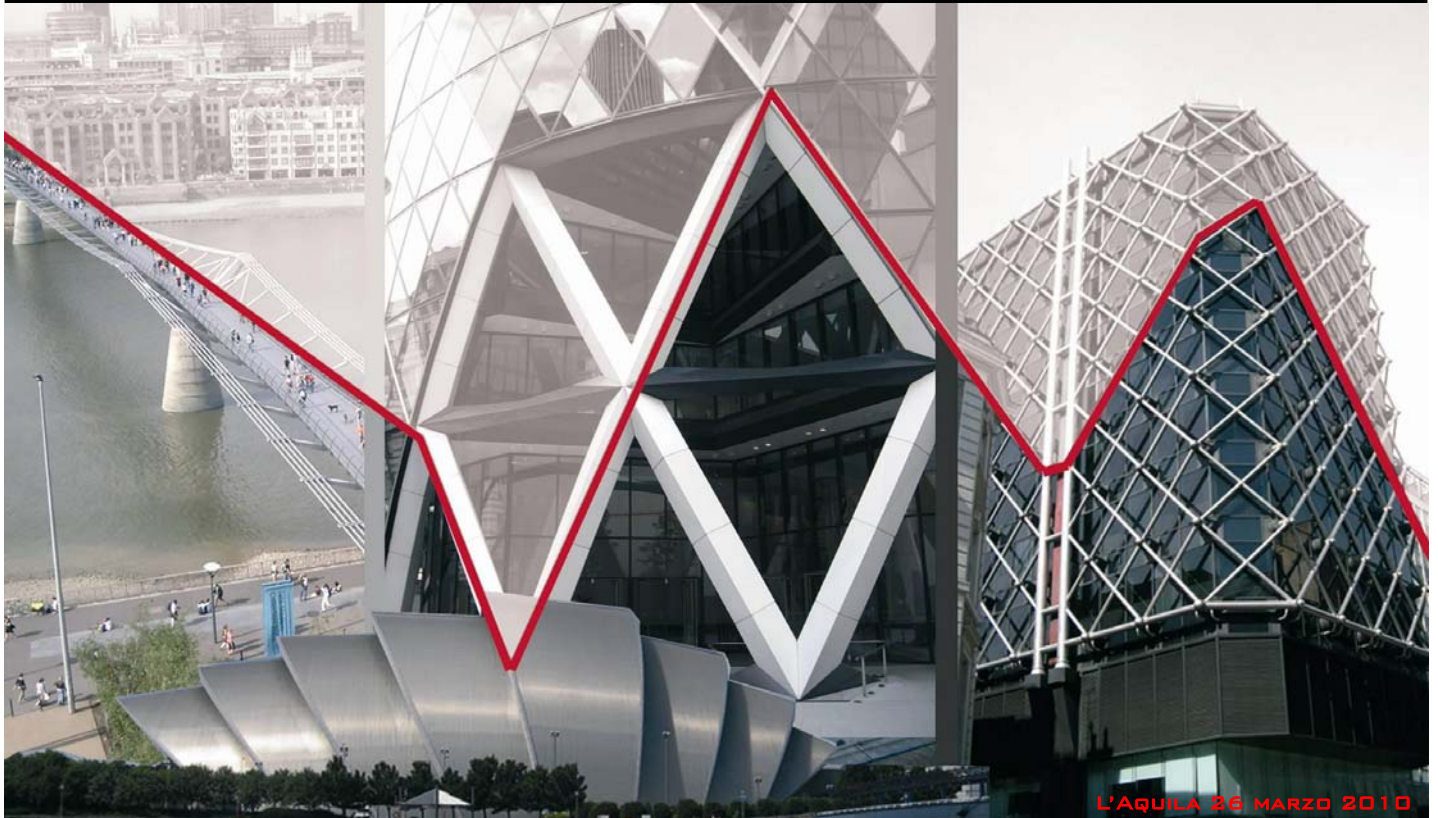


PROGETTARE CON L'ACCIAIO IN ZONA SISMICA

PROF. RAFFAELE LANDOLFO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI NAPOLI FEDERICO II



L'AQUILA 26 MARZO 2010



Introduzione

La sfida dell'acciaio



LA VERA SFIDA E' METTERE
ALLA LUCE IL POTENZIALE
INFINITO DELLE COSE...
SCOPRENDONE I LIMITI PER
POTERLI MIGLIORARE

CHERIE CARTER-SCOTT



Generalità: Prerogative



Richieste del mercato globale delle costruzioni

1. **Confort e design**
(Architettura)



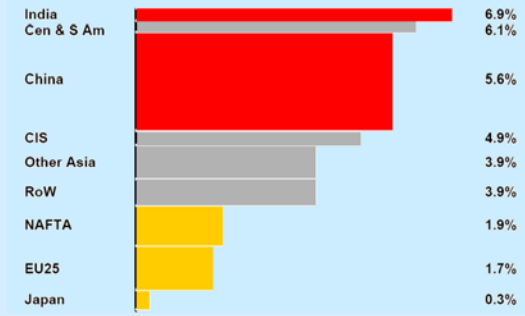
2. **Sicurezza, Durabilità**
(Ingegneria)



3. **Costi accessibili**
(Economia)



4. **Sostenibilità ambientale**
(Tutti)



Richiesta di acciaio nelle applicazioni industriali
Incremento annuo previsto al 2010



Generalità: Prerogative

Le prerogative di un sistema costruttivo sono intrinsecamente legate alle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale impiegato per la realizzazione dei suoi componenti strutturali.

Vantaggi



Strutturali

- Elevata leggerezza
- Buona resistenza
- Duttilità

Strutture di grande luce

Strutture sismosistenti



Tecnologiche-Costruttive

- Prefabbricabili
- Uso differenziato dei materiali
- Design e qualità dei componenti
- Rapida di trasporto, montaggio e messa in opera

Strutture High-Tech



Ambientali

- Reciclabili

Strutture ecosostenibili

Riduzione costi

- Costi diretti
- Costi indiretti



Svantaggi

- **Bassa resistenza al fuoco**
- **Elevata deformabilità** dovuta al basso rapporto E/f_y
- **Problemi di instabilità dell'eq.** dovuti alla elevata snellezza
- **Prestazioni effettive molto prossime a quelle di calcolo**



Dalla Ghisa all'acciaio: *Classificazione*

In base al principale elemento metallico contenuto nella lega possiamo differenziare le leghe in ferrose e non ferrose

