimo piano. Si possono utilizzare sei tipi di armatura: reti diffuse, reti localizzate, barre singole, armature diagonali per le travi di connessione tra pareti di taglio ed armature a punzonamento sagomate o a staffa. Le verifiche a pressoflessione vengono svolte in corrispondenza dei nodi del modello ed in sezioni particolari indicate dall'utente (ad esempio sul bordo di pilastri o pareti). E' inoltre disponibile la verifica dei pannelli di parete con funzione di controvento con le modalità richieste dalla Ordinanza 3431 e dal DM 14-01-08. Una procedura che permette di ottenere la risultante delle sollecitazioni in sezioni individuate dall'utente risulta utile per la verifica dei diaframmi di piano.

Le sollecitazioni assunte in verifica nei nodi possono essere desunte direttamente dai valori nei nodi supponendo così che la sezione verificata sia soggetta in ogni suo punto al valore della sollecitazione nel nodo. In alternativa è data facoltà all'utente di adottare sollecitazioni ottenute attraverso medie ponderali di valori delle stesse valutati in punti della sezione di cui si prefissa l'ampiezza. Queste funzionalità consentono di ovviare all'annoso problema dei picchi di sollecitazione in corrispondenza dei

nodi di connessione tra pilastri e piastre di fondazione consentendo una valutazione più realistica del fenomeno.

Le verifiche a punzonamento sono condotte attraverso l'individuazione dei perimetri critici se del caso minimizzati in corrispondenza ai bordi o ai fori; l'armatura a punzonamento può essere realizzata con staffe o con armature sagomate. E' disponibile inoltre una procedura per la verifica delle travi di collegamento di pareti accoppiate secondo la Ordinanza 3431 ed il DM 14-01-08.

Quanto sopra descritto consente di raggiungere un notevole livello di esecutività nella progettazione di opere civili generiche (idrauliche, stradali, etc.) anche al di fuori da un ambito di applicazione strettamente edilizio.

Esiste anche un verificatore a pressoflessione deviata e taglio di elementi di controvento verticali (vani scale, ascensori etc) ottenuti dall'unione di più pareti piane.

Particolare attenzione è stata dedicata agli **edifici esistenti** in c.a. e muratura. La proprietà *esistente* non è attribuita all'edificio ma al materiale dell' elemento strutturale. Si possono così modellare e progettare lavori di restauro, ampliamento e sopraelevazione applicando ad ogni elemento le proprietà meccaniche e le norme di verifica specifiche del suo stato di esistente o di nuova edificazione. Il programma consente di definire per i vari elementi in c.a. armature anche non ad aderenza migliorata e di caratteristiche meccaniche qualsiasi. Nei pilastri in particolare è possibile progettare interventi di rinforzo con rifodere impiegando armature di caratteristiche diverse da quelle esistenti. Le verifiche, la valutazione della vulnerabilità e degli indicatori di rischio sismico possono essere condotte tramite analisi elastiche con fattore di struttura o tramite analisi statica non lineare.

A seguito della esecuzione di una analisi statica non lineare il programma esegue per i c.a. le verifiche di resistenza per i meccanismi fragili e di capacità deformativa per i meccanismi duttili in accordo alla Ordinanza 3431 o al DM 14-01-08. Sono inoltre svolte le verifiche per lo stato limite esercizio (danno e operatività).

Travi e pilastri possono essere rinforzati con l'impiego di **FRP** in accordo con le 'Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture in c.a., cap. e strutture murarie mediante FRP' approvato in data 24 luglio 2009 dal Consiglio Superiore LL PP.

## Verifiche di elementi in Muratura

SismiCad comprende la trattazione delle problematiche strutturali delle murature con riferimento alle diverse normative nazionali vigenti.

I materiali costituenti le pareti in muratura sono contenuti in un apposito archivio gestibile dall'utente.

