

## L'influenza della classificazione delle sezioni trasversali nelle analisi strutturali

Ing. Ovidio Italiano - Analista STACEC srl

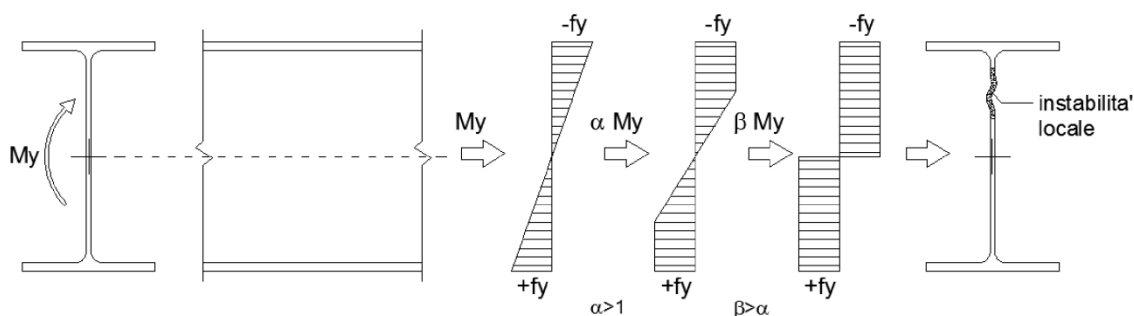
Come è noto l'acciaio è un materiale che può essere definito isotropo e omogeneo e che presenta un legame costitutivo praticamente simmetrico a trazione e compressione.

Nonostante ciò il comportamento offerto dagli elementi strutturali in acciaio può risultare diverso in funzione della presenza o meno di stati di sollecitazione di compressione totale o parziale.

Ciò che risulta essere la causa primaria di tale difformità di comportamento sono i fenomeni d'instabilità locale che, quando si innescano, comportano una riduzione della resistenza prevista dalla teoria elastica e plastica.

Un elemento tozzo in acciaio dal comportamento ideale sottoposto ad un carico, ad esempio, flessionale incrementale, vedrà sempre l'insorgere di due fenomeni ossia, in ordine temporale, la plasticizzazione puntuale e la plasticizzazione completa.

La plasticizzazione puntuale indica il raggiungimento del limite di snervamento in un punto della sezione; la piena plasticizzazione, invece, vede tale limite di snervamento esteso all'intera sua superficie.

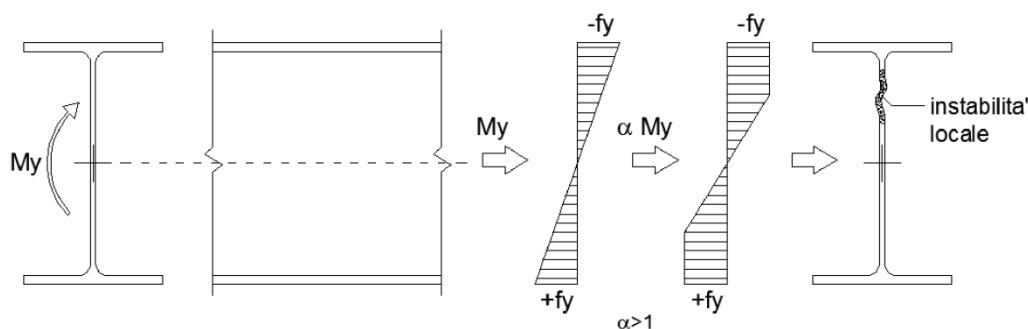


**Figura 1**

Quando una sezione in acciaio riesce a garantire tale ideale comportamento allora viene consentita la formazione delle cerniere plastiche per sollecitazioni superiori o uguali a  $\lambda \times M_y$ .