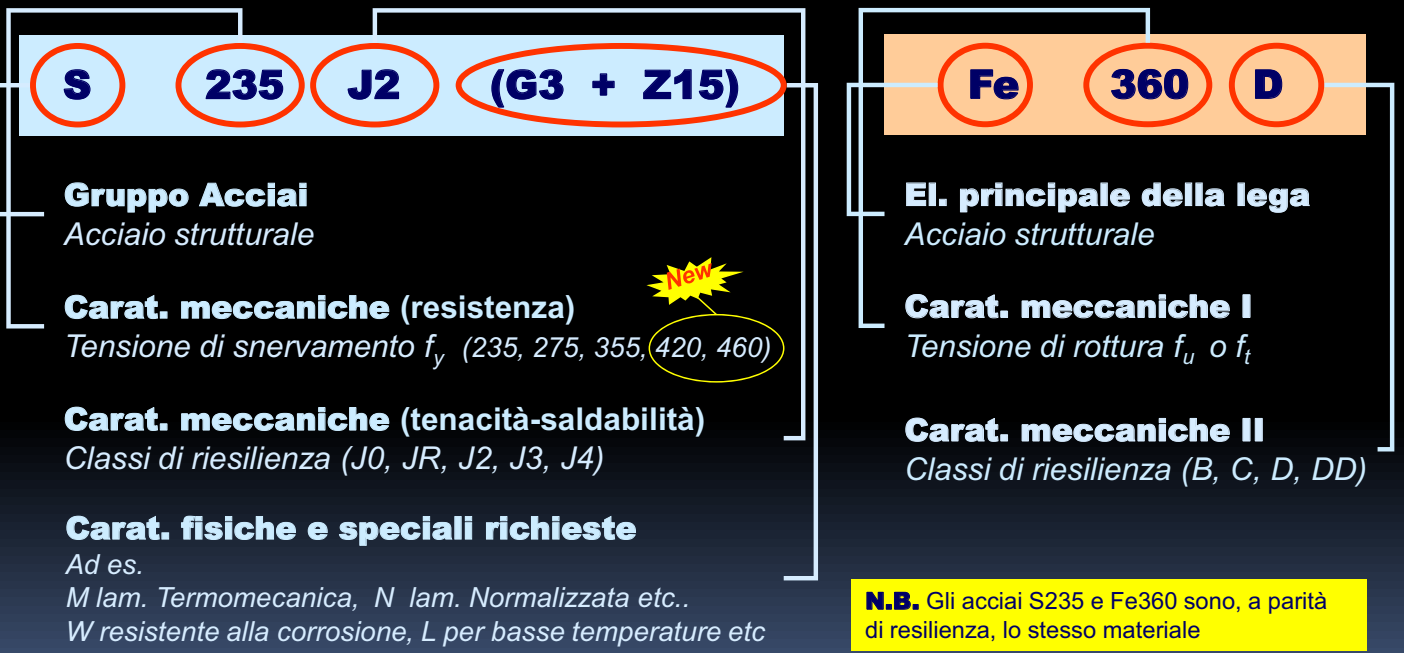


Classificazione: *Nomenclatura*



Europea EN 10025

Italiana UNI 7070





Indagini sperimentali: generalità

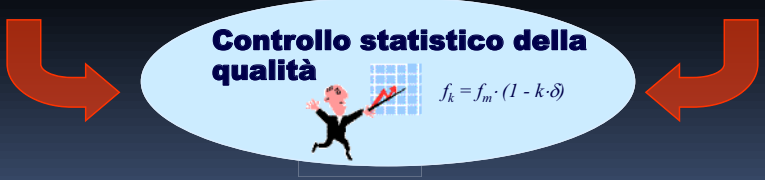
Essendo l'acciaio un prodotto di tipo industriale, il controllo di qualità dell'acciaio è eseguito in stabilimento (prodotti qualificati ai sensi della norma UNI EN 9001) secondo le specifiche dell' Allegato 8 del **D.M. Min. LL.PP. 9 Gennaio 1996** o del par.11.2 del **D.M. del 14/09/2005 (ex TU)**

Obiettivi

- Idoneità del processo produttivo
- Determinazione delle proprietà meccaniche

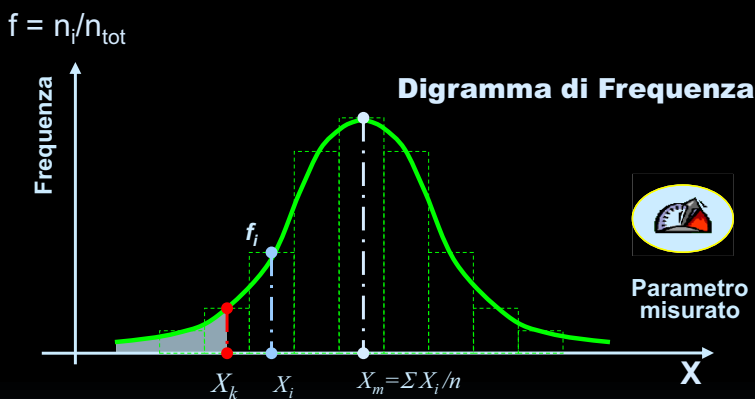
Tipi di prove std

- Prove a Trazione (EN 10002 Parte I) statiche
- Prove di Resilienza dinamiche
- Analisi Chimiche



Indagini sperimentali: generalità

La **caratterizzazione probabilistica** delle proprietà meccaniche dell'acciaio avviene eseguendo un numero statisticamente significativo di prove (almeno 10), ipotizzando che i parametri misurati rispettino una **distribuzione Gaussiana** o normale della densità di probabilità



X_k è la **misura** del parametro meccanico X che si vuole caratterizzare

f_i è la **frequenza relativa** associata parametro meccanico rilevato X_i ed esprime in percentuale in numero di volte (n_i) in cui tale parametro ha raggiunto il valore X_i (o è interno ad un intervallo) rispetto al numero totale di misurazioni (n_{tot}) eseguite

X_k è il **valore caratteristico** del parametro misurato e corrisponde al frattile inferiore di ordine k (in genere il 5%) ovvero che ha la probabilità di essere minorato del 5%

X_m è il **valore medio** del parametro misurato (media aritmetica) e corrisponde alla probabilità del 50% di essere minorato

s_m è lo **scarto quadratico medio** e misura la dispersione dei risultati

k è un coefficiente di distribuzione (vedi tab)

$X_k = X_m - k \cdot s$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2}{n-1}}$$

