

## Capitolo 2

# Elementi del semiguscio ideale

*Forse bisognerebbe dubitare di chi, pur mutando spesso opinione, si ostina a sostenere di essere sempre e comunque nella ragione.*

### 2.1 Generalità

La maniera di funzionare tipica delle strutture a semiguscio è la seguente: i carichi, applicati in corrispondenza di elementi che ne permettano la loro corretta applicazione (ad esempio nel piano delle centine e/o delle ordinate, lungo gli assi di elementi longitudinali, quali correnti e solette di longheroni) si trasferiscono nella struttura attraverso una azione di flessione/torsione. Questa azione viene assicurata dalla generazione di forze normali nei correnti, la cui variazione è garantita dalla nascita di flussi di taglio nei pannelli. Tale modo di 'funzionare' delle strutture a semiguscio viene riferito come *propagazione per taglio* o *shear lag*<sup>1</sup>. I carichi concentrati si propagano cioè nella struttura attraverso variazioni di forze nei correnti che sono a loro volta resi possibili dalla presenza dei pannelli, i quali assorbono tali variazioni creando sforzi taglianti nei pannelli stessi. Gli elementi di irrigidimento trasversale risultano essere caricati dalle variazioni di flussi di taglio fra i pannelli che gli stessi irrigidimenti *tagliano* (il flusso è una forza per unità di lunghezza come si vedrà nel paragrafo 8.3).

Quanto sopra coglie l'aspetto fondamentale del modo di funzionare delle strutture leggere, la cui comprensione è condizione necessaria per una buona progettazione delle stesse. Nella maggior parte delle applicazioni si considera il caso particolare in cui le variazioni di forze normali nei correnti sono ipotizzate al più lineari. Questo equivale a considerare pannelli sedi di flussi taglianti costanti. È questa la conseguenza della distribuzione delle tensioni taglianti evidenziate nell'ala monolongherone discussa nel capitolo precedente. Nel presente testo, salvo alcune eccezioni, la semplificazione sopra espressa sarà sempre ritenuta valida.

---

<sup>1</sup>La letteratura assegna al fenomeno dello shear lag un significato specifico, di cui si dirà nei prossimi capitoli.

Il capitolo precedente ha mostrato che lo schema strutturale detto del 'semiguscio ideale' consiste in una tecnica di discretizzazione della struttura. Secondo tale schema,

*le infinite incognite (tensioni, spostamenti, deformazioni ecc. negli infiniti punti del continuo di cui è composta la struttura reale) sono trasformate in un numero discreto di flussi nei pannelli e di incrementi di forze normali nei correnti.*

I paragrafi seguenti analizzano le proprietà fondamentali degli elementi strutturali che costituiscono il semiguscio ideale.

## 2.2 Pannello

Dal punto di vista della modellizzazione strutturale si assume che il pannello sia sollecitato a puro taglio nella direzione degli elementi che bordano il pannello stesso. Nulla è detto circa la sua deformabilità nelle direzioni normali alla direzione della bordatura. Tale deformabilità è in sostanza assunta infinita.

La distribuzione della tensioni taglianti  $\tau$  lungo spessore del pannello, dipende dal tipo di carico applicato alla struttura a cui il pannello appartiene (vedi Figura 2.1). Allo scopo di semplificare la descrizione della distribuzione delle forze di taglio lungo lo spessore, si preferisce introdurre la quantità integrale detta 'flusso' di taglio  $q$ :

$$q = \int_s \tau ds, \quad (2.1)$$

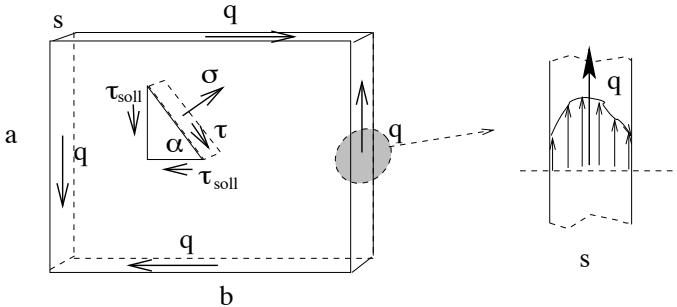


Figura 2.1: *Tensioni di taglio, flussi di taglio e tensioni normali in un pannello.*

Tale flusso è assunto costante nel pannello: noto il solo numero  $q$  ed il suo verso, risulterà noto lo stato di sollecitazione nel pannello.

