(1) **METODI DI CALCOLO** —> Strutture metalliche realizzate solo con acciaio previsti dalla NORMATIVA VIGENTE

il DM 14/01/08 fa riferimento alla

"Teoria plastica delle costruzioni in acciaio"

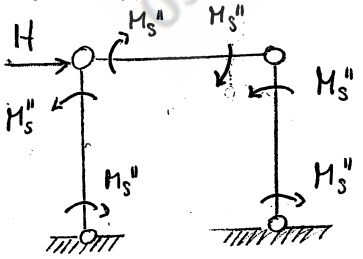
MASTER COPY PISA

acciaio —> MATERIALE
- isotropo
- omogeneo
- elastico lineare
- perfettamente ed indefinitamente plastico

=> ANALISI tramite METODI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI CLASSICA
- criterio di resistenza (Huber - Von Mises)
- metodi di calcolo (Müller - Breslau, metodo matematici, integrazione della linea elastica, metodo di Mohr)

Tipologie di analisi:
- ELASTICA LINEARE (E) —> per VERIFICHE DI RESISTENZA { - nazionali (alle cds) - puntuali (alle tensioni)
  (Hp) legame costitutivo (σ-ε) infinitamente lineare
  OSS è applicabile a strutture con SEZIONE di QUALSIASI CLASSE
- PLASTICO (o rigido plastico) (P) —> considero trascurabile la fase elastica e si concentrano le deformazioni plastiche nelle CERNIERE PLASTICHE STABILITO UN MECCANISMO DI COLLASSO
  OSS: è applicabile solo a strutture aventi da aste CLASSE 1 (COMPATTE)

Metodo Analisi limite

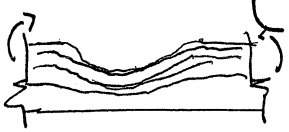


OSS: nodo cerniera con effetto che genera uno coppia M_s''.

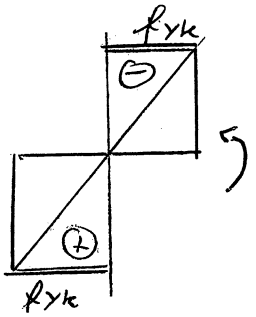
OSS: L'ANALISI RIGIDO PLASTICA È APPLICABILE SOLO CON MATERIALE CHE HANNO SUFFICIENTI CAPACITÀ ROTAZIONALI

=> PROFILI CLASSE I (sezioni compatte)

NB EFFETTO BUCKLING della PIATTABANDA SUPERIORE COMPRESSA

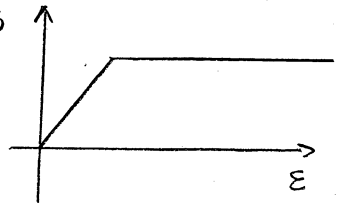


—> si instabilizza per IMBOZZAMENTO: corrugamento locale



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

② • ELASTO - PLASTICO (EP) ⟶ si eseguono i calcoli introducendo i legami costitutivi momento - curvatura ALMENO BILINEARI cioè del tipo



OSS: è applicabile per tutti i tipi di classe ⇒ CLASSE I, II, III e IV

⟶ corrisponde allo **ANALISI AL PASSO** ⇒ si aumenta il CARICO DI ESERCIZIO fino a che non si forma un MECCANISMO DI COLLASSO

⇒ si aggiorna "passo passo" lo SCHEMA STATICO fino a che il carico di esercizio diventa CARICO DI COLLASSO → quando si ha la formazione di un MECCANISMO DI COLLASSO.

OSS: VERIFICHE DI RESISTENZA
- puntuale
- razionale $N_{Ed} \le N_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{RES}$ (INCONGRUENZA LOGICA)

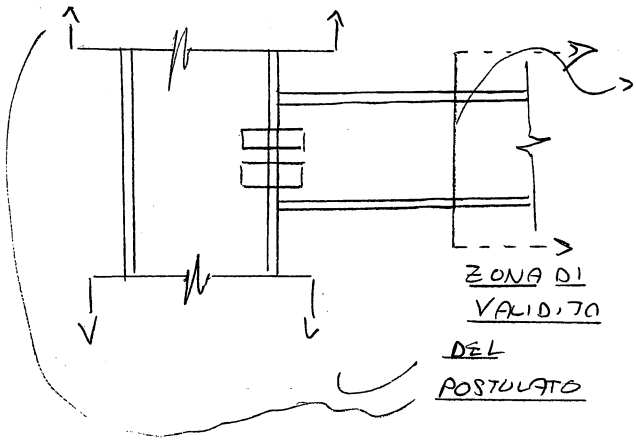
⇒ poiché confronto uno grandezza elastica con una plastica

⇒ SAREBBE MEGLIO (ANALISI PUNTUALE) del tipo $\sigma_{id_{Ed}} \le f_{yd}$

alla INCIPIENTE PLASTICIZZAZIONE DELLA SEZIONE poiché mantengo tutta la struttura in campo elastico INVECE nella verifica razionale ammetto che una parte di sia plasticizzata

⇒ La VERIFICA PUNTUALE non è facile poiché è difficile trovare i punti con $\sigma_{id\ max}$ (noto secondo la definizione data da Huber Von-Mises) con i metodi di indagine noti.

ad esempio noto il POSTULATO DI SAINT-VENANT come faccio ad analizzare le tensioni con presenza di elementi di discontinuità tipo il nodo trave - colonna?