Valore del fattore k corrispondente ad un frattile del 5%

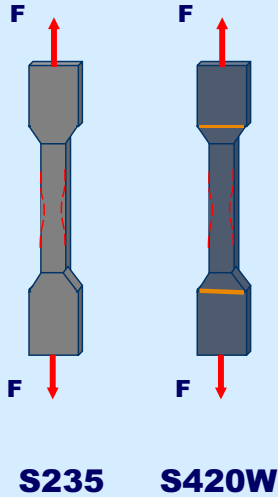
N. prov	4	5	6	8	10	20	30	inf
k	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Valore caratteristico

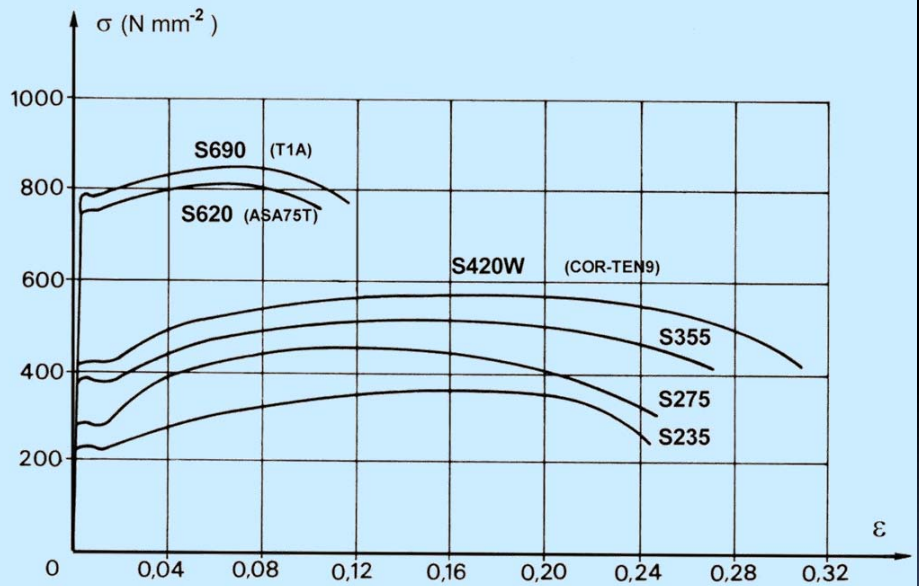


Indagini sperimentali: *La prova a trazione*

Interpretazione



Esempi di curve sperimentali $\sigma - \epsilon$



Indagini sperimentali: *Influenza del fuoco*

Interpretazione

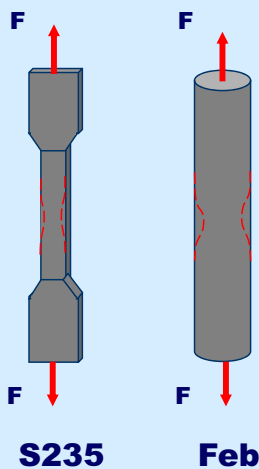
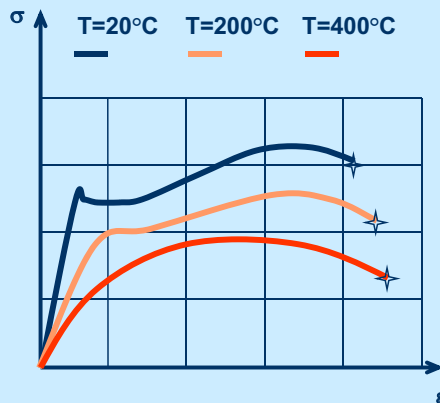
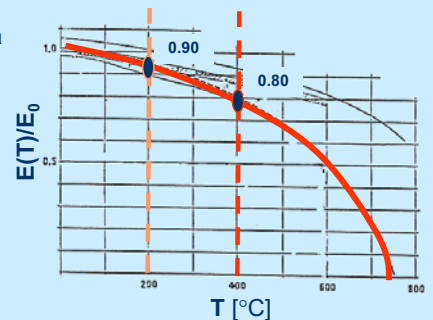


Diagramma $\sigma\epsilon$ di un acciaio al carbonio al variare della temperatura

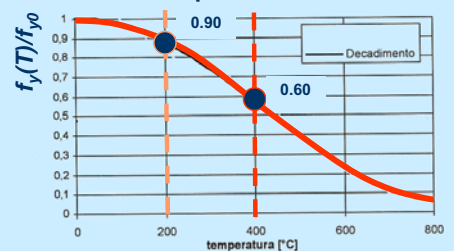


N.B. Si ha un degrado della resistenza (f_y e f_u) e della rigidità (E) del materiale

Andamento del modulo elastico con la temperatura



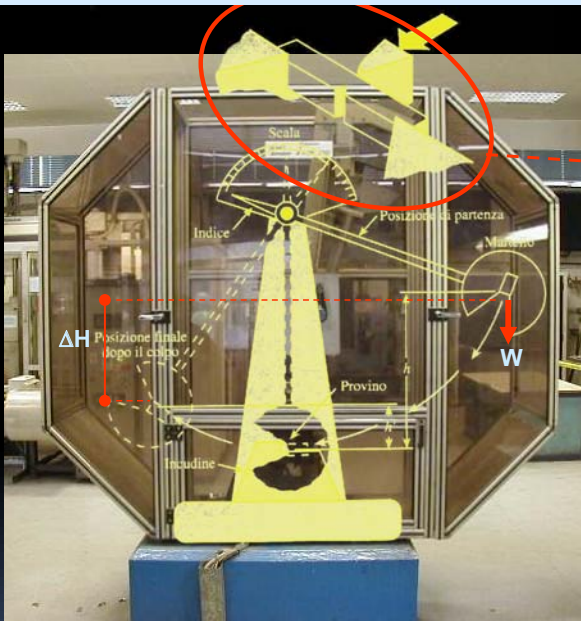
Andamento di f_y con la temperatura





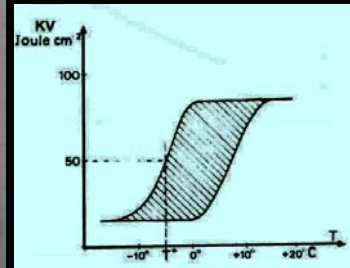
Indagini sperimentali: La prova di resilienza

Esecuzione della prova



Pendolo di Charpy
Macchina di Prova della British Steel

Provini e Interpretazione



$$\Delta E = E_0 - E = W \cdot (H_0 - H)$$

Lavoro Speso Durante la Prova (J)

$$R = \frac{\Delta E}{A_0}$$

Resilienza KV (J/cm²)