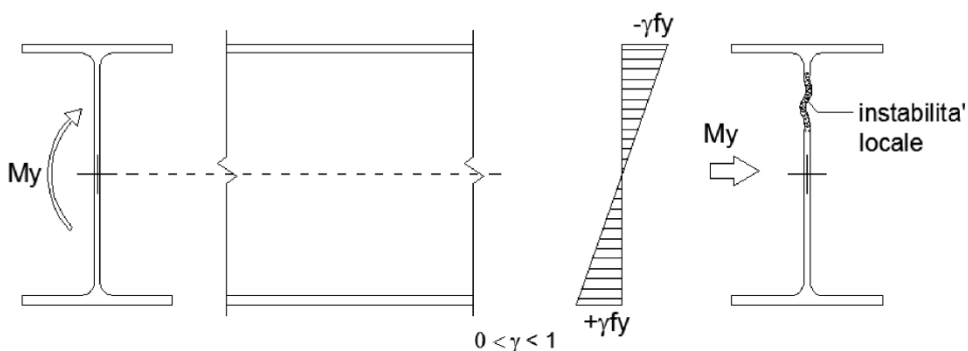
Ovviamente, non tutte le sezioni in acciaio potranno assicurare la piena plasticizzazione a causa del fenomeno molto insidioso dell'instabilità locale, ossia dell'imbozzamento delle parti della sezione soggette a compressione uniforme (ali) o parziale (anime).

Alcune sezioni vedono l'insorgere di tali fenomeni di instabilità per sollecitazioni comprese tra quelle relative alla prima plasticizzazione e quelle della plasticizzazione.



**Figura 2**

Altre sezioni, dal punto di vista prestazionale, ancora più scadenti, presentano fenomeni di instabilità locale ancora prima di aver raggiunto la prima plasticizzazione.



**Figura 3**

Si capisce, pertanto, come ai fini progettuali risulta di fondamentale importanza conoscere a priori se una sezione trasversale è esposta o meno a tali fenomeni, per poterli poi eventualmente portare in conto nella determinazione della capacità portante della sezione.

La normativa, per mezzo della classificazione delle sezioni trasversali, determina la maggiore o minore suscettibilità di una sezione ai fenomeni di instabilità locale. Sono individuate al riguardo 4 classi comportamentali (ductile, compatta, semi-compatta e snella), caratterizzate da un'influenza via via crescente dei fenomeni di instabilità locale.

Le sezioni di classe 1 e 2 sono quelle dal comportamento ideale, ossia quelle in grado di sviluppare una cerniera plastica senza subire riduzioni della resistenza. La differenza tra le due classi è del tutto legata alla propria capacità rotazionale che deve essere per sezioni di classe 1 maggiore o uguale a 3.

Le sezioni di classe 3 sono quelle in grado di raggiungere la prima plasticizzazione ma non la piena plasticizzazione mentre le sezioni di classe 4 innescano fenomeni di instabilità ancora prima di avere raggiunto la prima plasticizzazione.

Operativamente, la classificazione delle sezioni si ricava scomponendole in piatti interni ed esterni, sulla base dei loro rapporti larghezza-spessore, portando in conto la distribuzione delle tensioni di compressione, nonché