$\sigma_{id} = ?$ in questa zona vicino ai bordi degli elementi di continuità nodale il POSTULATO di SAINT VENANT su cui si basano i metodi classici di calcolo delle tensioni

③

anche AMMETTENDO NOTI PUNTUALMENTE I TENSORI DI SFORZO

È POSSIBILE che IL MATERIALE SI SNERVI LOCALMENTE

CON PUNTE DI TENSIONE in cui localmente $\tau_{id} > f_{yd}$ ma di questo non mi importa molto perché, essendo il materiale, indefinitamente plastico, lo snervamento locale poco influisce sulla capacità resistente della struttura (ad esempio le autotensioni delle saldature o plasticizzazioni locali delle sezioni lamiere per piega-piegatura a freddo).

OSS: altro problema risiede nel fatto che SPESSO NON HO SOLO UN TIPO DI SOLLECITAZIONE: torsionale, taglio, flessione

⟹ AVREI BISOGNO DI DOMINI DI INTERAZIONE PER VERIFICARE LE SEZIONI

Per tutte queste motivi ⟹ MI ACCONTENTO DI VERIFICHE SEZIONALI

$$N_{Ed} \le N_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{RES}$$

METODI DI VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLO S.L.U.

La capacità resistente della sezione deve essere valutata nei confronti delle varie caratteristiche della sollecitazione agenti simultaneamente sulla sezione in esame

Posso applicare ⟶ METODO ELASTICO (E)

⟶ METODO PLASTICO (P) ⟶ analisi limite

⟶ METODO ELASTO-PLASTICO (EP) ⟶ analisi al passo.

Resistenza di calcolo ⟶ possono essere

- cds (verifiche sezionali)
- tensioni (verifiche puntuali)

sono del tipo $R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$

con R_k: resistenza caratteristica

γ_M: coefficiente di sicurezza che dipende dal TIPO DI SOLLECITAZIONE CONSIDERATA

- $\gamma_{M0} = 1,05$ ⟶ resistenza di sezioni CLASSE I, II, III, IV (CRISI PLASTICA)
- $\gamma_{M1} = {}^{*}1,05$ ⟶ instabilità membrature (CRISI PER INSTABILITÀ) (*meglio $\gamma_{M1} = 2$)
- $\gamma_{M2} = 1,25$ ⟶ resistenza sezioni tese indebolite (CRISI SEZIONI INDEBOLITE) ⟶ per concentrazioni di sforzo
  ⟶ da fori e tagli che inducono rotture fragili locali

(4) OSS: nelle VERIFICHE PUNTUALI si fa riferimento alla TENSIONE IDEALE MAX definita secondo il criterio di resistenza di Huber-Von Mises

↳ tensione equivalente per STATI DI TENSIONE MONOASSIALI (secondo il M.T.A)

$$\sigma_{id,max} = \sqrt{\sigma_{z,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\cdot\sigma_{y,Ed} + 3\tau_{Ed}^2} \le f_d = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$ CRISI PLASTICA

con $\tau_{Ed} = \sqrt{\tau_{zx}^2 + \tau_{zy}^2} = \tau_z$ → risultante delle tensioni tangenziali nei piani zx e zy

OSS CAMPO PLASTICO → verifiche nascondo alle coss (è preferibile)

CAMPO ELASTICO → verifica puntuale alle tensioni

Resistenza delle membrature

a) VERIFICHE IN CAMPO ELASTICO (puntuale o nel piano delle tensioni)

$$\sigma_{z,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\cdot\sigma_{y,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \le \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}\right)^2$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

OSS: per le SEZIONI DI CLASSE 4 la verifica deve essere accompagnata da VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

b) VERIFICHE IN CAMPO PLASTICO

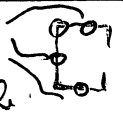
- Trazione $\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \le 1$ con $N_{t,Rd} = \min \begin{cases} N_{pl,Rd} = A f_{yk}/\gamma_{M0} \\ N_{u,Rd} = 0{,}9\, A_{net} f_{tk}/\gamma_{M2} \end{cases}$

dove A: area lorda A_{net} = area netta

- Compressione $\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \le 1$ con $N_{c,Rd} = \begin{cases} \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}} & \text{(CLASSE I, II, III)} \\ \frac{A_{eff} f_{yk}}{\gamma_{M2}} & \text{(CLASSE IV)} \end{cases}$