Proprietà meccaniche misurate



Classificazione e cenni sui processi produttivi

Prodotti siderurgici industrializzati

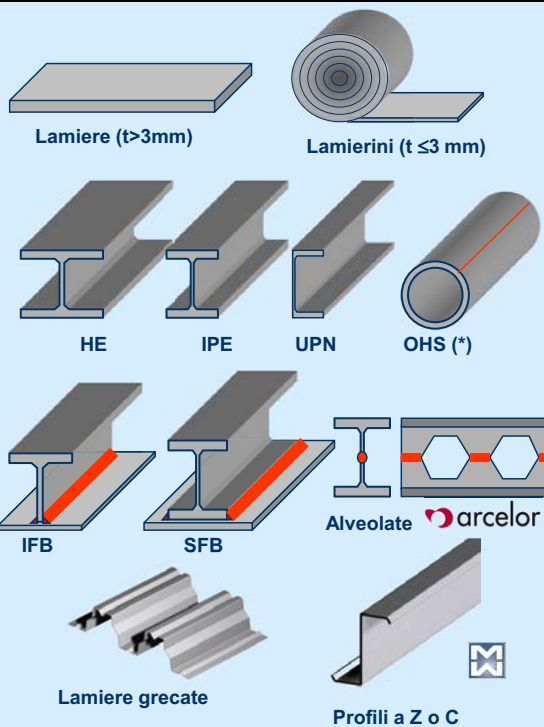


Laminati piani e coils

Profilati laminati a caldo

Profilati per composizione saldata

Profilati formati a freddo



Processo

- Laminazione a caldo
- Laminazione a freddo

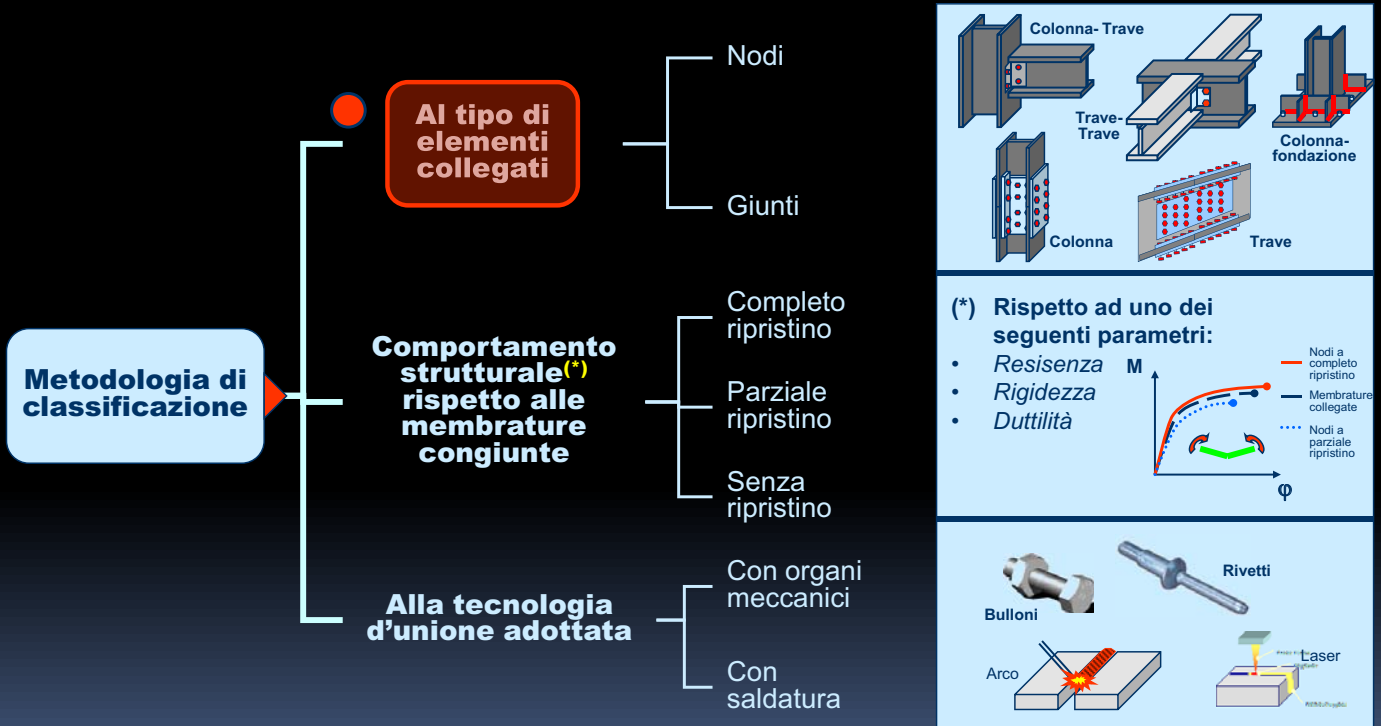
- Laminazione a caldo
- Trafilatura (*)
- Lavorazione a freddo con saldatura (*)

- Laminazione a caldo con saldatura (*)

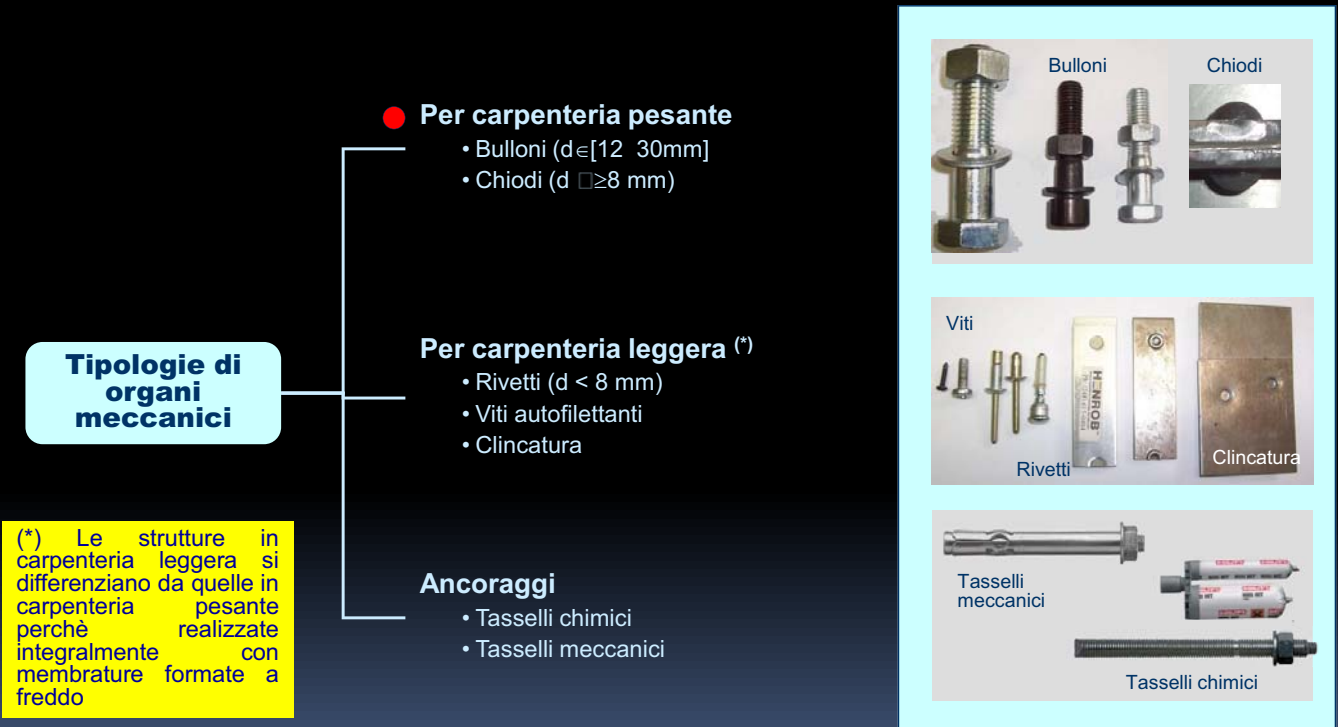
- Piegatura a freddo
 - Profilatura
 - Pressopiegatura
 - Stampaggio



