Università degli Studi di Pisa
Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale ed Edile

Corso di Laurea Magistrale in Ing. Strutturale



Teoria delle Strutture II

A cura di Alessandro e Daniele



Anno Accademico 2018/2019


master
COPY
master
COPY


master
COPY

Indice

1 Torsione non uniforme **5**
- 1.1 Generalità . . . 5
- 1.2 Cinematica della trave . . . 9
- 1.3 Equazioni indefinite di equilibrio . . . 15
- 1.4 Legami costitutivi . . . 27
- 1.5 Equazione della linea elastica . . . 36
- 1.6 Centro di taglio . . . 39
- 1.7 Formule di Navier e di Jourawsky generalizzate . . . 44
- 1.8 Travi in parete sottile aperte . . . 48
- 1.9 Travi in parete sottile chiuse . . . 52

2 Esempi Capitolo 1 **57**
- 2.1 Esempio 1 . . . 57
- 2.2 Esempio 2 . . . 62
- 2.3 Esempio 3 . . . 63
- 2.4 Esempio 4 . . . 67
- 2.5 Esempio 5 . . . 74
- 2.6 Esempio 6 . . . 84
- 2.7 Esempio 7 . . . 87

3 Stabilità delle travi elastiche piane **91**
- 3.1 Analisi euleriana monodimensionale . . . 91
- 3.2 Analisi euleriana tridimensionale . . . 97

4 Esempi Capitolo 3 **105**
- 4.1 Esempio 1 . . . 105
- 4.2 Esempio 2 . . . 115
- 4.3 Esempio 3 . . . 119
- 4.4 Esempio 4 . . . 122
- 4.5 Esempio 5 . . . 126
- 4.6 Esempio 6 . . . 128
- 4.7 Esempio 7 . . . 131
- 4.8 Esempio 8 . . . 132
- 4.9 Esempio 9 . . . 134

master COPY

4.10 Esempio 10 138

5 Stabilità delle piastre di Von Karman **141**
5.1 Cinematica della piastra 141
5.2 Legami costitutivi 144
5.3 Equazioni indefinite di equilibrio 146
5.4 Analisi euleriana 152
5.5 Esempio 1 154

6 Viscoelasticità **159**
6.1 Generalità 159
6.2 Creep-Test 160
6.3 Relaxation-Test 163
6.4 Modelli reologici 166
6.5 Modello di Maxwell 169
6.6 Modello di Kelvin 174
6.7 Modello di Zener di solido elastico 177
6.8 Trave viscoelastica 182

7 Plasticità **183**
7.1 Prova monoassiale su un provino in acciaio 184
7.2 Modelli reologici 189
7.3 Materiale elastico-perfettamente plastico 191
7.4 Materiale con incrudimento cinematico 196
7.5 Materiale con incrudimento isotropo 200
7.6 Potenziali termodinamici 203
7.7 Funzione di snervamento 205
7.8 Legge di flusso plastico 207
7.9 Legge di normalità 209
7.10 Postulato di Drucker-Jlyshin 210
7.11 Invarianti di tensione 216
7.12 Potenziale plastico associato di Levy-Von Mises 219

A Richiami di matematica **231**

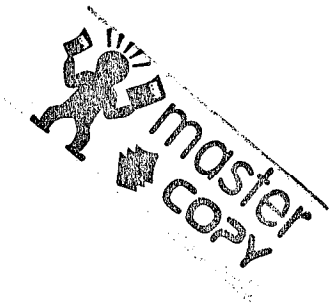
master COPY

master COPY

master COPY

Capitolo 1

Torsione non uniforme





1.1 Generalità

La teoria di De Saint-Venant considera un corpo di forma cilindrica caricato solo alle basi con carichi distribuiti per unità di superficie e affronta quattro casi principali di sollecitazione: sforzo normale, flessione retta, torsione e flessione e taglio. I quattro casi si basano sul postulato di De Saint-Venant: "nei punti del solido a sufficiente distanza dalle basi caricate, lo stato di tensione non dipende dalla loro particolare distribuzione, ma solo dalla loro risultante e dal loro momento risultante". Questo postulato non sempre è verificato, come mostrano gli esempi che seguono.

Esempio 1

Consideriamo una trave a Z alle cui basi sono applicate due forze con intensità P, così come mostrato in Figura. Per la teoria di De Saint Venant, la trave sarà soggetta esclusivamente a sforzo normale. Il carico P è applicato all'anima della trave e questo si trasmette alle due ali mediante le due superifici di giunzione. In tali superfici si generano pertanto delle tensioni tangenziali τ. Per l'equilibrio, sulle superfici laterali delle ali si generano delle tensioni $\tilde{\tau}$, uguali e contrarie alle tensioni τ prima definite. Supponendo l'anima di spessore trascurabile, le due ali si inflettono con curvatura opposta, generando tensioni normali, calcolabili mediante la formula di Navier. La presenza dell'anima impedisce parzialmente questa inflessione provocando un ingobbamento della sezione e generando tensioni tangenziali. L'ingobbamento della sezione si traduce in una deformazione della sezione stessa fuori dal proprio piano. La sezione della trave può quindi torcersi ed ingobbarsi, un comportamento non previsto dalla teoria di De Saint Venant.



Esempio 2

Consideriamo una mensola con sezione a doppio T soggetta, all'estremo libero, a due carichi P aventi stessa direzione ma verso opposto, così come mostrato in Figura. La coppia di forze applicata all'estremo libero genera un momento torcente e, se l'anima ha uno spessore tale da permettere alle due ali di deformarsi ognuna per proprio conto, tali ali si inflettono con curvature opposte. La trave è quindi soggetta sia a tensioni tangenziali che a tensioni normali, queste ultime non previste dalla