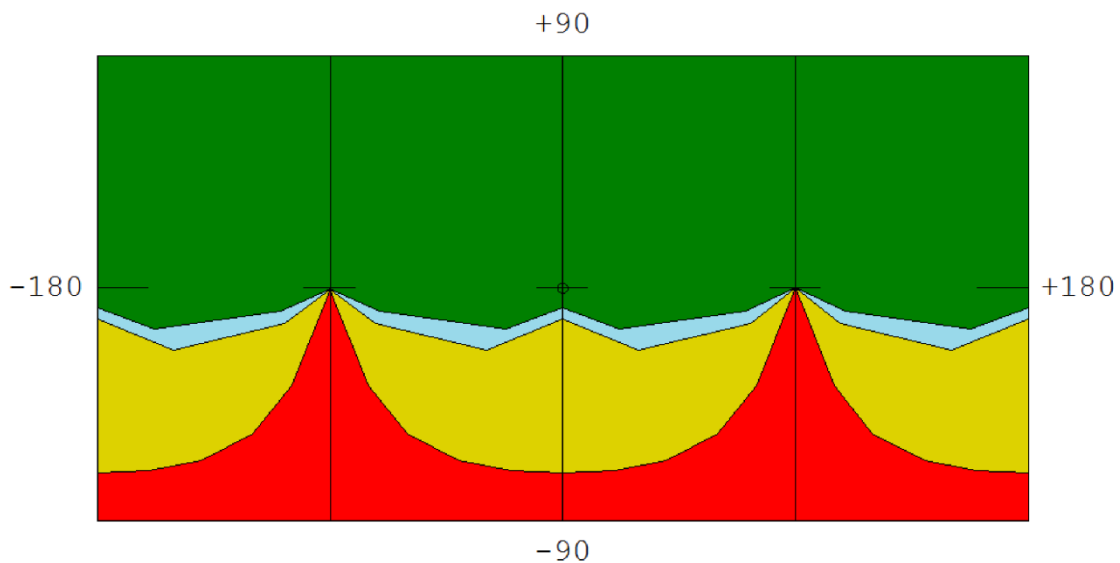
il tipo di acciaio. La classe finale della sezione sarà determinata dalla più sfavorevole delle classi delle parti di cui essa si compone.

Per come è definita, la classe di una sezione trasversale non è univocamente determinata, ma dipende in primo luogo da come la sezione è sollecitata oltre che dal tipo di materiale e dalla geometria.

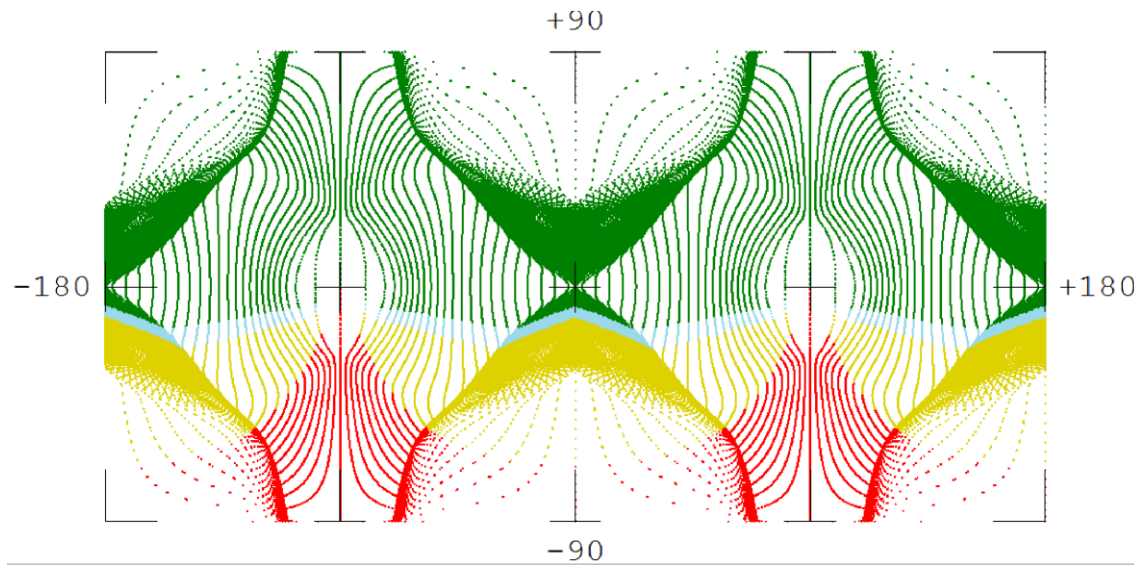
Per classificare è possibile impiegare le tabelle 4.2.I, 4.2.II e 4.2.III fornite dalle NTC2008. Purtroppo, nel corso di un'analisi strutturale con decine di combinazioni di carico e considerato che ogni elemento in acciaio va studiato in più sezioni, si tratterebbe di una operazione da effettuare ripetutamente.