Classificazione



Unioni con organi meccanici: tipologie





Unioni saldate: *tipologie*

N.B.

In ambito strutturale si adottano generalmente **saldature autogene per fusione** ovvero saldature nelle quali il materiale di base, portato a fusione, partecipa alla realizzazione dell'unione

Tipologie di Saldatura

Processo(*)

(*) Saldature più comuni in ambito strutturale

● Ad arco con elettrodo rivestito
Strutture in acciaio

Ad arco in ambiente protetto (MIG, MAG, TIG)
Strutture in lega di alluminio e inox

Speciali (Laser, spot weld)
Strutture cold-formed

Forma del cordone

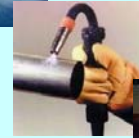
D'angolo
Strutture ordinaria

A completa penetrazione
Strutture ad alta duttilità e serbatoi

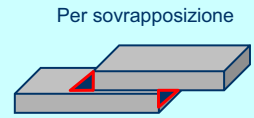
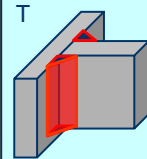
Con elettrodo



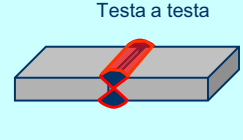
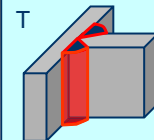
Con protezione di gas



Laser



Per sovrapposizione



Testa a testa

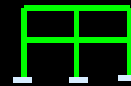


Gli edifici multipiano: *classificazione*

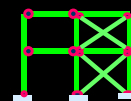
Classificazione degli edifici multipiano

Tipologia strutturale

Telai non controventati

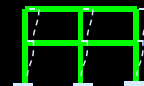


Telai controventati

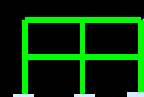


Stabilità laterale

Telai a nodi spostabili

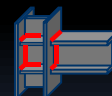


Telai a nodi fissi



Tipo di nodo trave-colonna

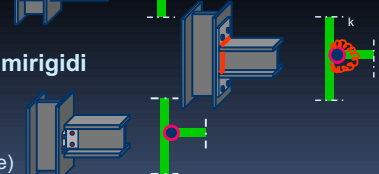
Telai a nodi rigidi



Telai a nodi semirigidi



Telai con articolazioni (schema pendolare)





Le norme tecniche per costruzioni metalliche

Evoluzione norme tecniche (non sismiche)



- < 1907 Norme puramente prescrittive
- 1907 Regio Decreto del 10/01/1907
"Norme e condizioni per i materiali agglomerati idraulici e per le opere in c.a."
Prima norma pseudoprestazionale in termini tensionali (M.T.A.)
- 1939 Regio Decreto del 16/11/1939
"Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice ed armato"
Introduceva il controllo e l'approvazione del progetto da parte della Prefettura (e Genio Civile), la quale al termine della costruzione rilasciava la licenza d'uso subordinata alla presentazione di un certificato di Collaudo
- 1971 Legge n. 1086 del 5/11/1971 e DM con Cir. da aggiornare ogni 2 anni....
"Norme tecniche sulle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed acciaio"
Introduceva una impostazione probabilistica per la caratterizzazione dei materiali e regolamentava in maniera unitaria le diverse tecnologie costruttive

Normative vigenti in Italia



Legge quadro	• Legge n. 1086 del 5/11/1971	Fino a Giu. 2009(*)
Norme sulle azioni	• D.M. LL.PP. 16/1/1996 • Ordinanza del PCM n. 3274 • Norme Tecniche per le Costruzioni (aggiornamento DM 2005)	
Norme per il controllo	• D.M. LL.PP. 1/1/1996 • CNR 10011 del 1988 • Eurocodice 3 • Norme Tecniche.. (ex. T.U.) e suoi aggiornamenti	Fino a Giu. 2009(*) Da Mar. 2008

>1990 Eurocodici (recepte in Italia EC3)

"Norme europee sulle costruzioni"
Norme prestazionali che introducono l'obbligo di utilizzo del metodo semiprobabilistico agli stati limite per il controllo teorico



Gen. 2008 DM. LL. PP. 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni

Norma unica per le costruzioni in zona sismica e non

(*) Per un periodo transitorio di 18 mesi potranno essere utilizzate sia le nuove NTC che la precedente versione o in alternativa i DM 1996



Le norme tecniche per costruzioni metalliche

Contenuto nel prodotto UNIEDIL STRUTTURE edizione 2005-1.
In uso in rete del singolo documento e la sua riproduzione. E' autorizzata la stampa per uso interno.

