

Il modello a elementi continuum shell, come accennato, è stato costruito estrudendo gli elementi del modello shell: il carico è stato applicato nel medesimo modo e il layup è stato adattato alla tipologia di elemento, convertendo gli spessori effettivi dei teli in percentuali dello spessore totale, come richiesto.

I risultati ottenuti sono contenuti nella figura 8.42.

In termini di spostamento le differenze rispetto al modello a shell sono minime (circa il 3%), mentre le differenze in termini di Failure Index sono sostanziali: 35%.

Questo modello avrebbe predetto l'inizio della rottura al 68% del carico ( $1/1.47 = 0.68$ ), un valore che mai avrebbe portato alla decisione di rischiare il test e che avrebbe invece suggerito di rinforzare la struttura.

Più avanti nel Capitolo vedremo un altro esempio, sempre tratto dal mondo della Formula Uno, dove ancora una volta un modello shell ha condotto a conclusioni errate: in quel caso un modello a elementi continuum shell non avrebbe prodotto risultati migliori e si è quindi adottata una soluzione di modellazione più estrema, come illustreremo.

## 8.9 I metodi "zone based" e "ply based"

### 8.9.1 Introduzione

Negli esempi precedenti a quello del RollHoop abbiamo sempre dovuto gestire un laminato unico, ossia uguale in ogni parte delle varie barrette. Invece, come si può vedere dalle figure 8.38 e 8.39, nel modello del RollHoop abbiamo tre diverse zone con proprietà diverse tra loro e per gestire queste differenze ci sono due metodi: "zone based" e "ply based". Vediamo di cosa si tratta.

### 8.9.2 Metodo zone based

Come il nome stesso suggerisce, questo metodo si basa sulle zone, ossia ogni zona avrà una sua proprietà ben specifica per descrivere il laminato: tipo di telo, materiale, spessore e orientazione. Fino a qualche tempo fa questo era il solo metodo per gestire una struttura realizzata in composito; appare tuttavia chiaro che, qualora le zone siano numerose, la gestione delle diverse proprietà può diventare difficile e fonte di errori; e può succedere di arrivare a molte decine di aree, se pensiamo che ogni aggiunta locale di teli di rinforzo altera la zona a cui si riferisce, creando la necessità di generare una nuova proprietà (se poi il telo di rinforzo viene applicato a cavallo di due o più proprietà esistenti le cose si complicano ulteriormente). È proprio la fase di modifica di un laminato "zone based" già generato in precedenza a creare le difficoltà maggiori; si prenda ad esempio il RollHoop: se vogliamo aggiungere un telo generale, ossia che ricopra tutta la struttura, dovremo modificare le tre proprietà, facendo attenzione a inserirlo nella posizione corretta, che non sarà la stessa per tutte le zone, visto che ogni zona ha un numero di teli differente e magari con già altri teli di rinforzo locali. Con tre proprietà la questione è ancora gestibile, ma se immaginiamo di dover operare sul

telaio della figura 1.34, dove ogni colore indica una zona diversa, ci rendiamo conto della difficoltà.

### **8.9.3 Metodo ply based**

Ecco allora che gli sviluppatori di pre-processor hanno reso disponibile il metodo ply based, con cui il laminato nel modello viene creato esattamente come se lo si costruisse fisicamente, ossia stendendo il telo sull'area a cui compete; questo viene fatto creando dei set di elementi che costituiranno il telo e assegnando a esso le proprietà (materiale, spessore, orientazione) che appartengono al telo stesso. Succederà quindi che un elemento in particolare potrà essere parte di set diversi, perché quell'elemento potrà "appartenere" a più teli. In questo modo l'eliminazione o l'introduzione di teli (generalmente o locali non fa differenza) non costringe lo strutturista alla modifica delle singole proprietà. Forse è utile sottolineare il fatto che i codici di calcolo hanno comunque bisogno di avere come input le proprietà come se fossero create con il metodo "zone based": sarà il preprocessore che, partendo dalle informazioni "ply based", ricostruirà a seguito di ogni modifica del laminato le proprietà in maniera opportuna, e in modo totalmente trasparente all'utente, quando genererà il file di input.

### **8.9.4 Zone based vs ply based**

Va da sé che ogni medaglia ha il suo rovescio: se il metodo ply based riduce i tempi di preparazione e di modifica del modello e quasi azzerava gli errori, è anche vero che, nel momento in cui il modello creato con questo sistema dovesse essere esportato verso un codice di calcolo diverso (ad esempio per essere passato al cliente finale o a un fornitore) attraverso il suo file di input, ci rendiamo conto che si importerebbero le proprietà come se si fosse usato il metodo "zone based", di fatto ricreandone tutte le difficoltà. La traduzione diventa quindi quantomeno spinosa e occorre prestare attenzione nel cercare di ricostruire il sistema "ply based", sfruttando la definizione del laminato originale (generalmente esportabile in formato ASCII) e dei set impiegati per costruire il laminato nel modello originale. Concludendo, per esperienza di chi scrive il metodo "ply based" è di gran lunga la scelta migliore, soprattutto quando si sta dimensionando la struttura e, non sapendo quale sarà l'aspetto finale del layup, le modifiche da fare sono numerose.

## **8.10 Ancora sugli elementi 3D**

Come accennato in precedenza, in questo paragrafo vediamo un altro caso in cui il modello a shell ha prodotto risultati errati che hanno portato, come nel caso del RollHoop, alla rottura del componente durante le prove di omologazione al banco.

La parte di cui parliamo è il cosiddetto Upper Wishbone della sospensione posteriore di una vettura di Formula Uno, di cui nella figura 8.43 si riporta la vista parziale di un modello a elementi finiti dei primi anni 2000.