

SOFTWARE E RICERCA APPLICATA

Marco Di Ludovico¹, Gaetano Manfredi²

¹*Ricercatore confermato, Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II, diludovi@unina.it*

²*Professore Ordinario, Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II, gamanfre@unina.it*

Negli ultimi decenni il crescente interesse della comunità scientifica alle problematiche legate alla protezione degli edifici nei riguardi dell'azione sismica ha portato alla definizione e messa a punto di metodologie e strategie di progetto nonché di tecniche di intervento sempre più avanzate ed efficaci. Avanzamento tecnologico e sviluppo di una più moderna concezione di progettazione antisismica, basata su un approccio di tipo prestazionale, hanno proceduto di pari passo confluendo, inevitabilmente, nella emanazione di nuove norme per la progettazione e verifica delle costruzioni. L'entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009 delle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni", approvate con il D.M. 14 gennaio 2008, rappresenta un passaggio estremamente significativo nello sviluppo del calcolo strutturale.

Le molteplici innovazioni introdotte nel calcolo strutturale costituiscono fonte di numerosi dibattiti tra i diversi attori del settore dell'edilizia (progettisti, case di software, imprese di costruzione, ente pubblico) in merito ad aspetti sia teorici che applicativi. In particolare, tra gli aspetti più dibattuti vi è senza dubbio il corretto utilizzo dei software nel calcolo strutturale. L'adozione di software di calcolo per la progettazione di nuove costruzioni e la valutazione sismica ed il progetto dell'intervento di miglioramento/adequamento di un edificio esistente è oggi tanto indispensabile quanto ricca di insidie connesse al corretto utilizzo di tale strumento. Il calcolo strutturale non può, infatti, oggi prescindere dall'utilizzo di procedure di calcolo integrate in un software sia per la numerosità dei calcoli da effettuare (dovute alla necessità di tenere in conto tutte le possibili combinazioni di carico che possono realizzarsi durante la vita della struttura) sia per la complessità degli stessi. Il corretto utilizzo di un software di calcolo offre l'opportunità al progettista di studiare strutture anche di notevole complessità in tempi relativamente ridotti, utilizzando, allo stesso tempo, un modello strutturale aderente alla struttura reale. La traduzione in codici di calcolo di diversi approcci metodologici e di tecniche di intervento di nuova concezione rappresenta, tuttavia, un passaggio estremamente delicato sia per le i produttori di software che per i progettisti. Il saper coniugare le scelte progettuali, di cui il progettista è e deve essere unico responsabile ed autore, con le potenzialità di modellazione di un software nell'ambito di quanto prescritto dalla nuove Norme Tecniche per le Costruzioni rappresenta certamente una delle sfide più ambiziose del momento.

PROGETTAZIONE E SOFTWARE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC08, di cui al DM 14 gennaio 2008, integrate dalla Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009, definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, specificano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto e definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti. L'approccio guida di tipo prestazionale di tali norme induce alla definizione dei livelli di

sicurezza e delle prestazioni attese, lasciando al progettista la libertà di scegliere sistemi e tecnologie costruttive. È proprio l'implementazione di tale approccio attraverso lo strumento imprescindibile del software di calcolo, il nodo più delicato della moderna progettazione strutturale.

La corretta interpretazione delle caratteristiche prestazionali o cogenti delle attuali norme di calcolo ovvero la traduzione di requisiti normativi in regole applicabili in modo quasi automatico dal software richiedono, da una parte, la messa a punto di software di calcolo sempre più flessibili e polivalenti e, dall'altra, la piena consapevolezza dei progettisti delle opportunità offerte dagli stessi.

Il pieno sfruttamento delle notevoli potenzialità offerte dall'utilizzo di software di calcolo è, infatti, intimamente connesso al corretto utilizzo di tale strumento. Di qui la necessità, oggi più che in passato, di conoscere in maniera approfondita le caratteristiche dei diversi programmi di calcolo strutturale al fine di adottare, a seconda delle proprie esigenze, il software più opportuno per la corretta risoluzione dei problemi di ingegneria affrontati dal progettista. In particolare, una corretta progettazione attraverso l'adozione di un software di calcolo non può prescindere dall'analisi di:

- *campi d'impiego del software*: potenzialità di modellazione (preprocessing), meshatura e interoperabilità con altri software; principali caratteristiche del solutore e dell'algoritmo utilizzato per trovare la soluzione del problema; indicazioni sul postprocessore riguardanti principalmente la tipologia di verifiche eseguite e la modalità di lettura, visualizzazione e stampa dei risultati (relazione di calcolo, elaborati grafici, etc..) e interoperabilità con altri software;

- *algoritmi impiegati dal software*: Metodo degli elementi finiti (FEM); Metodo degli elementi al contorno (BEM), etc.;

- *tipologia di elementi adottabili nel modello*: link, beam, truss, plane, brick, shell, pipe, contact, etc..) e relative tipologie di analisi (*plane stress, plane strain, axisymmetric, 3-D modeling, etc.*) di materiale (*isotropo, ortotropo, anisotropo, graded*) e di attributi da assegnare (*carichi, vincoli, sezione/spessori*);

- *tipologie di analisi implementabili dal software*: analisi statica lineare, analisi dinamica modale, analisi statica non lineare (pushover), time history lineare, time history non lineare, analisi di buckling;

- *flessibilità del software di calcolo nella modellazione*: possibilità di incidere nella definizione del modello di calcolo non solo attraverso la definizione di parametri di input a scelta tra una libreria dati pre-definita e non modificabile presente nel software;

Solo una profonda conoscenza di tali aspetti può consentire al progettista moderno di coniugare nel migliore dei modi libertà progettuale e complessità di calcolo attraverso l'adozione di un software.

INNOVAZIONE E SOFTWARE

Nella progettazione di una nuova costruzione la conformità ai requisiti di sicurezza richiesti è garantita dal rispetto dei principi guida della moderna filosofia di progettazione antisismica (corretta applicazione del criterio di progettazione delle capacità, *capacity design*) e dal rispetto delle prescrizioni normative che ne derivano. Nel caso di strutture esistenti il processo logico della valutazione della sicurezza trova nella progettazione di interventi di miglioramento/adeguamento sismico la sua naturale conclusione. Ed è proprio nella definizione di strategie di intervento tese ad incrementare la capacità sismica di una costruzione esistente che la ricerca ha indirizzato il massimo sforzo negli ultimi anni. Ciò ha portato alla messa a punto di tecniche di intervento che, sebbene di grande efficacia, richiedono talvolta l'utilizzo di criteri di modellazione più complessi e certamente non tradizionalmente noti. E' proprio in questo ambito, vale a dire nella corretta implementazione in codici di calcolo "*pre-assemblati*" delle più recenti scoperte scientifiche, che si disputa la sfida più complessa di una corretta progettazione e modellazione. L'utilizzo di tecniche di intervento innovative spesso si scontra con notevoli difficoltà di applicazione nei software di calcolo. Di seguito, pertanto, si riportano e analizzano alcune delle principali criticità emerse in tale ambito, con specifico riferimento alle strutture in c.a. ed in muratura esistenti.

Strutture in cemento armato

Nuove tecniche di intervento mirate ad incrementare la capacità sismica di un edificio esistente sono state recentemente sperimentate con successo (utilizzo di materiali compositi, Fiber Reinforced Polymers FRP, di sistemi di Cerchiatura Attiva Manufatti CAM, protezione passiva mediante utilizzo di controventi dissipativi o isolamento sismico etc.). Studi teorici e prove di laboratorio hanno dimostrato l'efficacia di tali tecniche nel ridurre la vulnerabilità di edifici esistenti. E' naturale, tuttavia che produttori di software e progettisti si trovino oggi di fronte a molteplici difficoltà riguardanti sia l'introduzione di tali tecniche in codici di calcolo sia la corretta modellazione degli stessi.

- FRP e CAM

Il rinforzo strutturale mediante l'utilizzo di materiali compositi, rappresenta ormai una realtà consolidata nel panorama tecnico nazionale come ampiamente dimostrato dalla numerose applicazioni di tali materiali su edifici danneggiati dai fenomeni sismici che hanno colpito recentemente l'Abruzzo e l'Emilia. Interventi di rinforzo mediante l'utilizzo di FRP possono essere considerati come interventi di tipo selettivo mirati a: incrementare la resistenza a flessione semplice, a pressoflessione o a taglio di travi e pilastri; incrementare la duttilità (o la capacità rotazionale) nelle zone critiche di travi e pilastri attraverso fasciatura in avvolgimento di materiale composito sull' elemento (confinamento); migliorare l'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione ed impedire lo svergolamento delle barre longitudinali soggette a compressione mediante fasciatura in FRP; incrementare la resistenza a trazione dei pannelli di nodo trave-colonna non confinati mediante l'applicazione di compositi con fibre disposte secondo le isostatiche di trazione. L'adozione di una o più delle suddette tipologie di intervento può consentire di sanare specifiche deficienze strutturali locali, senza modifiche sostanziali di massa e rigidità e, dunque, senza alterare il comportamento della struttura rispetto alla configurazione *ante operam*. In tale categoria di interventi rientrano anche le applicazioni di sistemi di rinforzo con tecnica CAM (Cerchiatura Attiva Manufatti).

