

Titolo del corso: **NONLINEAR SOLID AND STRUCTURAL MECHANICS**

Il corso intende fornire i principali fondamenti per lo sviluppo di analisi e la modellazioni con il metodo degli elementi finiti, di solidi e strutture in campo non lineare sia per materiale che per geometria. Le lezioni tratteranno aspetti teorici nonché problematiche di modellazione. L'idea è quella di presentare la teoria ed i corrispondenti metodi numerici come graduale sviluppo, da sistemi semplici di barre e aste sino a solidi tridimensionali. Le lezioni saranno di tipo teorico nonché applicativo, sviluppando algoritmi risolutivi mediante linguaggi di alto livello matlab, scilab,...., ed utilizzando codici commerciali quali ABAQUS, Ansys,...

Ore totali frontali + laboratorio: 40

Contenuti delle lezioni:

- Richiami algebra tensoriale.
- Richiami sulla formulazione generale del metodo degli elementi finiti nel campo statico: metodo variazionale e dei residui pesati, metodo di Bubnov-Galerkin, principio dei lavori virtuali, discretizzazione nello spazio, elementi finiti isoparametrici, condizioni di convergenza. Integrazione numerica. Tipologia di elementi finiti e funzioni di forma. Determinazione della matrice di rigidezza tangente e schemi risolutivi per solutori non lineari.
- Definizione di elementi beam mediante le teorie della trave di Eulero-Bernoulli, e della trave di Timoshenko.
- Elementi di tipo plate per gli stati piani, assialsimmetrici e per la simulazione di lastre mediante la teoria di Kirchhoff. Elementi tridimensionali shell.
- Richiamo della cinematica e statica a grandi deformazioni e algoritmi risolutivi mediante la Total e l'Update Lagrangian formulation. Deformazione ed equilibrio dei solidi: deformazione - deformazione non lineare - decomposizione della deformazione - lavoro virtuale e tensioni (Piola-Kirchhoff, Cauchy, ratei di stress) - formulazione totale lagrangiana e updated.
- Barre e aste non lineari: deformazione - equilibrio - matrice di rigidezza tangente.
- Beam co-rotazionali.
- Rotazioni finite: rappresentazione vettoriale e tensoriale di rotazioni finite in 3D, rappresentazione quaterniona.
- Solidi elasto-plastici: solidi elastici - teoria generale della plasticità - modelli di Von Mises - aspetti generali dei modelli di plasticità - modelli per materiali granulari (elasto-plasticità finita).

- Tecniche di soluzione numerica: soluzione iterativa delle equazioni di equilibrio - metodo del residuo ortogonale - metodi arc-length.

### Testi di riferimento

Krenk, S., *Non-linear Modeling and Analysis of Solids and Structures*. Cambridge University press, 2009.

Bathe, Klaus-Jürgen. *Finite element procedures*. Klaus-Jurgen Bathe, 2006.

De Souza Neto, E. A., Peric, D., & Owen, D. R. (2011). *Computational methods for plasticity: theory and applications*. John Wiley & Sons. Marsden, J., Hughes, T.J.R., *Mathematical Foundations of Elasticity*. Prentice Hall, 1983.

Zienkiewicz, O.C., Taylor, R., *The Finite Element Method*. McGraw-Hill, 1994. Volumes 1 and 2.

Simo, J.C, Hughes, T.J.R., *Computational Inelasticity*. Springer, 1998.