

Da sempre il progettista utilizza prototipi fisici durante le fasi di sviluppo progettuale per testare e verificare le prestazioni finali del prodotto e la loro congruenza con le specifiche richieste. Talvolta è sufficiente

analizzare le performance di specifici mock-up per ottenere una validazione del progetto, altre volte si è costretti a realizzare un prototipo fisico completo del prodotto.

I risultati che si ottengono da tali indagini confortano le scelte progettuali oppure suggeriscono modifiche del progetto e, conseguentemente, portano verso nuovi test.

Quando i problemi da risolvere sono molti e complicati, l'iter di validazione e modifica può portare ripercussioni non trascurabili sull'intero ciclo di sviluppo prodotto. Infatti, il costo di questo processo iterativo è rilevante, sia a causa delle risorse, in uomini e mezzi, impegnate per il tempo necessario alla realizzazione delle modifiche richieste, sia per gli ulteriori test da eseguire.

L'evoluzione di strumenti numerici di supporto alla progettazione sempre più affidabili permette oggi di limitare la realizzazione di test fisici e di ridurre di fatto i costi di validazione del progetto. Ciò è conseguenza dell'uso estensivo dei sistemi CAE all'interno del processo progettuale, dettato anche dalla loro affidabilità e dalla raggiunta capacità di rappresentare correttamente il fenomeno fisico studiato.

Il loro uso consente di validare le scelte progettuali e ottimizzare il prodotto attraverso indagini previsionali che rendono inutili molti test fisici.

Però, per ottenere dei concreti vantaggi dagli strumenti di calcolo numerico, il loro utilizzo deve essere previsto fin dalle prime fasi di definizione dell'architettura e della geometria del prodotto e non nelle fasi finali come è comunemente in uso

UNA PRATICA IN EVOLUZIONE

Roberto Viganò

fare per i test fisici. Solo in questo modo, infatti, si evitano i costi derivanti da una modifica, anche solo di affinamento, richiesta al termine del processo, quando la maggior parte del lavoro progettuale è stato svolto e l'informazione relativa al prodotto è ormai definita nei dettagli.

L'adozione dell'analisi numerica di verifica e validazione fin dalle prime fasi del processo progettuale è la naturale conseguenza dell'introduzione degli strumenti informatici nella pratica industriale.

È sempre più evidente, infatti, che la flessibilità nell'uso dello strumento informatico rispetto ad altri strumenti offre opportunità nuove al progettista che possono essere colte al fine di migliorare l'iter di sviluppo del progetto. L'uso di tali strumenti spinge, anche, verso l'accorpamento di pratiche progettuali fino a ieri separate conducendo all'aggregazione delle competenze aziendali con benefici organizzativi e gestionali non trascurabili.

Organizzarsi per tempo

Anche se da un punto di vista ingegneristico si può concordare con quanto detto sopra, non mancano incertezze sulla reale possibilità di implementare tale pratica all'interno del ciclo progettuale.

I principali dubbi nascono nel considerare il tempo totale richiesto per svolgere un'analisi numerica rispetto ad altre pratiche, più euristiche, ma da sempre ritenute adatte a fornire le risposte ai quesiti a cui si deve rispondere durante le prime fasi del progetto.

Il lasso di tempo richiesto dal calcolo numerico è la somma del tempo necessario alla preparazione del modello numerico e del tempo di calcolo vero e proprio, a cui deve essere sommato anche il tempo dedicato all'analisi dei risultati.

Chi possiede anche un minimo di esperienza nel calcolo numerico si renderà subito conto che il collo di bottiglia del processo è insito nelle fasi di

preparazione del modello numerico e di analisi dei dati.

Infatti, la fase di calcolo dipende dalle performance del calcolatore e non richiede la presenza dell'operatore.

Presenza richiesta, invece, negli altri passi dell'analisi.

Introdurre il calcolo numerico nelle prime fasi del processo progettuale comporta una più stretta interconnessione tra gli attori che presidiano questo processo, quindi al progettista e al disegnatore si deve affiancare un esperto di analisi numerica.

La stessa connessione è necessaria tra gli strumenti CAD e CAE, così che, quando l'analista identifica zone di criticità o di miglioramento del disegno, le modifiche possano essere immediatamente implementate nel modello geometrico e verificate mediante una successiva analisi.

Anche da questo punto di vista, l'interazione tra le competenze e la ricerca della perfezione possono richiedere risorse temporali importanti

che talvolta non sono compatibili con le tempistiche di consegna del progetto.

La strada più opportuna da seguire dipende dal tipo di progetto e dalla capacità dell'azienda di sapere organizzare al meglio il lavoro, in ogni caso essa risulta spesso il migliore compromesso tra le esigenze ingegneristiche e quelle economiche.

Strumenti

L'offerta commerciale di strumenti informatici idonei a supportare il processo progettuale per quanto riguarda il calcolo numerico è sempre più ampia e si è evoluta in direzioni distinte, condizionata dagli aspetti economici e di mercato, ma anche dalle reali esigenze progettuali.