La progettazione del rinforzo è funzione di un prefissato livello di sicurezza obiettivo per la struttura (e quindi una accelerazione al suolo di progetto) cui corrispondono le sollecitazioni agenti sui diversi elementi strutturali; note le sollecitazioni di progetto si passa alla progettazione dell'intervento di rinforzo in maniera che gli elementi strutturali carenti siano in grado di soddisfare le verifiche domanda/capacità (in funzione del livello di sicurezza desiderato). A tal punto i software di calcolo non sempre consentono di modellare l'intervento "internamente" al programma; piuttosto le verifiche *post-operam* possono essere eseguite solo mediante l'utilizzo di appositi fogli di calcolo o software dedicati, a meno che non si utilizzino opportuni artifici, che ad esempio consistono nel trasformare il rinforzo da dimensionare in termini di armatura metallica equivalente, che i software di calcolo "riconoscono". Nel primo caso la verifica in post-processing non risulta agevole per il professionista considerando l'elevatissimo numero di combinazioni di carico e, pertanto, di corrispondenti verifiche da effettuare su ciascun elemento (una volta estrapolato dal tabulato di calcolo tutte le sollecitazioni, operazione anch'essa di per sé non immediata). Nel secondo caso, invece, l'adozione di armature equivalenti può indurre a significativi errori quali ad esempio il fare affidamento su una resistenza in compressione di rinforzi in FRP, efficaci invece solo per assorbire sforzi di trazione.

- Sistemi di controventamento

Nel caso di progettazione di interventi con controventi metallici, una corretta progettazione di questi elementi prevede che essi vengano concepiti per resistere ad azioni di trazione, potendo fare affidamento sui loro simmetrici (da cui la predisposizione di controventi posti ad "X") per azioni sismiche di segno opposto. Non sempre, tuttavia, il software di calcolo consente di disattivare il funzionamento del controvento a compressione: ne consegue spesso che al fine di ottenere la verifica del controvento metallico rispetto a tale azione (per il quale esso non dovrebbe essere progettato) si preveda un errato sovradimensionamento dello stesso. Perciò, a partire da una carenza

del software di calcolo l'utente non esperto tipicamente rischia la errata progettazione dell'intervento.

Nel caso di inserimento di sistemi di controvento dotati di dispositivi dissipativi la carenza di dettagliate prescrizioni normative possono indurre numerose problematiche specie nella calibrazione del modello elastico equivalente del dispositivo dissipativo e nella determinazione di uno smorzamento viscoso equivalente, funzione dello spostamento di progetto.

La modellazione con elementi tipo pendolo elasto-plastico con proprietà equivalenti risulta essere sufficientemente adeguata per analisi non lineari statiche (pushover) e dinamiche (analisi non lineari al passo). Modellazioni più accurate, che tengano conto anche della fatica oligo-ciclica e di modelli di frattura, oltre ad imperfezioni di tipo geometrico e meccaniche, possono essere richieste per specifiche applicazioni ovvero per analizzare le prestazioni sismiche in condizioni non ordinarie. Per esempio, per l'esame della risposta sismica delle strutture con controventi dissipativi metallici ad instabilità impedita soggette a terremoti di lunga durata, ovvero a sequenze sismiche di magnitudo medio-alta, è necessario implementare modelli dei dispositivi che tengano conto della deformazione accumulata e siano caratterizzati da criteri di rottura basati sulla fatica e frattura. Modellazioni avanzate possono anche portare in conto i fenomeni di instabilità accoppiata flessionale e flesso-torsionale. Tali ultimi modelli, basati generalmente su una discretizzazione ad elementi finiti tridimensionali, sono di interesse specifico della ricerca e dei produttori dei dispositivi di dissipazione. Modellazioni semplificate basate sulla risposta elastica equivalente del sistema in serie controvento dissipativo ed elemento metallico si rendono necessarie quando si intende utilizzare metodi di analisi di tipo lineare, per esempio analisi modale con spettro di risposta. E' utile evidenziare che in tal caso occorrerà procedere ad un'analisi iterativa per la calibrazione del modello elastico equivalente del dispositivo dissipativo. La sua rigidità secante è infatti funzione dello spostamento obiettivo, specifico per ciascun stato limite di riferimento. Per stati limite di esercizio, ovvero in condizioni per le quali si vuole che i controventi non siano attivi, la rigidità del sistema elastico equivalente è univocamente determinata. Quando viene superata la soglia elastica, occorrerà per un prefissato spostamento ricalcolare le proprietà equivalenti del dispositivo, eseguire le analisi e poi verificare, a valle, se le proprietà iniziali equivalenti, specificatamente la rigidità elastica secante, è consistente con la domanda di spostamenti calcolata per ciascun dispositivo. Si evidenzia esplicitamente che nel caso di analisi dinamica modale con spettro di risposta occorrerà tener conto nell'analisi di uno smorzamento viscoso equivalente anch'esso funzione dello spostamento di progetto.