NORMA ITALIANA SPERIMENTALE	Eurocodice 3 Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-1: Regole generali - Regole generali e regole per gli edifici	UNI ENV 1993-1-1
	Eurocode 3 Design of steel structures Part 1-1: General - General rules and rules for buildings	VOLUME 1 Incluso aggiornamenti A1 (dicembre 1994) e A2 (ottobre 1999)
CLASSIFICAZIONE ICS	91.080.10; 91.010.30	
SOMMARIO	La norma, sperimentale, fornisce i criteri generali di progettazione di edifici e opere di ingegneria civile di acciaio. Si riferisce solamente ai requisiti di resistenza, esercizio e durata delle strutture. Altri requisiti, quali per esempio quelli dell'isolamento termico ed acustico, non sono considerati. Non contiene i requisiti particolari per la progettazione in zone sismiche. Le regole inerenti a tali requisiti sono fornite nell'Eurocodice 8 che integra o adatta in modo specifico le regole dell'Eurocodice 3 a questo scopo. I valori numerici delle azioni sugli edifici e opere di ingegneria civile che devono essere considerati nel progetto non sono forniti nell'Eurocodice 3. Essi sono forniti nell'Eurocodice 1 che è applicabile a tutti i tipi di costruzione.	
RELAZIONI NAZIONALI	La presente norma sostituisce la UNI ENV 1993-1-1:1994.	
RELAZIONI INTERNAZIONALI	= ENV 1993-1-1:1992 + A1:1994 + A2:1998 La presente norma sperimentale è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea sperimentale ENV 1993-1-1 (edizione aprile 1992), dell'aggiornamento A1 (edizione dicembre 1994) e dell'aggiornamento A2 (edizione ottobre 1998) e tiene conto dell'errata correzione dell'ottobre 1992 (AC:1992).	
ORGANO COMPETENTE	Commissione "Ingegneria strutturale"	
DATA	Presidente dell'UNI, delibera del 23 ottobre 2002	

Eurocodice 3



EUROPEA SPERIMENTALE

Documento contenuto nel CD-ROM EUROCODICI edizione 2006.
E' autorizzato l'uso in rete del singolo documento e la sua riproduzione. E' autorizzata la stampa per uso interno.

NORMA EUROPEA	Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici	UNI EN 1993-1-1
	Eurocode 3 Design of steel structures Part 1-1: General rules and rules for buildings	AGOSTO 2005
	La norma fornisce i criteri generali di progettazione di edifici e opere di ingegneria civile di acciaio. Si riferisce solamente ai requisiti di resistenza, esercizio e durata delle strutture. Altri requisiti, quali per esempio quelli dell'isolamento termico ed acustico, non sono considerati. Non contiene i requisiti particolari per la progettazione in zone sismiche. Le regole inerenti a tali requisiti sono fornite nell'Eurocodice 8 che integra o adatta in modo specifico le regole dell'Eurocodice 3 a questo scopo. I valori numerici delle azioni sugli edifici e opere di ingegneria civile che devono essere considerati nel progetto non sono forniti nell'Eurocodice 3. Essi sono forniti nell'Eurocodice 1 che è applicabile a tutti i tipi di costruzione.	
	TESTO INGLESE	
	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 1993-1-1 (edizione maggio 2005).	
	La presente norma, unitamente alle UNI EN 1993-1-2:2005, UNI EN 1993-1-3:2005 e UNI EN 1993-1-10:2005, sostituisce la UNI ENV 1993-1-1:2004.	
	ICS 91.010.30; 91.080.10	
UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione Via Battistini Sass, 119 20133 Milano, Italia	© UNI Reproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopia, microfilm o altro, senza il consenso scritto dall'UNI.	



Le norme tecniche per costruzioni metalliche

DM. LL. PP. 14/01/2008



NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Gazzetta Ufficiale
n. 29 del 4 febbraio 2008

N.B. IL DM entra in vigore 30 gg
dopo la pubblicazione sulla
gazzetta ufficiale



CNR UNI 10011



NORMA TECNICA	CNR UNI 10011
DATA	01/06/88
AUTORI	UNI-CEI-CNR NORMATIVE QUADRO PER LE ATTIVITA' DI CERTIFICAZIONE
TITOLO	Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione. Steel structures. Instructions of design, construction, testing and maintenance.
SOMMARIO	Il campo di applicazione e' quello della legge 5 novembre 1971 n. 1086 precisato dalla circolare n.11951 emanata in data 14 febbraio 1974 dal ministero dei lavori pubblici. Ha lo scopo di precisare e raccogliere classificazioni, procedimenti esecutivi, metodi di calcolo e metodi di prova, per la corretta redazione dei progetti delle costruzioni di acciaio e per la loro buona esecuzione e manutenzione. In particolare essa considera due metodi di calcolo: il metodo agli stati limite, il metodo alle tensioni ammissibili. Tutte le verifiche considerate nei due metodi presuppongono che la determinazione delle componenti di sollecitazione (momenti flettenti e torcenti, azioni assiali e taglianti) venga effettuata con metodi di calcolo, riconducibili all'analisi elastica delle strutture. Non riguarda quindi il calcolo plastico delle strutture di acciaio, cioe' quel calcolo che considera come stato limite ultimo la formazione di un numero sufficiente di carriere plastiche per ridurre la struttura a un meccanismo. Non riguarda gli elementi di lamiera grecata e di profilati sagomati a freddo. Per essi si possono adottare i metodi di calcolo indicati nella CNR- UNI 10022 oppure altri metodi fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati. Metodi di calcolo; materiali; verifiche di resistenza dei collegamenti; verifiche di resistenza delle membrature; verifiche di stabilita'; verifiche relative alla fatica; regole pratiche di progettazione ed esecuzione; controlli sui prodotti laminati per strutture di acciaio; redazione del progetto, collaudo, sorveglianza, e manutenzione.
	TESTO DELLA NORMA
CLASSIFICAZIONE ICS	91.080.10
CLASSIFICAZIONE ARGOMENTO	AA10C0101
PARZIALMENTE SOSTITUITA	
STATO DI EDIZIONE	Edizione 5. Modifica CNR UNI 10011, giu. 1983 (dic. 1973; ott. 1967; lug. 1963
GRADO DI COGENZA	
VARIANTI	Adeguamento alla nuova regolamentazione.
STATO DI VALIDITA'	IN VIGORE
RIFERIMENTI NAZIONALI	
RIFERIMENTI INTERNAZIONALI	
CONCORDANZA	



Le norme tecniche per costruzioni metalliche

DM. LL. PP. 14/01/2008



4	COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI
4.1	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO
4.1.1	Valutazione della sicurezza e metodi di analisi
4.1.2	Verifiche agli stati limite
4.1.3	Verifiche per situazioni transitorie
4.1.4	Verifiche per situazioni eccezionali
4.1.5	Verifiche mediante prove su strutture campione e su modelli
4.1.6	Dettagli costruttivi
4.1.7	Esecuzione
4.1.8	Norme ulteriori per il calcestruzzo armato precompresso
4.1.9	Norme ulteriori per i solai
4.1.10	Norme ulteriori per le strutture prefabbricate
4.1.11	Calcestruzzo a bassa percentuale di armatura o non armato
4.1.12	Calcestruzzo di aggregati leggeri
4.1.13	Resistenza al fuoco
4.2	COSTRUZIONI DI ACCIAIO
4.2.1	Materiali
4.2.2	Valutazione della sicurezza
4.2.3	Analisi strutturale
4.2.4	Verifiche
4.2.5	Verifiche per situazioni progettuali transitorie
4.2.6	Verifiche per situazioni progettuali eccezionali
4.2.7	Progettazione integrata da prove
4.2.8	Unioni
4.2.9	Requisiti per la progettazione e l'esecuzione
4.2.10	Criteri di durabilita'
4.2.11	Resistenza al fuoco
4.3	COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO - CALCESTRUZZO
4.3.1	Valutazione della sicurezza
4.3.2	Analisi strutturale
4.3.3	Resistenza di calcolo



