

**GMA 2008**

Gruppo Materiali dell'AIMETA - Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata  
Genova, 29 Febbraio – 1 Marzo 2008

*Basic features of the Fiber-Free  
methodology for nonlinear sectional  
analysis*

**Francesco Marmo**

**Luciano Rosati**



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**

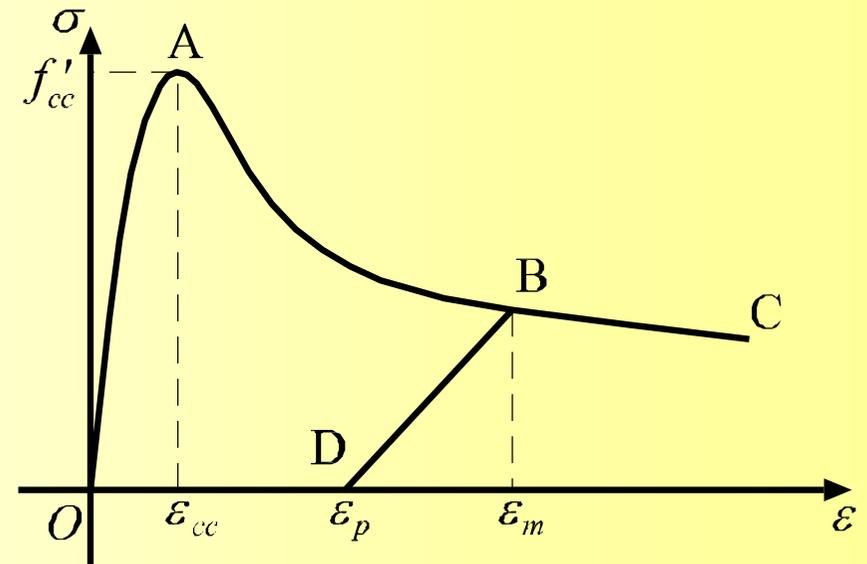
Dipartimento di Ingegneria Strutturale

# Legami costitutivi non lineari

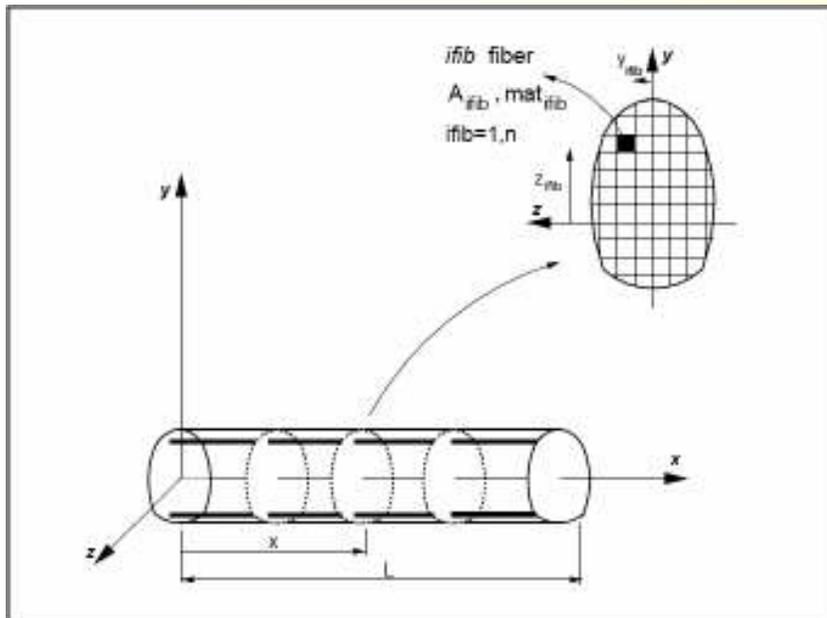
## Legame costitutivo elasto-plastico:

La curva di involucro  $e(\varepsilon)$  (OABC) è nonlineare.