- Isolamento sismico

Nel caso di interventi di isolamento sismico con utilizzo di *friction pendulum*, alla variazione del baricentro delle masse della struttura a seguito dell'intervento non sempre si accompagna la variazione del baricentro delle rigidità da parte di alcuni software, variazione dettata dall'attrito non costante che tale tipo di isolatore sismico determina, in funzione del carico statico agente su ogni isolatore.

- Incamiciatura in c.a. - inserimento di pareti

Nel caso di irrigidimento della struttura previo inserimento di pareti o realizzazione di ringrossi in c.a. in un edificio esistente, possono insorgere problemi di modellazione di un nuovo elemento strutturale, con proprietà e materiali nuovi rispetto a quelli degli elementi pre-esistenti; tale tipo di "affiancamento" può risultare di difficile realizzazione, o, peggio, di difficile comprensione in termini di output del programma, che può portare ad una errata interpretazione dei risultati. Ancora più complesso è il caso in cui si renda necessaria la "sovrapposizione" di proprietà, come per il ringrosso di un elemento strutturale in c.a.: in tal caso appare non sempre eseguibile la sovrapposizione di caratteristiche meccaniche differenti (materiali nuovi su esistenti), e in ogni caso la interazione tra i materiali nuovi ed esistenti non può essere indagata in fase di output.

- Ampliamento struttura esistente

In taluni casi il progetto prevede l'ampliamento della struttura originale o una variazione significativa della stessa, ed anche in questo caso la gestione dell'introduzione delle proprietà dei

materiali di elementi nuovi (proprietà caratteristiche) e dei materiali esistenti (proprietà medie) con i relativi valori di resistenza di progetto nelle verifiche da effettuare non è generalmente facilmente gestibile all'interno di un unico modello di calcolo mediante l'adozione di un software.

Strutture in muratura

Nell'analizzare le criticità derivanti dalla modellazione di strutture esistenti in muratura è necessario, in primo luogo, ricordare che le NTC08 prescrivono che la capacità sismica di tali edifici venga valutata sia in relazione al comportamento delle pareti fuori dal piano sia in relazione al comportamento globale dell'edificio, che interessa prevalentemente le pareti nel proprio piano.

Comportamento locale

Nel caso di edifici esistenti, caratterizzati dalla mancanza o da una scarsa connessione delle pareti murarie con gli impalcati viene richiesto di effettuare l'analisi dei meccanismi locali che avvengono prevalentemente per azioni fuori dal loro piano. Per tali valutazioni è possibile far ricorso all'analisi limite dell'equilibrio dei corpi rigidi, così come consigliato dalla Circolare 617 del 2009. Nel caso in cui l'edificio sia dotato di efficaci connessioni tra gli impalcati e le pareti murarie, è possibile valutare la vulnerabilità sismica della struttura fuori dal piano effettuando solo le verifiche di resistenza a pressoflessione applicando un sistema di forze ortogonali al piano della parete (indicato al par. 7.8.1.5.2 delle NTC08) diverso da quello adottato per valutare il comportamento globale della struttura.