Come alternativa alle tabelle da normativa Paolo Rugarli nel testo "Strutture in Acciaio, la classificazione delle sezioni", edito da EPC libri, riporta due approcci capaci di implementare in linguaggio informatico le tabelle trasformandole in 'reclassi'. Il primo, semplificato, si può applicare solo a profilati a parete piena del tipo a I (IPE, Hea, HeB, ...) viene definito come 'approccio vettoriale' mentre il secondo, più complesso ma dall'utilizzo generico, è detto 'approccio raster'.

La figura seguente riporta la classificazione di una sezione IPE500 in acciaio S355 con l'approccio vettoriale. Ogni punto del piano rappresenta una specifica terna di azioni esterne (N, M1, M2). Le zone colorate in verde sono le sollecitazioni che generano classe 1, mentre le zone in celeste, giallo e rosso generano rispettivamente classi d'uso 2, 3 e 4.



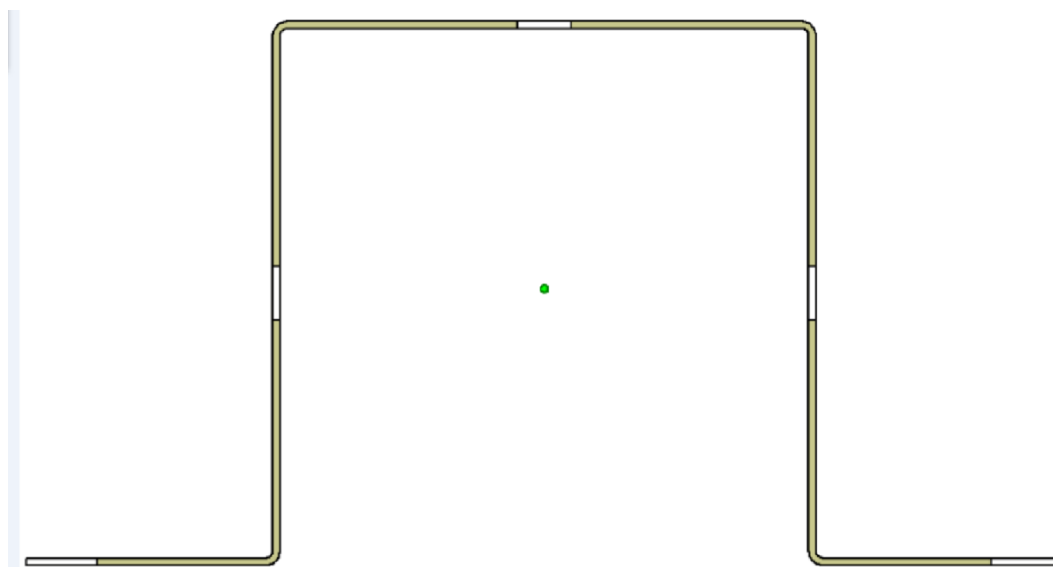
**Figura 4. Classificazione di IPE500.S355 con metodo vettoriale.**



**Figura 5. Classificazione di IPE500.S355 con metodo raster**

Le classi III e IV sono pertanto quelle meno prestazionali e devono essere utilizzate con cautela nell'ambito di una normativa che fa della capacità di dissipazione di una struttura il suo punto di forza. In particolare le sezioni di classe IV, non riuscendo a raggiungere un livello di sollecitazione pari al valore di snervamento in nessun punto, in quanto presenta prima problemi di imbozzamento, devono essere trattate con un artificio. Infatti, per esse, le NTC non fanno uso della sezione lorda (intera sezione) ma la riduce per mezzo di cosiddette "aree inefficaci" in modo da eliminare le parti considerate non in grado di offrire una adeguata risposta ai carichi applicati.

Una volta calcolate le "aree inefficaci", le cui dimensioni e collocazioni viene regolata da un procedimento esposto in UNI EN1993-1-5, è possibile trattare la parte rimanente della sezione (parte efficace) come una qualsiasi sezione di classe III.



