

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 nuova costruzione o alla valutazione della vulnerabilità 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. La programmazione ad oggetti poi consente di descrivere tutte le grandezze attraverso oggetti caratterizzati da proprietà che possono essere visualizzate e modificate tramite semplice selezione nel disegno di elementi singoli o di gruppi di elementi. Se a questo si aggiunge la efficienza di comandi CAD di editing quali serie, copia, sposta, specchio, le funzioni di generazione automatica tra piani e falde e la potenza dei generatori di mesh per elementi bidimensionali che consentono di inserire piastre e pareti senza spezzarle in corrispondenza di connessioni con altre entità, si capisce come il risultato non può che essere 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.).

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 e 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.

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

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 sono contenute in un altro archivio fornito col programma contenente oltre 3000 profili e possono anche essere accoppiate o composte liberamente dall'utente.

Gli elementi strutturali rappresentabili sono:

- travi e pilastri in cemento armato, acciaio o legno;
- 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;
- 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 in suolo elastoplastico);
- terreni di fondazione definiti attraverso stratigrafie o sondaggi;
- solai orizzontali o inclinati a tessitura monodirezionale;
- solai a nervatura incrociata²;

- molle o vincoli generici;
- cerniere parziali e cerniere plastiche;
- isolatori sismici.

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;
- carichi concentrati pulsanti ².

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 ed alle loro combinazioni 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 MM.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) 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, acciaio e legno 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 1997¹, NSR-98¹, NTCDF¹, COVENIN 1998¹.

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 bidimensionali 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 cubici con gradi di libertà alla rotazione nei nodi, cerniere elastoplastiche, elementi di giunto elastoplastici, molle planari elastoplastiche per modellare pali di fondazioni, isolatori non-lineari, un elemento finito tipo lastra-piastra che consente lo studio di materiali isotropi, tipo 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 monodimensionale a comportamento bilineare elastico perfettamente plastico modella le murature in analisi statica non lineare aderendo ai requisiti di verifica 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 e 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 rigidezze 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;
- 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 evidenziare le numerazioni dei nodi o degli elementi per poter garantire la possibilità di controllo dei risultati. E' inoltre possibile visualizzare gli spostamenti nodali, le deformate modali, le reazioni vincolari, i centri di rigidezza e di massa, gli schemi di carico su travi e pareti, i diagrammi di sollecitazione delle aste nelle condizioni elementari di carico e nelle loro combinazioni e, a bande di colore, i valori dei parametri di sollecitazione in tutti gli elementi.

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.

Verifica globale

A seguito della soluzione è possibile richiedere una verifica globale di tutti gli elementi in cemento armato ed ottenere la rappresentazione a bande di colore in un modello unifilare dei risultati di verifica in termini di fattibilità o di incidenze di armatura. Si ottengono in questo modo indicazioni sulla validità del predimensionamento e sulla opportunità di apportare correzioni dimensionali prima di procedere alla progettazione esecutiva.

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 318¹ e NSR-98¹. 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 interferro 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.

La conoscenza della esatta posizione di ogni barra all'interno del getto è inoltre necessaria per eseguire analisi di tipo pushover.

I disegni esecutivi prodotti per i vari elementi strutturali sotto forma di file dxf possono essere impaginati per la stampa da una apposita procedura fornita a corredo. Gli stessi esecutivi per le travature sono anche compatibili con Auto_C.A. (software di terze parti) per una gestione complessiva dei disegni di progetto.

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 di tutti gli elementi in c.a. interessano sia lo stato limite ultimo che gli stati limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformazione) nelle condizioni rare, frequenti e quasi permanenti.

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). Se si opera con il metodo agli stati limite (DM 9-1-96 o EC2) il programma valuta anche la deformazione della trave a viscosità esaurita in condizione di esercizio quasi permanente e la deformazione da ritiro.

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 carichi permanenti 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.

Le **piante delle carpenterie di piano** (in fondazione ed in elevazione) sono prodotte in AutoCAD®, AutoCAD LT® o in IntelliCAD® for Concrete a partire dal disegno tridimensionale di input. Il disegno delle piante riproduce in bidimensionale, con le opportune rimozioni di linee nascoste o sovrapposizioni, il disegno 3D. In esso è possibile inserire le sezioni ribaltate delle travi con indicazione del solaio e della sua tessitura e la rappresentazione dei singoli elementi di solaio (correa, travetto, pannello o piastra tralicciata ed alleggerita in polistirolo). Sono disponibili anche funzioni per una rapida quotatura.

Per i **pilastr**i 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 pilastr*i* 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 pilastr*i* 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.

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 pilastr*i* 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.

Una procedura che permette di ottenere la risultante delle sollecitazioni in sezioni individuate dall'utente risulta utile per la verifica dei diaframmi di piano.

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.

Nel caso di **edifici esistenti** il programma consente di definire per i vari elementi strutturali armature anche non ad aderenza migliorata e di caratteristiche meccaniche qualsiasi. 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).

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. In esso è possibile definire anche materiali da modellare come parzialmente reagenti alla trazione con comportamento bilineare o secondo Saenz; a richiesta si può prevedere la perdita dello sforzo al raggiungimento delle dilatazioni limite per allungamento o per accorciamento².

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 altimetricamente allo stesso piano) oppure in serie (disposti altimetricamente su piani successivi), ovviamente su fondazioni di qualsiasi tipo, su più livelli e su terreni di caratteristiche variabili in pianta.

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 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 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 ad inelasticità diffusa 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. La esecuzione della spinta, a scelta dell'utente, può avvenire in controllo di forze o in controllo di spostamenti (path following). Ciò 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.

Verifiche di elementi in Legno

È prevista la progettazione strutturale di elementi monodimensionali in legno sia lamellare che massiccio e di pareti in legno tipo X-Lam. 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 (compres-

sione parallela alle fibre, trazione parallela alle fibre, etc.), il coefficiente di dilatazione termica ed il peso specifico.

La analisi sismica di edifici in legno è svolta secondo DM 14-01-08 nella ipotesi di comportamento scarsamente dissipativo.

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'utente².

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

Le travature 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. Queste vengono determinate con l'impiego di nomogrammi² e posizionamento dei ritegni torsionali. 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 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 o AISC (ASD o LRFD)¹. Per profili **sagomati** a freddo (tubolari 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 o AISC (ASD o LRFD)¹. In particolare sono progettabili giunzioni bullonate o saldate (solo CNR-UNI ed Eurocodice 3) 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, è prodotto lo schema costruttivo ed il disegno esecutivo (file dxf) completo di prospetto ed estrazione delle distinte delle piastre e delle aste, il tutto quotato in ogni dettaglio².

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.

Il programma produce automaticamente un computo metrico dettagliato di tutte le aste in acciaio inserite in input e di tutti i collegamenti progettati².

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.

¹ Funzionalità riservata ai possessori di *Integrazione Norme Estere* disponibile nelle sole versioni 10.xx.

² Funzionalità riservata alle sole 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.