Nel caso in cui si debba valutare la capacità sismica della struttura connessa all'instaurarsi dei meccanismi locali è necessario considerare tutti i cinematismi che si possono attivare ipotizzando la formazione di cerniere in diversi punti della parete muraria e considerando i vincoli esistenti, dati dalla presenza di catene, cordoli, grado di ammorsamento con le pareti murarie ortogonali. È quindi indispensabile che il progettista effettui tali valutazioni scegliendo in modo consapevole i cinematismi da considerare, attivabili con maggiore probabilità.

Esistono attualmente diversi programmi che valutano la capacità sismica della struttura in relazione ai meccanismi di piano; ma non tutti quelli che analizzano il comportamento globale della struttura effettuano anche l'analisi dei meccanismi fuori piano, corrispondendo il comportamento globale e quello dei meccanismi a due modelli completamente diversi. Spesso, accade che i programmi che valutano entrambi i comportamenti forniscono solo i risultati in termini di Peak Ground Acceleration, PGA, ma nessuna informazione su quali siano i meccanismi adottati per valutare tale PGA, quale sia tra di essi quello più vulnerabile e in che modo venga considerata l'azione del tirante o come venga dimensionato il sistema tirante capo-chiave.

Inoltre, in relazione alla progettazione dell'intervento di miglioramento, spesso è possibile adottare come sistemi di rinforzo solo l'inserimento di catene metalliche o di cordoli in c.a.; pertanto nel caso in cui si prevedano interventi diversi dai suddetti (cerchiature metalliche o con nastri in FRP oppure incatenamenti diffusi in corrispondenza degli implacati ai vari piani) non sempre se ne riesce a tenere conto in maniera efficace. L'unica possibilità è considerare catene di dimensioni tali da restituire un "tiro" equivalente. Sarebbe più opportuno invece poter inserire direttamente nei programmi le forze che si oppongono ai meccanismi ("tiri") o i vincoli stessi. Esistono però anche altri tipi di programmi, generalmente costituiti da tante schede, ognuna corrispondente all'attivazione di un possibile meccanismo. In questo caso il progettista riesce a gestire più facilmente il processo di valutazione della capacità sismica associata ai meccanismi fuori piano, considerando gli effettivi meccanismi che si possono attivare sia nella configurazione *ante operam* che *post operam*.

Comportamento globale

Mentre le procedure di calcolo relative alla valutazione del comportamento fuori piano degli edifici in muratura sono piuttosto semplici quelle relative alla valutazione del comportamento sismico globale sono complesse e richiedono necessariamente l'utilizzo di specifici software.

Allo stato attuale i programmi di calcolo analizzano il comportamento globale dell'edificio adottando solo raramente una modellazione molto discretizzata con elementi finiti bidimensionali e molto più spesso una modellazione "semplificata" a macroelementi. In quest'ultimo caso la maggior parte dei software considera macroelementi costituiti da elementi asta schematizzando le pareti murarie a telaio equivalente, così come consigliato dalle NTC08. I programmi più diffusi permettono di condurre analisi statiche non lineari, mentre solo alcuni consentono di svolgere analisi lineari (statiche o dinamiche). La predilezione dell'analisi non lineare è data sia dal fatto che con le analisi lineari si ottengono generalmente valori piuttosto bassi della capacità sismica dell'edificio, sia dal fatto che la stessa norma (al C7.8.1.5.1) individua nell'analisi non lineare la più rappresentativa del comportamento degli edifici in muratura, consentendo di svolgerla, a differenza delle altre tipologie strutturali, anche quando si ha una massa partecipante del primo modo inferiore al 75% ed un livello di conoscenza limitato (LC1).

Di seguito si presenta una disamina di alcune tra le principali problematiche riscontrate in relazione alla modellazione di interventi di miglioramento volti a migliorare il comportamento sismico nel piano edifici in muratura.

- Intonaco armato e/o iniezione di miscele leganti

Nella maggior parte degli edifici in cui le pareti murarie non sono in grado di assorbire le azioni sismiche di progetto viene previsto sulle pareti murarie il placcaggio con intonaco armato e/o l'iniezione di miscele leganti. Per entrambe gli interventi la Circolare 617 del 2009 fornisce coefficienti correttivi da applicare sia ai parametri di resistenza che ai moduli elastici in funzione della tipologia muraria. Nel caso in cui vengano realizzati entrambi gli interventi i programmi tengono conto di entrambi i coefficienti incrementativi; questo anche perché la norma non fornisce nessuna indicazione nel caso in cui tali interventi vengano previsti simultaneamente. Sembra, però, che adottare entrambi i coefficienti possa portare a sovrastimare le capacità meccaniche della muratura rinforzata. Infatti, la realizzazione dell'intonaco armato richiede necessariamente, per il collegamento delle due fodere, la realizzazione di perforazioni armate ed iniettate, disposte ad un passo non troppo elevato. Pertanto l'esecuzione dell'intonaco armato comporta, nella sostanza, anche la realizzazione di iniezioni di miscele leganti nella muratura, quanto meno parziali, ciò soprattutto nel caso di murature caotiche.