Nel rispetto delle norme in un unico modello possono essere gestite le strutture miste, composte cioè da muratura e altri materiali funzionanti in parallelo (disposti almetricamente allo stesso piano) oppure in serie (disposti almetricamente su piani successivi).

Nelle analisi elastiche i maschi murari possono essere modellati con mesh di elementi bidimensionali o con aste. Per ottenere configurazioni di equilibrio basate solo su tagli paralleli ai maschi è possibile svincolare alla rotazione la muratura attorno ai bordi superiore ed inferiore oppure utilizzare elementi shell dotati di spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore membranale.

### **Analisi sismiche e verifiche secondo DM 16-1-96 e circolare M.LL.PP. 10-4-97 n.65/AA/GG**

SismiCad si rifà ai criteri indicati dal Servizio Sismico Nazionale in una pubblicazione (Criteri di Calcolo per la Progettazione degli Interventi) contenente verifiche sismiche ed esempi per l'applicazione delle direttive tecniche dei D.G.R. delle regioni Umbria e Marche in attuazione L.61/98.

Svolgendo le verifiche secondo il DM.LL.PP. 20-11-87 i maschi murari vengono verificati a schiacciamento e a taglio con il metodo delle tensioni ammissibili o agli stati limite. In caso di sisma vengono svolte anche le verifiche a presso flessione nel piano e fuori piano.

Le verifiche sismiche possono essere svolte in alternativa secondo la Circolare M.LL.PP. n. 21745 del 30-07-81. Se il maschio murario si può considerare compreso tra piani rigidi il programma ricava gli sforzi normali di verifica dal modello FEM ed utilizza un proprio solutore non lineare POR per la valutazione dei tagli indotti dal sisma. Come noto la verifica consiste in questo caso nel confronto tra spostamenti calcolati e spostamenti limite. Nel caso frequente di murature che non possono essere considerate comprese tra piani rigidi (murature a sostegno di falde, edifici a piani sfalsati, edifici di culto, solai in legno) non è possibile impiegare il metodo POR. In questo caso le verifiche sono svolte a partire dalle sollecitazioni desunte dalla analisi agli elementi finiti e la verifica a taglio del maschio murario consiste nel confronto tra tagli calcolati e tagli ultimi valutati secondo la Circolare medesima.

In accordo alla circolare M.LL.PP. 10-04-97 n.65/AA.GG possono inoltre essere svolte le verifiche delle murature riquadrate da telai come puntoni diagonali equivalenti non reagenti alla trazione e dei pilastri che ad esse si affiancano.

### **Analisi sismiche e verifiche secondo OPCM 3431, DM 14-09-05 o DM 14-01-08**

Nelle analisi elastiche (statica lineare o dinamica modale) i maschi sono modellati come nei casi precedenti. In modo analogo ai maschi possono essere modellate anche le travi di accoppiamento in muratura (fasce di piano). Vengono svolte le verifiche a pressoflessione e taglio nel piano del maschio ed a pressoflessione fuori piano come pure le verifiche a pressoflessione e taglio delle travi di accoppiamento.

Lo studio dell'edificio con analisi statica non lineare viene svolto con una modellazione inelastica nella quale possono contemporaneamente venire modellati anche elementi in materiali diversi dalla muratura. I maschi sono in questo caso modellati da un macroelemento monodimensionale a comportamento bilineare elastico perfettamente plastico che recepisce le indicazioni delle norme. L'esecuzione della spinta in controllo di spostamenti (path following) consente di ottenere curve di capacità decrescenti e di raggiungere gli spostamenti limite previsti dalla norma.

Sia con analisi elastiche che inelastiche è possibile la valutazione della vulnerabilità e degli indicatori di rischio sismico per edifici esistenti come previsti dalle varie disposizioni normative.

L'analisi dei meccanismi locali di collasso in edifici esistenti è svolta per porzioni di edificio definite dall'utente. Nella stessa possono essere coinvolte, oltre alla facciata, anche murature ortogonali alla stessa ipotizzando cunei di distacco. Se la facciata interessa più piani l'analisi viene svolta per tutti i possibili centri di rotazione.

