

volta nota l'entità delle forze che caricano i rivetti e i fori si può procedere alla verifica di questi particolari sfruttando i metodi classici; nessun problema per i rivetti, di cui è sufficiente conoscere il carico ammissibile, mentre per i fori è necessario armarsi di carta, penna e calcolatrice per determinare le tre sollecitazioni che determinano i tre modi di rottura di un lug.

#### ***18.1.4 Il principio della minima massa indispensabile***

In trent'anni di esperienza nell'ambito della simulazione di assiemi meccanici anche complessi mi è capitato di lavorare per e con Aziende in diversi settori merceologici (aerospazio, ferroviario, impiantistico, motorsport) e in molti di questi la riduzione delle masse in gioco, compatibilmente con i requisiti di resistenza strutturale e di rigidità, era, o è diventata nel corso del tempo, un fattore determinante alla base di ogni nuovo progetto. E forse è quasi inutile spiegare il perché: più un aereo, o un vettore spaziale, è leggero e maggiore sarà il cosiddetto payload, ossia il carico pagante (passenger nel caso di velivoli commerciali, armamenti nel caso di aerei militari, materiale da mettere in orbita nel caso di vettori spaziali) a parità di altre condizioni; per un veicolo da competizione, invece, il discorso non è così diretto: ridurre la massa al minimo indispensabile scendendo sotto il limite previsto dai regolamenti consente di posizionare le zavorre (atte a rendere il veicolo nuovamente "legale") nelle posizioni più adatte per un miglior bilanciamento complessivo e di abbassare il baricentro del veicolo stesso.

Inoltre, nei settori più attenti all'innovazione, la manifattura additiva (più nota come "stampa 3D") si sta diffondendo rapidamente: questa tecnologia consente di mettere il materiale dove serve, consentendo di ottenere forme impensabili con una classica lavorazione CNC e contribuendo in tal modo al raggiungimento della minima massa indispensabile.

In altri ambiti, invece, la riduzione di massa non sembra essere un'esigenza sentita dagli uffici tecnici perché "tanto i nostri macchinari non si muovono e poi abbiamo sempre fatto così". E se questo è in parte vero, ossia la progettazione eseguita senza una particolare attenzione alle masse in gioco non pregiudica né il funzionamento né la qualità del prodotto, è anche vero che oggi qualunque cosa deve essere concepita con un occhio molto attento all'aspetto ecologico. Un chilo di acciaio in più, che non sia strettamente necessario alla sicurezza e alla funzionalità, crea una catena strettamente legata agli aspetti energetici e quindi, in definitiva, ha un impatto sull'ambiente: maggior energia richiesta all'estrazione delle materie prime (ferro, elementi alleghanti), maggior energia necessaria a far funzionare l'altoforno per la produzione dell'acciaio, maggior energia per il trasporto del materiale verso la sede della sua trasformazione, maggior energia richiesta per la movimentazione delle parti durante la lavorazione e l'assemblaggio, maggior energia richiesta per il trasporto del prodotto finito al luogo di destinazione e, infine, maggior energia per il suo smaltimento a vita finita.

Ecco allora che la simulazione del comportamento strutturale di parti o assiemi che fino a ora sono stati dimensionati a "occhio" e solitamente, per stare in favore di sicurezza, con un occhio generoso, deve oggi essere impiegata per ridurre la massa, e di

conseguenza l'impatto ambientale, al minimo indispensabile anche in quei settori dove questa pratica non sembra a prima vista essere determinante per il prodotto stesso.

### **18.1.5 Conclusioni**

Da quando sono apparsi sul mercato i primi codici di calcolo commerciali è passata tanta acqua sotto i ponti e tanti sono stati gli sviluppi, certamente nemmeno immaginabili a quei tempi.

Oggi invece possiamo gestire modelli di calcolo da milioni di gradi di libertà con investimenti non eccessivi e anzi, tutto sommato, limitati rispetto alle potenzialità messe a disposizione dall'abbinamento di hardware e software opportuni.

La simulazione della realtà (a ben guardare non così distante dalla Realtà Virtuale) è molto allettante e consente la scrematura di svariate soluzioni prima di approdare all'affinamento che solo i prototipi reali possono assicurare. Tuttavia il risparmio in termini di tempo e di soldi c'è.

L'attuale panorama CAE è in continua evoluzione e spesso diventa difficile scegliere lo strumento adatto alle proprie esigenze, anche perché in alcuni casi esiste una sovrapposizione di "competenze" dei software che fino a qualche anno fa era meno marcata.

Nei prossimi paragrafi cercheremo di offrire alcune indicazioni su quanto il mercato offre allo stato attuale per le varie discipline del calcolo automatico delle strutture. Faremo questo senza indicare nomi di codici o di software house ma semplicemente cercando di dare una classificazione per tipologia.

## **18.2 I metodi FE classici**

Ne esistono di tutte le qualità. I codici più rinomati oggi sono tre o al massimo quattro. Tutti sulla carta sono in grado di fare tutto, dal classico calcolo lineare elastico alla non linearità dinamica transitoria più spinta. Poi però quando si va a guardare nel dettaglio si scopre che le cose non stanno proprio così e ci si rende conto che magari un codice è stato sviluppato più a fondo per i calcoli non lineari mentre un altro magari presenta maggiori vantaggi per le analisi dei materiali compositi.

In caso di acquisto allora diventa difficile scegliere un codice, perché si ha il timore di non poter fare adeguatamente un domani una determinata analisi a causa della scelta effettuata oggi. Pochi possono permettersi l'acquisto di più di un software di calcolo e allora diviene indispensabile, anche se difficile, scegliere il miglior compromesso.

È necessario poi citare anche i codici meno blasonati, ma forse per questo più economici; spesso la scelta di uno di questi software consente di risparmiare parecchio denaro, imparare la "filosofia" della simulazione e stabilire solo in seguito quale codice "serio" meglio si adatti alle proprie esigenze.

Infine non vanno dimenticati i codici freeware, scaricabili dalla rete e utilizzabili, generalmente, in campo elastico-lineare.