In relazione al solo intervento di intonaco armato spesso accade che esso venga realizzato su tipologie murarie "moderne", come ad esempio murature in blocchi di cls forati o pieni (molto frequenti ad esempio nel territorio aquilano), per le quali non viene previsto dalla Circolare 617 nessun coefficiente a seguito di tale intervento. Spesso i programmi e i progettisti per tenere conto in qualche modo di tale intervento considerano un fattore incrementativo pari ad 1.5 o 1.2, non supportato né da studi sperimentali né dalle indicazioni di norma.

Accade poi in relazione a tale intervento che, nonostante le indicazioni della norma, alcuni programmi tengano conto del placcaggio effettuato con l'intonaco armato effettuando le verifiche sulla muratura rinforzata come se fosse una muratura armata, attribuendole quindi una capacità di resistere a trazione e a taglio di cui essa generalmente non dispone. Infatti raramente l'armatura viene disposta all'interno delle pareti in cls in linea con le prescrizioni delle NTC08 per le murature armate. In questo modo si ha che nel modello non si riesce a descrivere l'effettivo comportamento della muratura a seguito del rinforzo, e che, se non sono previsti opportuni accorgimenti nella realizzazione dell'intonaco armato, la capacità sismica dell'edificio a seguito dell'intervento venga notevolmente sovrastimata.

- Sistemi in FRP

Un altro intervento molto adottato è il placcaggio delle murature con reti in FRP in cui la matrice è costituita da malta. Per tale tipo di intervento, innovativo rispetto a quello di intonaco armato, la

circolare non fornisce nessun coefficiente incrementativo nei riguardi dei parametri meccanici della muratura. La maggior parte dei programmi tiene conto di tale intervento come se fosse intonaco armato, e quindi alcuni adottano gli stessi coefficienti incrementativi dell'intonaco armato e altri schematizzano la muratura rinforzata con reti in FRP come una muratura armata. In entrambi i casi il comportamento della muratura rinforzata non viene modellato in modo corretto. Pertanto è necessario che il progettista definisca in modo autonomo le caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata assumendo un incremento dei soli parametri di resistenza in relazione ai valori ricavati dagli studi sperimentali condotti su tipologie murarie simili a quelle sulle quali si interviene.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il software è ormai diventato uno strumento indispensabile nella progettazione strutturale. E' necessario, tuttavia, evidenziare che il corretto utilizzo di tale strumento è legato a molteplici fattori: versatilità del software, chiarezza delle procedure di calcolo adottate dal software e semplicità di utilizzo dello stesso, conoscenza approfondita del software da parte del progettista.

Tra le maggiori insidie nell'utilizzo del software vi è la possibilità di interpretare lo stesso come uno strumento di progetto e non di verifica, confinando, così, il progettista al ruolo passivo di mero inseritore di parametri nel programma. Una corretta interpretazione dell'utilizzo del software di calcolo non può prescindere, invece, dalla centralità del ruolo del progettista che è e rimane, indipendentemente dal tipo di software utilizzato, il solo responsabile ed autore di tutte le scelte progettuali; a lui spetta il compito delle stesse e la loro corretta traduzione nel modello strutturale, compatibilmente con le potenzialità e gli strumenti offerti dal tipo di software di cui dispone.

Gli avanzamenti scientifici e tecnologici offrono oggi una vasta gamma di soluzioni sia in termini di tipologie di analisi che di tecniche di intervento; la corretta implementazione delle stesse in codici di calcolo deve essere il frutto di un processo di confronto e approfondimento tra comunità scientifica, mondo professionale, imprese di costruzioni e produttori di software. Soltanto un continuo e critico confronto tra tali attori del settore edilizio può indirizzare la ricerca verso la meta, da tutti ambita, della mitigazione del rischio sismico.