Da un lato la diffusione sempre maggiore di moduli di calcolo embedded nei sistemi di modellazione CAD fornisce una soluzione al problema che sembra, per certe esigenze, la più semplice. Introdurre un sistema CAE come modulo integrato di un sistema CAD offre l'indubbio vantaggio di potere operare nel medesimo ambiente grafico, con una veloce interazione tra modifica del modello geometrico e analisi numerica. Organizzativamente, per l'azienda, tale scelta può anche consentire l'impiego di

un disegnatore progettista nel ruolo di analista o viceversa.

Per quanto la cosa appaia di dubbio gusto per i puristi del calcolo numerico e non solo, il problema non è unicamente quello delle risorse impegnate e dei ruoli. Infatti, i sistemi CAE embedded offrono funzionalità limitate rispetto ai sistemi di calcolo stand alone e consentono di soddisfare adeguatamente esigenze progettuali di alcuni ambiti industriali, ma, come spesso accade in situazioni lavorative analoghe, sono improponibili in altri.

Per questo motivo si usa considerare l'apporto di tali strumenti alla pratica progettuale come qualcosa di utile e valido dal punto di vista qualitativo, molto meno da quello quantitativo.

Eppure, pur limitandoci alle indicazioni qualitative ottenibili, questi strumenti sono ritenuti utili nell'indirizzare l'opera del progettista e, pertanto, ampiamente adottati nella fase di primo dimensionamento, quando il modello geometrico non è ancora completamente definito e la sua ottimizzazione è ancora lontana nel tempo. Ciò che, invece, conta per ottenere un risultato quantitativamente accettabile è la possibilità di governare l'analisi in ogni suo aspetto, cosa possibile solo con i sistemi stand alone.

Ovvero, potere scegliere la tipologia di elemento finito più adatta all'analisi che si intende svolgere, le dimensioni della mesh, la tipologia di vincolo e di carico applicato sui singoli nodi, il comportamento meccanico del materiale del componente sotto indagine.

Per essere in grado di gestire queste variabili è necessario adottare un sistema di calcolo numerico stand alone, perché nei sistemi embedded alcune delle funzionalità necessarie allo scopo non sono disponibili. Per esempio, limitandoci alla scelta del tipo di elemento finito, i sistemi embedded, per facilitare l'operazione di suddivisione del modello

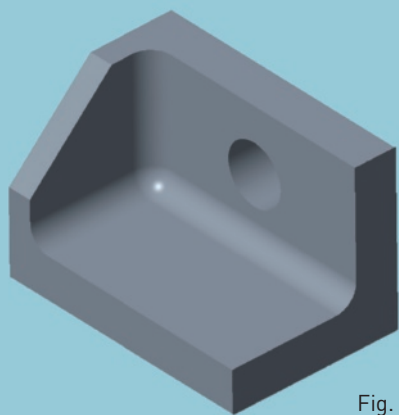
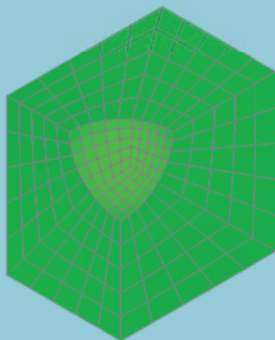
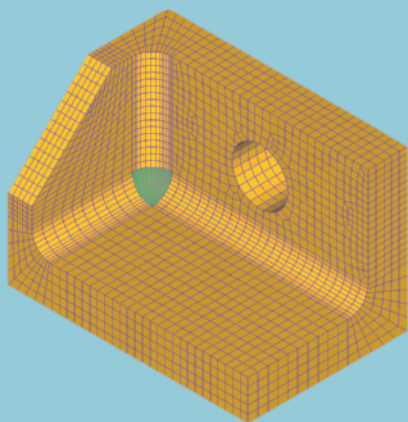
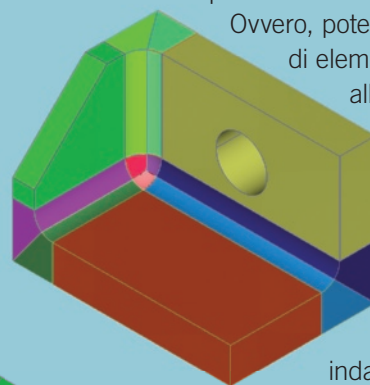


Fig. 1 - Sequenza di suddivisione del modello geometrico per la realizzazione di una mesh esaedrica.



geometrico, predispongono moduli di generazione automatica della mesh, che limita, per ragioni geometriche, la disponibilità degli elementi finiti utilizzabili ai soli elementi tetraedrici o triangolari.

La necessità di suddividere la geometria mediante elementi esaedrici, rende indispensabile disporre di un sistema che consenta la preparazione del modello di analisi secondo le esigenze e i criteri voluti (Fig. 1).

Pre e post processor

La seconda direzione di sviluppo dei sistemi CAE prima citata volge quindi verso l'adozione, anche nelle prime fasi dello sviluppo del progetto, di sistemi di calcolo numerico stand alone.