L'introduzione del flusso di taglio  $q$  permette di schematizzare il 'solido tridimensionale' pannello come una 'superficie'. L'esistenza del flusso  $q$  è condizionata dall'esistenza

di elementi di riquadro del pannello. Senza tali elementi, per ragioni di equilibrio, non si potrebbe creare alcun flusso nel pannello. *Lo schema a semiguscio richiede pertanto che il pannello sia bordato sul suo contorno.* Elementi di bordatura sono in genere i correnti e/o gli elementi di irrigidimento trasversale. Un esempio è rappresentato in Figura 2.2. Il verso dei flussi è individuato da considerazioni di equilibrio fra il

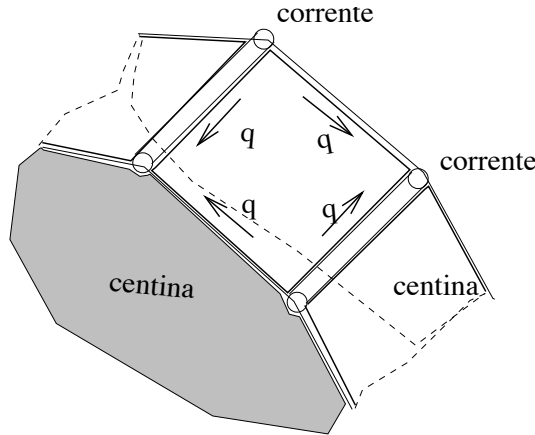


Figura 2.2: Tipica bordatura di un pannello posto fra due centine e due correnti.

flusso  $q$  e le forze normali nei correnti. L'equilibrio ai quattro angoli del pannello è invece definito dal teorema di reciprocità: i flussi concorrono in un angolo o divergono entrambi.

### 2.2.1 Tensioni normali in un pannello

Il pannello risulta essere sede di tensioni normali  $\sigma$  se considerato lungo una direzione diversa da quella parallela agli elementi che lo riquadrano.

Considerando un triangolo rettangolo di ipotenusa  $L$ , caricato da tensioni di taglio sollecitanti  $\tau_b$  sui bordi vincolati alle centine e/o ai correnti, le condizioni di equilibrio alla traslazione nel piano  $xy$  risultano essere:

$$\begin{aligned} \rightarrow x : \quad s\tau_b L \sin \alpha - s\tau L \sin \alpha + s\sigma L \cos \alpha &= 0, \\ \rightarrow y : \quad s\tau_b L \cos \alpha + s\tau L \cos \alpha + s\sigma L \sin \alpha &= 0. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Sulla faccia in corrispondenza dell'ipotenusa del triangolo si è ipotizzato che agiscano una tensione tagliante  $\tau$  (lungo l'ipotenusa stessa) ed una tensione normale  $\sigma$  (normale alla stessa).

Moltiplicando la prima delle equazioni di equilibrio per  $\sin \alpha$  e la seconda per  $\cos \alpha$  si ottiene:

$$\begin{aligned} \tau_b \sin^2 \alpha - \tau \sin^2 \alpha + \sigma \cos \alpha \sin \alpha &= 0, \\ \tau_b \cos^2 \alpha + \tau \cos^2 \alpha + \sigma \sin \alpha \cos \alpha &= 0, \end{aligned} \quad (2.3)$$