

Capitolo 12

Difetti di congruenza delle deformazioni nel modello semiguscio

È cruciale, ma complicatissimo, capire quando siamo noi a muovere il tavolo o quando questo balla per suo proprio conto.

12.1 Nota introduttiva

Le strutture a guscio rinforzato, dal punto di vista della modellizzazione e della risoluzione approssimata di un problema tridimensionale, sono fondamentalmente basate su tecniche alle forze piuttosto che agli spostamenti. Difatti le incognite del problema sono le sollecitazioni (flussi e forze normali) ricavabili attraverso condizioni di equilibrio interno ed esterno fra le stesse sollecitazioni e le forze applicate. Quando queste non bastano sono introdotte delle equazioni di elasticità variazionalmente consistenti col modello strutturale adottato.

È tipico di ogni formulazione alle forze (con incognite flussi e variazioni di sforzi normali), ed in generale di ogni formulazione assiomatica, introdurre delle incongruenze nel problema. Difatti i correnti si accorciano e si allungano, in maniera diversa l'uno dall'altro. D'altro canto i pannelli si trasformano in parallelogrammi secondo i valori dello scorrimento che dipendono solo dai flussi ad essi applicati. È evidente la possibilità di deformazioni incongruenti. Queste incongruenze, evidenziabili a posteriori, sono in qualche maniera un segnale delle approssimazioni introdotte dal modello semplificato 'approssimato' utilizzato. Nella realtà pannelli e correnti sono ben attaccati l'uno all'altro mediante rivettatura o saldatura: l'incongruenza, come il non equilibrio, sono impossibili in soluzioni reali.

12.2 Un caso elementare ed emblematico

Si consideri ancora una volta la semplice struttura elementare a due correnti ed un pannello nelle ipotesi del guscio rinforzato. E e G siano i moduli di Young e di scorrimento a taglio.

Per effetto del carico T , ipotizzata simmetria geometrica e meccanica, il corrente superiore si accorcia di:

$$\Delta l = \int_0^l \epsilon dz = \int_0^l \frac{\sigma}{E} l = \int_0^l \frac{P(z)}{EA} dz,$$

in cui z è l'asse cartesiano lungo il corrente con origine sulla centina di carico ed A indica l'area della sezione trasversale del corrente. Il carico assiale nel generico punto del corrente vale:

$$P = P_A + \frac{P_B - P_A}{l} z.$$

Essendo $P_A = 0$, $P_{1B} = -Tl/h$, il corrente superiore si accorcia della quantità:

$$\Delta l = \frac{P_{1B} l}{2EA} = -\frac{Tl}{2EAh}.$$

Analogamente il corrente inferiore, essendo $P_{2B} = -Tl/h$, si allunga della quantità:

$$\Delta l = \frac{P_{2B} l}{2EA} = \frac{Tl}{2EAh}.$$

Il pannello, invece diventa un parallelogramma caratterizzato dallo scorrimento angolare

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{q}{Gs} = \frac{T}{Gsh}, \quad (12.1)$$

s è lo spessore del pannello.

Sovrapponendo i tre elementi strutturali si nota che essi presentano dei gravi difetti di incongruenza alla interfaccia pannello-correnti. Questa incongruenza non preoccupa dal punto di vista della modellistica strutturale: contraddizioni sono difatti 'inevitabili' in ogni modellistica di problemi della fisica, compresa quella strutturale.

Il metodo del semiguscio ideale usa le forze come variabili (forze nei correnti P e flussi nei pannelli q). Questa scelta assicura l'equilibrio della soluzione. Circa le deformazioni che insorgono per effetto delle diverse P e q , queste potranno essere incongruenti.

Nella realtà correnti e pannelli sono fra loro chiodati, e le incongruenze sopra evidenziate potrebbero risultare del tutto inaccettabili dal punto di vista del progetto e dell'analisi delle strutture aerospaziali sotto esame. Ha dunque senso pensare di introdurre delle migliorie alla ipotesi del semiguscio per tentare di limitare o eliminare queste incongruenze.

Il problema sopra esposto esula dall'obiettivo di queste note. Risulta tuttavia essenziale 'evidenziare' che il problema esiste e che è possibile affrontarlo al prezzo di

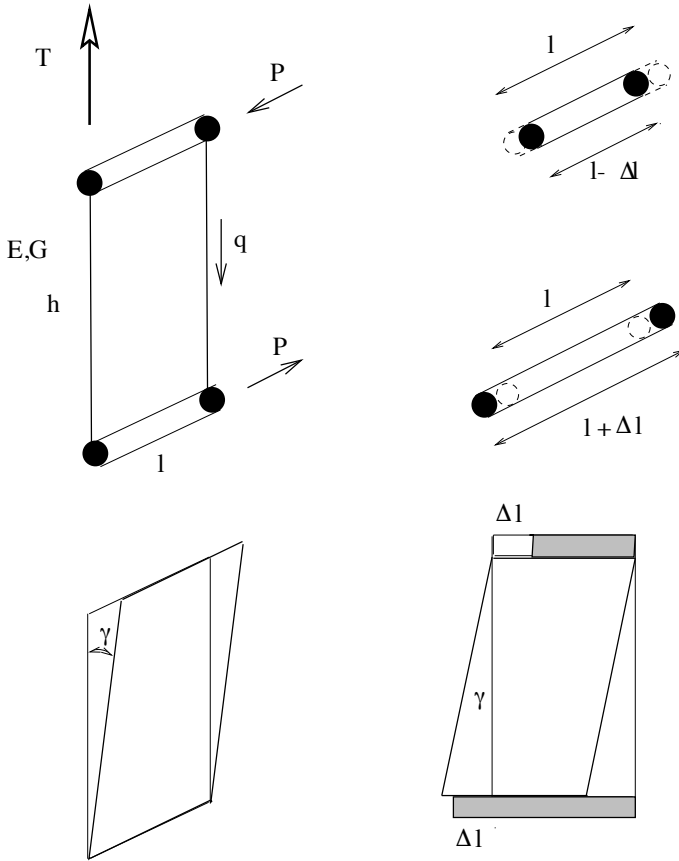


Figura 12.1: *Incongruenza della deformazione nella ipotesi del semiguscio.*

complicare lo schema di calcolo. Nella pratica ingegneristica è forse preferibile evitare tali complicazioni e passare direttamente all'uso di elementi strutturali e formulazione automatiche della meccanica computazionale, quali quelle basate sul metodo degli elementi finiti che implementino travi, piastre e gusci in sostituzione di correnti e pannelli.

Tornando al nostro problema appare chiaro che per poter rimuovere l'incongruenza all'attacco corrente pannello è fondamentale ottenere uno scorrimento che possa variare lungo la lunghezza del pannello. Questo significa, in altre parole, rimuovere l'ipotesi di base fondamentale del modello del semiguscio ideale:

$$\gamma = \text{costante.} \tag{12.2}$$

Occorre cioè pensare ad uno scorrimento e ad un flusso che varino lungo la direzione assiale. Il problema è discusso in un semplice caso al paragrafo seguente.