I tratti di scarico e ricarico (BD) sono funzione di  $\varepsilon_m$



## Modelli a fibre:



### Pro:

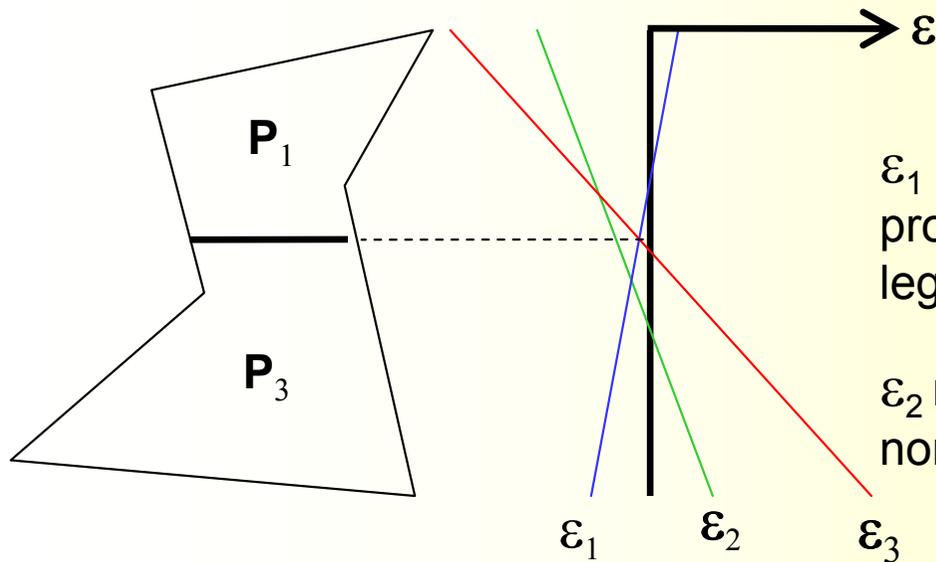
- Implementazione semplice:  
(in ogni fibra è definito il legame costitutivo del materiale)
- Computazionalmente efficiente ( $N_f \approx 250$ )  
(se si accettano approssimazioni a tutt'oggi non note).

### Contro:

- Ad ogni fibra corrisponde una funzione costitutiva da calcolare e almeno una variabile di storia.
- Come mostrato nel seguito, approssimazioni non sempre accettabili per il numero di fibre ( $N_f \approx 250$ ) comunemente consigliato nei codici di calcolo.
- Sezioni di forma non rettangolare necessitano un algoritmo per la definizione dei domini elementari di integrazione (fibre).

# Descrizione dell'algoritmo *Fiber-Free*

Ricerca degli stati storici che massimizzano la deformazione dei vari punti della sezione:



$$\varepsilon = c + \mathbf{g} \cdot \mathbf{r}$$

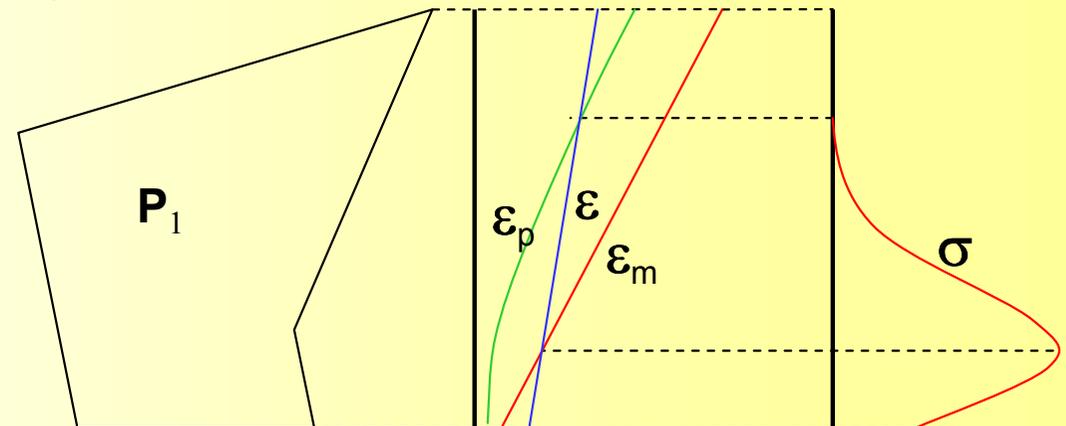
$\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_3$  massimizzano le deformazioni nelle zone  $\mathbf{P}_1$  e  $\mathbf{P}_3$ : producono deformazioni plastiche in accordo con il legame costitutivo.

