

13.7 I materiali elastomerici

13.7.1 Introduzione

I materiali elastomerici (gomme), come detto, possono subire grandi deformazioni e avere un comportamento non lineare anche per bassi carichi applicati; la particolarità consiste nel fatto che si tratta in ogni caso di deformazioni elastiche, ossia alla rimozione delle forze esterne, per quanto grande sia stata la deformazione, il materiale recupera la forma originale (salvo ovviamente che in un qualunque punto si sia raggiunto il limite di rottura).

Un'altra particolarità è che risultano incompressibili, ossia hanno un coefficiente di Poisson ν molto prossimo a 0.5: infatti, definito il modulo di comprimibilità come

$$\beta = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)},$$

si vede che ponendo $\nu = 0.5$ si ottiene un valore infinito, mentre per un acciaio, ad esempio, si ha $\beta = 171700$ MPa (essendo $E = 206000$ MPa e $\nu = 0.3$).

Questa particolarità crea anche un altro problema nel legame sforzi-deformazioni (si vedano le equazioni A.2 dell'Appendice A), dove per qualunque valore delle deformazioni si avrebbero sollecitazioni infinite.

I materiali elastomerici, o iperelastici, hanno quindi bisogno di leggi costitutive particolari, sulle quali non spenderemo nemmeno una parola. Qui ci basti dire che i codici di calcolo in grado di gestire i materiali elastomerici devono anche avere delle librerie di elementi iperelastici.

Chiaramente i modelli numerici per gestire il comportamento di tali materiali sono abbastanza complessi e ne esistono di diverso tipo, ognuno dei quali può adattarsi più o meno bene all'effettivo comportamento della gomma con cui è realizzato il componente con cui si ha a che fare. I dati in letteratura sono pochi, anche perché se i materiali metallici disponibili in commercio già sono parecchi, per quelli polimerici o per le gomme si parla di una vera e propria immensità; ne consegue che, se dobbiamo realizzare e analizzare un modello che comprende parti realizzate con materiali iperelastici, occorre avere a disposizione anche i dati che caratterizzano questi materiali e da questi cercare di capire quale, tra i vari modelli di comportamento disponibili (Mooney-Rivlin, Ogden, Marlow, Arruda-Boyce, etc.), meglio ne rappresenti il comportamento. Fortunatamente alcuni codici di calcolo dispongono di appositi strumenti che, partendo dai dati sperimentali, cercano quale modello di comportamento meglio sposi i dati sperimentali.

E già che parliamo di prove sperimentali, diciamo subito che il minimo sindacale da avere per eseguire un calcolo su un componente in gomma è una prova monoassiale di trazione-compressione; siccome il provino per le prove di compressione è diverso da quello per le prove di trazione, già si vede che, rispetto a un materiale metallico, è necessario eseguire il doppio dei test.

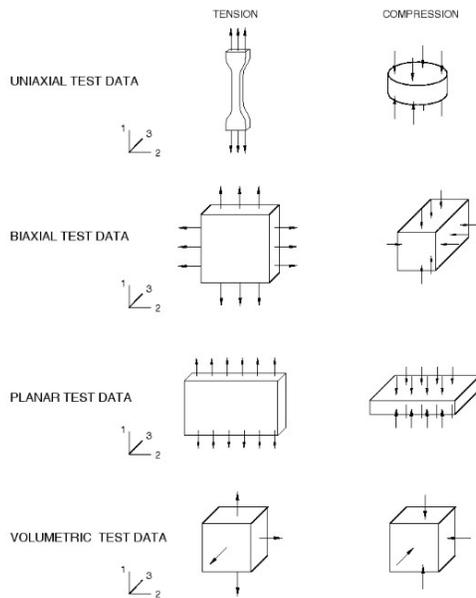


Figura 13.55. Schema per le diverse prove possibili da eseguibili su materiali elastomerici.

numerici dovuti all'eccessiva distorsione degli elementi che può manifestarsi durante l'applicazione delle forze. Fortunatamente, in linea generale, le analisi richieste sono da effettuare in regime plane strain o per geometrie assialsimmetriche, come l'esempio della figura 1.19, che riprenderemo più avanti. Dato che si tratta di modelli piani, la soluzione risulta abbastanza veloce, sebbene spesso è necessario procedere con incrementi molto piccoli. Quando poi sia richiesto di studiare un componente elastomerico con un modello 3D le cose, dal punto di vista numerico, si complicano parecchio sia perché il numero di gradi di libertà cresce molto sia perché, purtroppo, il modello di comportamento del materiale deve "accontentarsi" di dati ottenuti, quando va di lusso, da prove biassiali, ma più frequentemente da prove monoassiali: in queste condizioni la convergenza numerica appare un'utopia.

13.7.2 Prova monoassiale di trazione-compressione

Come detto, i minimi dati di cui bisogna disporre sono costituiti dalla prova monoassiale a trazione e a compressione.

La figura 13.56 contiene il confronto tra la curva sperimentale e il modello di materiale che meglio la rappresenta. Come si vede ci sono delle deviazioni, per quanto minime. Notiamo le notevoli deformazioni in gioco (fino al 200%) in rapporto alle basse sollecitazioni. Il modello di materiale si comporta bene all'interno dei valori di stress-strain rilevati durante il test, ma diventa difficile sapere cosa potrebbe succedere al di fuori di questi limiti.

Per avere maggior precisione si può pensare di eseguire dei test biassiali, ancora più complessi di quelli monoassiali, fino a prove ancora più complicate e costose (la figura 13.55 riporta in modo schematico i vari tipi di test, elencati per complessità crescente, che si possono eseguire sui materiali elastomerici): più complesso il test, migliore sarà l'accuratezza del modello impiegato per descrivere il comportamento del materiale.

A complicare ulteriormente le cose interviene il discorso della densità e della qualità della mesh necessarie a discretizzare un corpo modellato con elementi iperelastici: dato che possono subire grandi deformazioni, tali componenti vanno meshati in modo piuttosto fitto e con elementi di elevata qualità, per evitare errori