È inoltre possibile la verifica di edifici in muratura armata con analisi elastiche (statica lineare e dinamica modale). Il programma propone la posizione delle barre di armatura verticali in accordo ai minimi normativi consentendo l'intervento manuale dell'operatore per modificare sia le armature orizzontali che verticali. Oltre alle verifiche vengono prodotti disegni delle piante in formato dxf.

Per le murature di tamponamento possono essere richieste le verifiche previste in OPCM 3431 4.9 o in DM 14-01-08 7.2.3 per gli elementi secondari.

## **Interventi di rinforzo**

Progetti di interventi su murature esistenti sono previsti sia con l'utilizzo di **FRP** applicati secondo varie modalità che con rinforzi costituiti da paretine in c.a. e reti metalliche.

## **Verifiche di elementi in Legno**

E' prevista la progettazione strutturale di elementi monodimensionali in legno sia lamellare che massiccio nonché di pareti e solai in legno tipo X-LAM, anche con la presenza di dispositivi di ancoraggio tipo hold-down. Le sezioni sono gestite per mezzo di un archivio e sono ipotizzate circolari o come composte da uno o più elementi rettangolari. I materiali sono definiti dall'utente indicando, a seconda della normativa scelta, le resistenze per ogni tipo di stato tensionale (compressione parallela alle fibre, trazione parallela alle fibre, etc.), il coefficiente di dilatazione termica ed il peso specifico. Particolare attenzione è stata riservata alla definizione di particolari condizioni di vincolo non lineari tra i bordi delle pareti X-LAM in modo da consentire la modellazione dei più svariati dispositivi di collegamento.

L'analisi sismica di edifici in legno è svolta secondo DM 14-01-08.

Le verifiche di resistenza, instabilità e deformabilità sono condotte con il metodo delle tensioni ammissibili (seguendo le direttive proposte dalle DIN 1052), oppure con il metodo degli stati limite secondo l'Eurocodice 5 (ottobre 2005) o il DM 14-01-08.

L'output consiste nella relazione di calcolo e nella distinta degli elementi.

## **Verifiche di elementi in Acciaio**

SismiCad comprende un archivio di oltre 3000 profili standard che è possibile utilizzare anche per modificare le dimensioni di sezioni esistenti o inserire profili di sezione generica definita dall'utente.

Le giunzioni tra le aste sono previste da un archivio personalizzabile per ogni tipologia di collegamento.

Le travi reticolari sono gestite attraverso un archivio dotato di una modalità di input molto semplice ed efficiente.

A seguito dell'input della struttura anche mista e della soluzione, sono prodotte automaticamente le verifiche di resistenza e di instabilità delle singole membrature (non per i profili di sezione generica). Le verifiche di instabilità sono svolte su singole aste o su super-elementi costituiti da una o più aste selezionabili dall'utente. Per ciascuno dei superelementi è richiesta la definizione dei coefficienti di vincolo per la determinazione delle lunghezze libere di inflessione. I risultati delle verifiche di tutti gli elementi strutturali sono esposti in una apposita finestra nella quale è possibile visualizzare, oltre allo stato di verifica, gli eventuali elaborati prodotti (relazioni di calcolo, computi, disegni esecutivi, prospetti).

Le verifiche delle aste possono essere condotte secondo CNR-UNI 10011 (tensioni ammissibili o stati limite), Eurocodice 3, DM 14-01-08 o AISC (ASD o LRFD)<sup>1</sup>. Per profili **sagomati** a freddo (tubolari tondi esclusi) le verifiche sono condotte secondo CNR-UNI 10022 ed Eurocodice 3. Sono inoltre gestiti i controlli previsti dalla Ordinanza 3431 e dal DM 14-01-08 in caso di comportamento strutturale dissipativo.

