

quantità. Chiaramente per le rotazioni la verifica che si tratti di atto di moto rigido richiede maggiore attenzione.

### 9.2.6 Considerazioni sugli indici di controllo

Va detto che tutti questi controlli sono stati introdotti quando il calcolo numerico delle strutture era agli albori e, nella migliore delle ipotesi, i calcolatori usavano CPU a 8 bit: gli errori di arrotondamento potevano causare veri disastri.

Oggi ad andare male i codici usano 32 bit e risultano quindi meno sensibili ai problemi di natura numerica. Cionondimeno, come detto, molte aziende del settore spaziale richiedono la compilazione di una vera e propria "check list" prima che il modello possa essere usato per le varie analisi.

### 9.2.7 I controlli visivi

Come abbiamo già avuto modo di dire, i post-processor grafici rendono oggi disponibili le informazioni in modo molto sintetico e immediato. È ad esempio molto utile plottare l'andamento di una qualsiasi grandezza tensoriale (una tensione o una deformazione) e valutarne le discontinuità tra un elemento e l'altro, chiaramente senza richiederne il calcolo mediato nei nodi. Su questa base, con l'esperienza, è possibile stabilire se la mesh nelle varie zone del modello sia adeguata e abbia quindi prodotto un risultato valido, oppure se sia necessario procedere con degli infittimenti. Riprendiamo l'esempio, riportato nel § 6.3, della barretta con intaglio sottoposta a trazione. Nelle figure 9.1 e 9.2 sono illustrati gli andamenti della tensione longitudinale, non mediata nei nodi, per le due diverse densità di meshatura già discusse nel § 6.3.

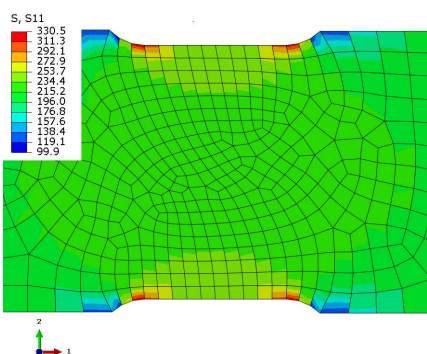


Figura 9.1. Tensione longitudinale non mediata per la mesh fitta.

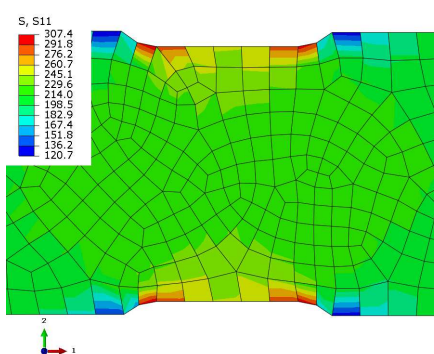


Figura 9.2. Tensione longitudinale non mediata per la mesh più rada.

Si può osservare come nel caso di meshatura più rada (figura 9.2) le discontinuità siano più marcate rispetto al caso con meshatura più fitta (figura 9.1); da quanto detto nel § 6.3 sappiamo che il miglior accordo con il risultato teorico-sperimentale si ha per

la mesh della figura 9.1, confermando che questo tipo di indagine aiuta nel raggiungimento di risultati attendibili.

Bisogna però prestare attenzione anche al tipo di elemento che si sta impiegando; in questo caso si tratta di elementi con funzione di forma bilineare, quindi in grado di cogliere al proprio interno gradienti di deformazione e quindi di sollecitazione: questo fatto si traduce in una variazione cromatica anche all'interno dell'elemento e non solo tra un elemento e l'altro. Se eseguiamo lo stesso plottaggio non mediato sul modello realizzato con elementi triangolari, questi non hanno variazioni di colore in quanto al loro interno, a causa della loro funzione di forma, il campo di deformazioni (e di tensioni) è costante. Otteniamo la figura 9.3, dove la discontinuità è tale che la scarsa qualità del risultato, pur avendo usato una densità di mesh analoga al modello della figura 9.1, è talmente scarsa da non necessitare commenti.

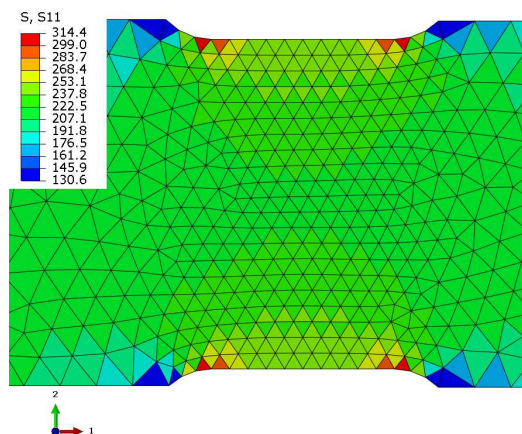


Figura 9.3. Tensione longitudinale non mediata per la mesh con elementi triangolari.

### 9.3 La validazione sperimentale

La sperimentazione su prototipi, da effettuarsi possibilmente “al banco”, è certamente il migliore modo per verificare la validità di un progetto strutturale. Chiaramente vanno rispettate il più possibile le reali condizioni che il pezzo dovrà subire nell’esercizio per il quale è stato progettato. Ci sono diversi livelli di prove “da laboratorio” che è possibile pensare ed effettuare, come vedremo nel seguito.

#### 9.3.1 L’applicazione dei carichi senza misurazione delle tensioni

Certamente questo è il caso più semplice; la struttura in prova viene sottoposta all’azione dei carichi, generalmente simulati con cilindri oleodinamici, pesi, carrucole e cavi. Nessuna misurazione in tempo reale delle deformazioni o degli stress viene perseguita; la struttura viene poi smontata e sottoposta a controlli dimensionali per verificare che non ci siano state deformazioni permanenti a seguito della applicazione dei carichi. Nel caso di prove di fatica si effettuano anche i controlli del caso, come ad esempio radiografie (generalmente nei giunti saldati) e liquidi penetranti.

In questo semplice caso il modello a elementi finiti è servito per verificare che non ci fossero, almeno a livello teorico, dei problemi di resistenza strutturale; questo approccio può andare bene per quegli organi il cui eventuale cedimento non comporti gravi pericoli, oppure per pezzi analoghi ad altri già calcolati e testati.