- Flessione monoassiale retta $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \le 1$ con: $M_{c,Rd} = \begin{cases} M_{pl,Rd} = W_{pl} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} & \text{(CLASSE I, II)} \\ M_{el,Rd} = W_{el,min} \cdot f_{yk}/\gamma_{M0} & \text{(CLASSE III)} \\ M_{el,Rd} = W_{eff,min} \cdot f_{yk}/\gamma_{M0} & \text{(CLASSE IV)} \end{cases}$

(NB) ZONE INEFFICACI POICHÉ INDOZZANO CLASSE IV: profili formati a freddo



Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

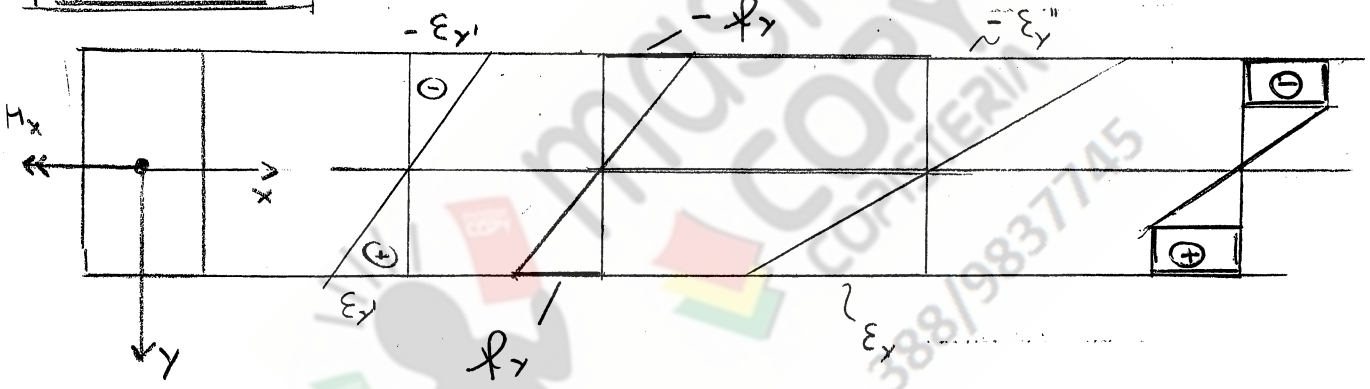
(3) OSS: la VERIFICA SEZIONALE tipica del M.S.L è molto riconducibile alla VERIFICA TENSIONALE della M.T.A.

infatti $\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{\sigma_{z\,Ed} \cdot A}{\frac{f_{yk}}{\gamma_{M_0}} A} \Rightarrow \sigma_{z\,Ed} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_{M_0}} = f_d$

OSS: con coIS di NUOVO tipo è difficile concepire le verifiche per più tipologie di modellazione in CAMPO PLASTICO (PROBLEMA DI INTERAZIONE => NON VALE IN CAMPO PLASTICO IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI

.... => IL MATERIALE ACQUISTA MEMORIA DEFORMATIVA

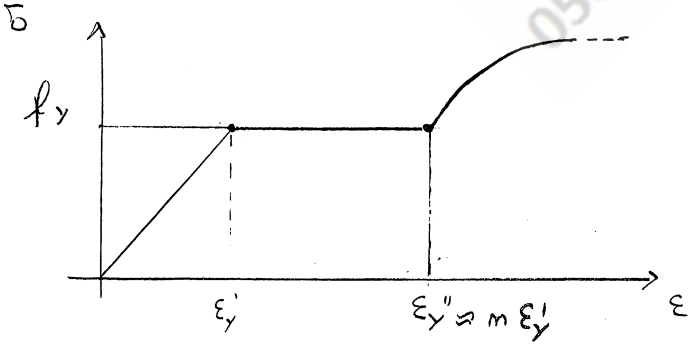
Capacità Rotazionale → è il criterio attraverso cui si distingue la CLASSE DI UNA SEZIONE.



FASE DI INCIPIENTE PLASTICIZZAZIONE

FASE ELASTO-PLASTICA

(NB) le tensioni sono espresse allo Navier e per l'(Hp) di Navier - Coulomb variano linearmente lungo y.



FASE ELASTICA — FASE PLASTICA — INCRUDIMENTO

Θ_y: CURVATURA IN FASE DI INCIPIENTE PLASTICIZZAZIONE

↓ (COLLASSO PLASTICO)

cioè quando tutta la sezione si è plasticizzata ma Θ_y vorrebbe essere infinita: NON POTENDO ARRIVARE A DEFORMAZIONE INFINITA MI FERMO AD UN VALORE ARBITRARIO DETTO "ε_y''"

$\Rightarrow M_s''$

(NB): N. NUOVO da sezione a sezione