La verifica dei collegamenti previsti è effettuata secondo CNR-UNI 10011, Eurocodice 3, DM 14-01-08 o AISC (ASD o LRFD)<sup>1</sup>. In particolare sono progettabili giunzioni bullonate o saldate (solo CNR-UNI, Eurocodice 3 e DM 14-01-08) di varie tipologie tra cui giunzioni a squadretta, a flangia di varie forme, coprigiunti e piastre di base di colonne. La progettazione del collegamento è gestita direttamente dall'operatore che può definire forma e dimensione dello stesso, diametro, tipo e posizione dei bulloni, forma, dimensioni e posizione delle saldature. Si ottengono così, in tempo reale, le verifiche di tutti gli elementi costituenti la giunzione nelle diverse combinazioni delle condizioni elementari di carico con il relativo disegno esecutivo del nodo sotto forma di file dxf.

Per le reticolari, a seguito del progetto automatico dei collegamenti secondo CNR-UNI 10011 o Eurocodice 3, è prodotto lo schema costruttivo, il computo ed il disegno esecutivo (file dxf) completo di prospetto ed estrazione delle distinte delle piastre e delle aste, il tutto quotato in ogni dettaglio. Anche per questi elementi sono gestiti i controlli previsti dalla Ordinanza 3431 e dal DM 14-01-08 in caso di comportamento strutturale dissipativo.

Analogamente alle funzionalità di creazione della pianta di carpenteria di piano, nel CAD esterno è possibile ottenere il disegno dei prospetti dei telai in acciaio.

## **Verifiche dei giunti sismici**

SismiCad comprende una procedura che consente di individuare gli elementi che si affacciano in un giunto ed effettuare la verifica ai sensi del DM 14-01-08 § 7.3.3.3.

## **Verifiche geotecniche**

SismiCad permette l'inserimento dei principali parametri geotecnici emersi dal piano delle ispezioni e prove in sito, deciso dal progettista. Tali dati possono essere utilizzati per la valutazione automatica di

alcuni parametri di modellazione (rigidezze, limiti plastici del suolo, ecc.) nonché per eseguire le verifiche geotecniche secondo il DM 14-01-08 e norme precedenti. Sono implementate le verifiche di scorrimento e capacità portante per travi, plinti, piastre e platee, nonché le verifiche di capacità portante verticale, eventualmente anche in sfilamento, per i pali. Nei casi in cui è richiesto, è possibile calcolare anche la capacità portante trasversale teorica del palo, valutata mediante la teoria di Broms.

SismiCad prevede la redazione dello schema per la stesura della **Relazione geotecnica e delle fondazioni**, conforme alla circolare n. 617 del 02-02-09, mediante il quale viene assemblata una relazione contenente testi ed immagini, creati dinamicamente in funzione dei dati inseriti nella commessa, insieme a testi e immagini decise dall'utente.

## Piante e prospetti

Realizzato all'interno dell'ambiente grafico di SismiCad il disegno delle **piante delle carpenterie di piano** riproduce in bidimensionale, con le opportune rimozioni di linee nascoste o sovrapposizioni, il disegno 3D. Specifici comandi consentono di completare il disegno con le quotature, le sezioni ribaltate delle travi, la indicazione del solaio e della sua tessitura, la rappresentazione dei singoli elementi di solaio (correa, travetto, pannello o piastra tralicciata). Per edifici in acciaio possono analogamente essere prodotti **prospetti** relativi a porzioni selezionate del manufatto. I file dxf prodotti possono essere impaginati da una apposita procedura che provvede anche all'aggiornamento automatico delle tavole in caso di modifiche.

---

<sup>1</sup> Funzionalità riservata ai possessori di *Integrazione Norme Estere* disponibile nelle versioni 10.xx.

Informazioni maggiormente dettagliate sulle funzionalità del software sono reperibili nel manuale d'uso accessibile attraverso la versione dimostrativa installabile gratuitamente dal nostro sito internet.