$\varepsilon_2$  non produce **ulteriori** deformazioni plastiche: quindi non è rilevante ai fini del comportamento della sezione.

In questo modo **si riduce il numero di variabili di storia** necessarie per condurre l'analisi:

Non è necessario memorizzare quelle di ogni fibra, ma solo i parametri  $c_m$  e  $\mathbf{g}_m$  che massimizzano le  $\varepsilon$  in sottodomini della sezione (ciascuna partizione così individuata condivide le stesse componenti storiche di deformazione).

Su ciascuna partizione il legame costitutivo  $\sigma$  ha un **unica espressione** ed è possibile **integrare analiticamente** (Marmo, 2007) le componenti di  $\mathbf{f}$  e  $\mathbf{K}$  in funzione del valore del legame costitutivo e dalle sue primitive  $p(\varepsilon)$  ( $dp/d\varepsilon = \sigma$ ) in corrispondenza vertici della sezione.



# Sviluppi futuri

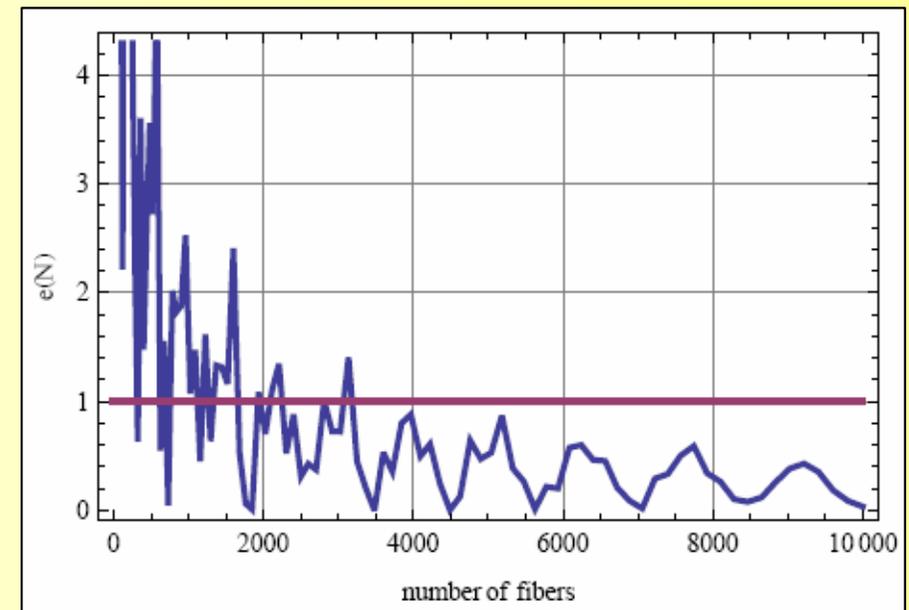
Per legami costitutivi relativamente semplici, (es. bilineare) **l'integrazione analitica fornisce risultati esatti**, quindi consente una analisi degli errori del metodo a fibre.

Per legami costitutivi più complessi [Mander et al. 1988] **le primitive di  $\sigma$  non sono note**, in quanto il legame costitutivo ha una espressione analitica non integrabile; in tal caso è necessaria una **interpolazione mediante spline** del legame costitutivo producendo un risultato approssimato in quanto le formule di integrazione sono, al momento, sviluppate per domini poligonali.

**L'analisi dell'approssimazione** con riferimento al risultato esatto mostra l'errore prodotto dai due metodi (fiber-free approach e fiber method):

**Metodo a fibre:** forte dipendenza dell'errore dal numero di fibre

**Approccio fiber-free:** errore dipendente solo dall'interpolazione del legame



**In futuro si intende ridurre ulteriormente l'errore o annullarlo**, mediante l'utilizzo di formule di integrazione specifiche per domini di integrazione con frontiere non necessariamente poligonali