Se nel caso dei sistemi CAE integrati con i sistemi CAD il problema del tempo dedicato all'analisi numerica è risolto automatizzando il più possibile la procedura di creazione del modello di analisi; l'utilizzo dei sistemi stand alone pone il problema in tutta la sua sostanza.

Considerando significativamente non modificabile il tempo dedicato all'analisi numerica vera e propria, ovvero la parte di calcolo svolta dalla macchina senza intervento umano, non resta che cercare di ridurre il tempo dedicato alla fase di preparazione del modello.

Ovviamente, il tempo dedicato all'analisi dei risultati, dipendendo prevalentemente dall'uomo, è difficilmente riducibile, anche se alcune funzionalità legate all'output grafico dei dati ne consentono una riduzione.

Ridurre il tempo richiesto dalle operazioni di pre e post-processing del calcolo significa per il progettista essere in grado di svolgere un maggior numero di indagini e disporre di più tempo per l'ottimizzazione del progetto fin dalle prime fasi del processo progettuale.

Per questo le case di sviluppo software stanno dando particolare rilievo ai moduli dedicati alle fasi di preparazione dell'analisi e di output dei dati.

Questi moduli sono finalizzati alla generazione del file di input dell'analisi numerica e alla elaborazione grafica e

alfanumerica dei risultati.

Per tale motivo essi sono per la maggior parte legati al solutore FEM a cui fanno riferimento.

Dalla loro prima apparizione sul mercato, verso la metà degli anni ottanta, si sono evoluti, integrando funzionalità sempre più ampie, sia per la parte pre-processing che per la parte post.

Un buon sistema di pre e post-processing è in grado di acquisire la geometria proveniente dal sistema CAD, sia nei formati neutri IGES e STEP, sia leggendo direttamente il formato dati proprietario del modellatore geometrico. Questi moduli sono comunque dotati di un proprio sistema di modellazione geometrica, con dei limiti rispetto ai sistemi CAD, ma che consente la manipolazione e la preparazione della geometria per la mesh.

In grado cioè, non solo di creare una forma geometrica, ma di suddividerla in parti o di unirla a formare blocchi di volume in grado di essere suddivisi a loro volta in funzione del modello di elemento finito scelto per l'analisi.

Tra le funzioni che oggi si trovano in questi sistemi vale la pena di citare quella che permette la semplificazione, o de-featuring, della geometria e quella che consente di estrarre la superficie media di un modello di spessore costante.

Le funzionalità di gestione della suddivisione della geometria presenti nei pre-processor permettono la creazione di mesh regolari secondo le esigenze dell'analisi, ma, nei casi estremi, dove gli elementi generati risultino distorti, è normalmente possibile intervenire manualmente editando direttamente la posizione dei nodi.

Accanto alle funzioni legate alla definizione della suddivisione della geometria, sono disponibili una serie di comandi in grado di definire a piacimento carichi e vincoli, siano essi associati alle entità geometriche del modello o ai nodi specifici della mesh, e di ottimizzare il file di input dell'analisi, rinumerando nodi ed elementi, nonché rimodulando l'ampiezza della banda della matrice di calcolo.

Si tratta in sostanza di sistemi che garantiscono, sia una manipolazione diretta delle informazioni del modello da parte dell'utente, sia la disponibilità di tutte le funzioni in grado di automatizzare, ove possibile, il processo di creazione del modello di analisi. Questa automatizzazione può essere anche personalizzata mediante la programmazione di macro, che sono utilissime nei processi ripetitivi di calcolo.

Sempre più esempi industriali, come quello riassunto accanto a queste note, ci raccontano dei vantaggi dell'uso di sistemi di calcolo a supporto della progettazione.

Nel prossimo futuro, il loro utilizzo fin dalle prime fasi del processo costituirà non solo un'opportunità, ma anche un'esigenza.

Infatti, l'evoluzione in atto nei materiali e nella tecnologia, con l'introduzione dei nano-materiali, l'uso sempre più massiccio dei compositi nei prodotti e l'avvento dell'additive manufacturing, richiedono approcci differenti al problema progettuale e nuovi modelli di calcolo.

Già oggi sono presenti sul mercato strumenti che integrano modelli di calcolo in grado di offrire un valido supporto in campi dove il processo progettuale canonico faceva fatica ad addentrarsi, come i sistemi di ottimizzazione topologica, o che permettono di indagare stati di cimento del prodotto generati da fenomeni fisici diversi.

L'evoluzione dei sistemi di calcolo numerico a supporto del progettista fornirà, quindi, sempre più strumenti utili e adatti alle specifiche esigenze. Se il loro utilizzo nelle prime fasi del processo progettuale, piuttosto che nella sola fase di verifica, è ostacolato dall'idea di non potere dedicare tempo e denaro a tale pratica, sarebbe opportuno considerare i benefici che i sistemi di pre e post-processing adeguati possono apportare e, per così dire, rifare i calcoli.