**Figura 6**

Nella figura 6 si vedono disegnate in bianco le aree inefficaci per un profilato presso piegato a freddo del tipo Omega sottoposto a sforzo normale di compressione. Un aspetto da tenere sotto controllo in questi casi è l'insorgere di fenomeni parassiti legati al fatto che la parte efficace della sezione presenterà un baricentro spostato (punto di reazione della sezione) rispetto a quello della sezione iniziale lorda (applicazione della forza).

Una prima influenza delle classi delle sezioni nelle analisi strutturali si ha in corrispondenza della tabella 7.5.III delle NTC la quale in funzione dei fattori di struttura  $q_0$  e della classe di duttilità impiegata indica le classi massime raggiungibili nelle zone destinate a dissipazione.

In pratica una volta imposti i fattori di struttura, per classe di duttilità CD"B" e  $q_0 > 2$ , occorre controllare che la struttura sia in grado di avere una adeguata capacità di dissipazione. Per fare ciò occorre accertarsi, in corrispondenza delle zone dissipative e per tutte le combinazioni di carico, che i profilati impiegati siano in grado di raggiungere il proprio momento ultimo generando cerniere plastiche e dunque che siano di classe 1 o 2. Nel caso di classe di duttilità CD"A" è consentito esclusivamente l'utilizzo di profilati capaci di mantenersi in classe 1.

Il punto 4.2.3.2 delle NTC definisce come deve essere determinata la capacità resistente delle sezioni. In particolare viene indicato il metodo elastico (E) per tutti i tipi di sezione, con l'accortezza, ovviamente, nel caso di classe 4, di impiegare le sole zone efficaci delle sezioni. Il metodo plastico (P) viene consentito solo per sezioni di tipo compatto, cioè di classe 1 o 2 mentre il metodo elasto-plastico (EP), impiegando legami costitutivi tensione – deformazione del materiale di tipo bilineare può essere esteso a ogni tipo di sezione.

Il punto 4.2.3.3 delle NTC regola, invece, la compatibilità tra il tipo di analisi strutturale svolta e la classe delle sezioni dei profilati impiegati. Così, se si fa uso di un'analisi elastica può essere impiegato qualsiasi tipo di sezione e la capacità resistente delle sezioni deve essere valutata con qualsiasi metodo nel caso di classe 1 o 2, ovvero con metodo elastico o elasto-plastico (EP) nel caso di sezione di classe 3 o 4. Allo stesso modo, se viene impiegata una analisi plastica, possono essere impiegate solo sezioni di classe 1 e la capacità

resistente viene determinata con metodo plastico (P), mentre per analisi elasto-plastica la valutazione della capacità resistente della sezione è calcolato con analisi elasto-plastica (EP)

In sintesi si ha:

METODO DI ANALISI GLOBALE	METODO DI VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' RESISTENTE DELLA SEZIONE	TIPO DI SEZIONE AMMESSE
ELASTICA	(E)	CLASSE I, II, III, IV (solo parti efficaci)
	(P)	CLASSE I, II
	(EP)	CLASSE I, II, III, IV (solo parti efficaci)
PLASTICA	(P)	CLASSE I
ELASTO-PLASTICA	(EP)	CLASSE I, II, III, IV (solo parti efficaci)

È, ormai, cosa palese l'importanza rivestita dalla classificazione nell'ambito delle analisi strutturali (basti pensare all'influenza esercitata sul fattore di struttura) e, purtroppo, in un'epoca in cui le analisi, per la loro intrinseca completezza e per il grado di affidabilità raggiunto, necessitano sempre più dell'uso di appositi calcolatori elettronici con software sempre più potenti e capaci di automatizzare tutto ciò che sta a valle dell'input geometrico; il rischio che si corre è che il progettista perda o veda sminuire la propria padronanza di termini e concetti tanto basilari per poter comprendere a fondo lo spirito della nuova normativa tecnica.