Le norme tecniche per costruzioni metalliche

DM. LL. PP. 14/01/2008



7	PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE	
7.1	REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	
7.2	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE	
7.2.1	<i> </i> Criteri generali di progettazione	
7.2.2	<i> </i> Caratteristiche generali delle costruzioni	
7.2.3	<i> </i> Criteri di progettazione di elementi strutturali "secondari" ed elementi non strutturali	
7.2.4	<i> </i> Criteri di progettazione degli impianti	
7.2.5	<i> </i> Requisiti strutturali degli elementi di fondazione	
7.2.6	<i> </i> Criteri di modellazione della struttura e azione sismica	
7.3	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	
7.3.1	<i> </i> Analisi lineare o non lineare	
7.3.2	<i> </i> Analisi statica o dinamica	
7.3.3	<i> </i> Analisi lineare dinamica o statica	
7.3.4	<i> </i> Analisi non lineare statica o dinamica	
7.3.5	<i> </i> Risposta alle diverse componenti dell'azione sismica ed alla variabilità spaziale del moto	
7.3.6	<i> </i> Criteri di verifica agli stati limite ultimi	
7.3.7	<i> </i> Criteri di verifica agli stati limite di esercizio	
7.4	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	
7.4.1	<i> </i> Generalità	
7.4.2	<i> </i> Caratteristiche dei materiali	
7.4.3	<i> </i> Tipologie strutturali e fattori di struttura	
7.4.4	<i> </i> Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali	
7.4.5	<i> </i> Costruzioni con struttura prefabbricata	
7.4.6	<i> </i>	
7.5	COSTRUZIONI D'ACCIAIO	
7.5.1	<i> </i> Caratteristiche dei materiali	
7.5.2	<i> </i> Tipologie strutturali e fattori di struttura	
7.5.3	<i> </i> Regole di progetto generali per elementi strutturali dissipativi	
7.5.4	<i> </i> Regole di progetto specifiche per strutture intelaiate	
7.5.5	<i> </i> Regole di progetto specifiche per strutture con controventi concentrici	
7.5.6	<i> </i> Regole di progetto specifiche per strutture con controventi eccentrici	



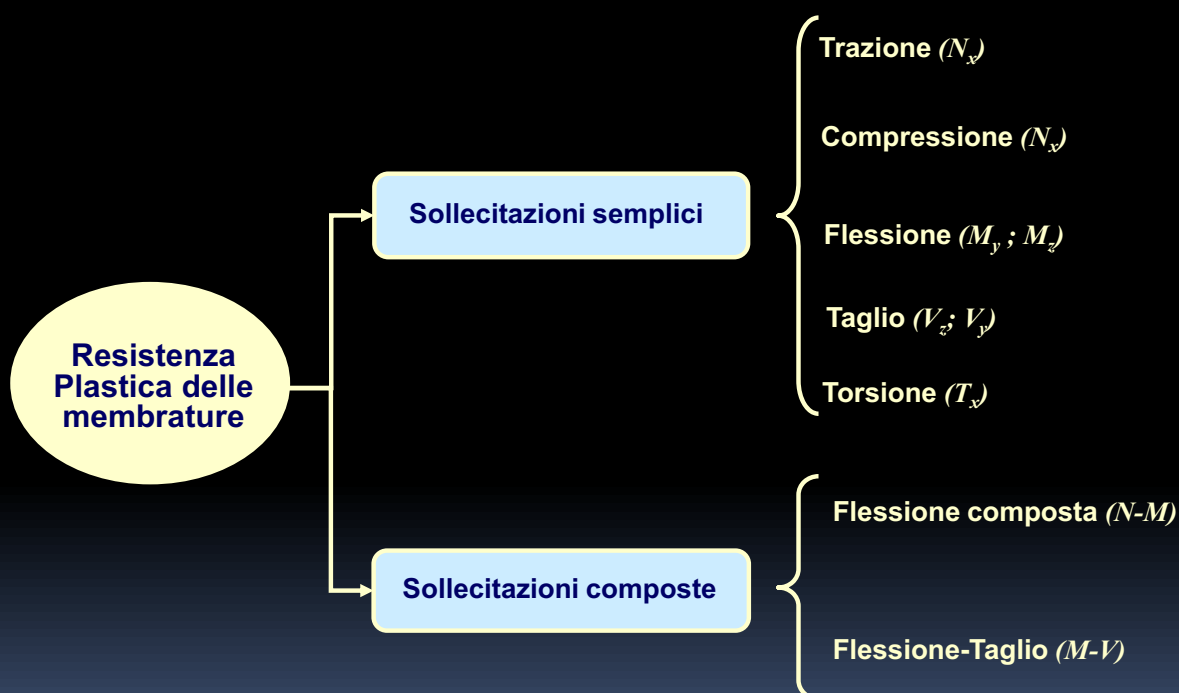
INTRODUZIONE AL CALCOLO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO



Definizione e classificazione

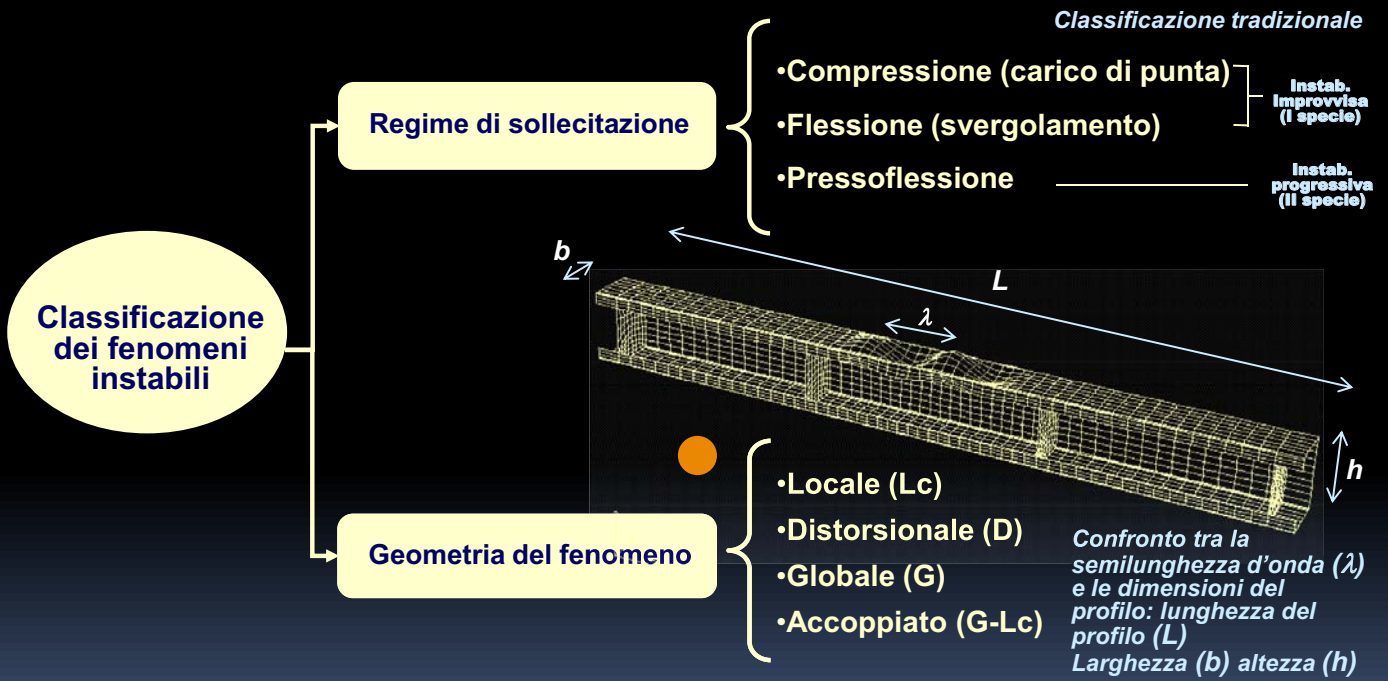


Le membrane: Resistenza plastica

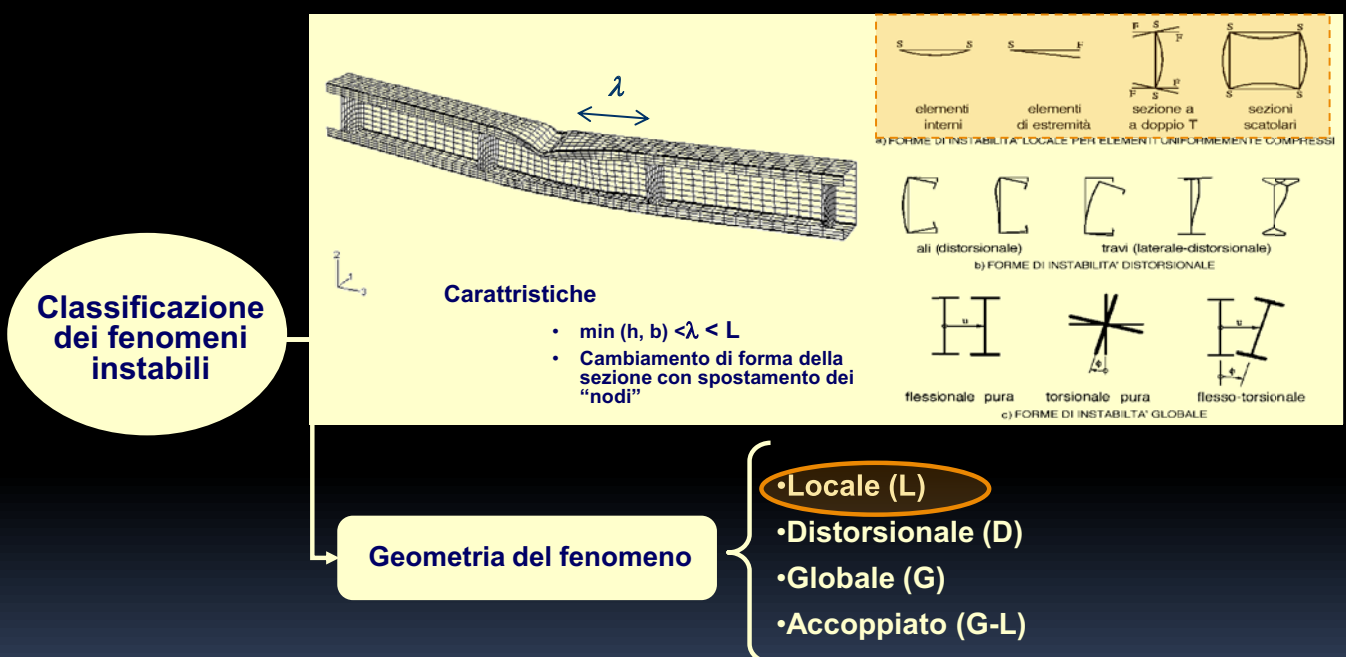




Definizione e classificazione



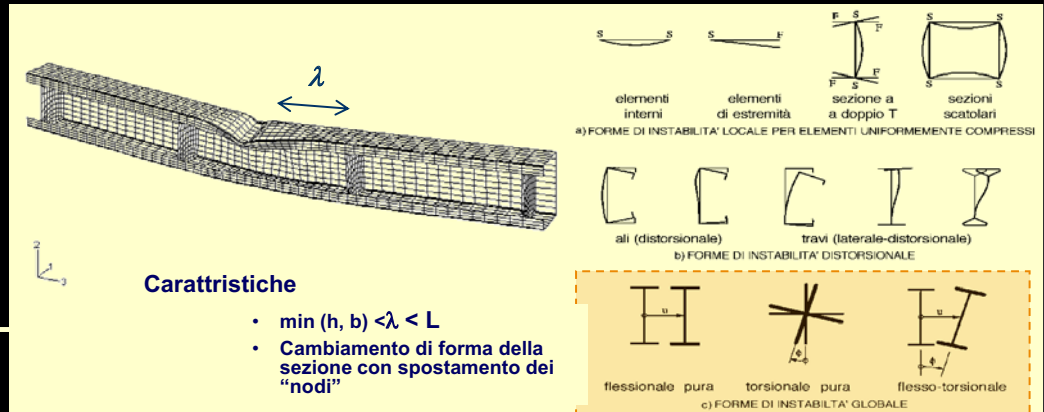
Definizione e classificazione





Definizione e classificazione

Classificazione dei fenomeni instabili



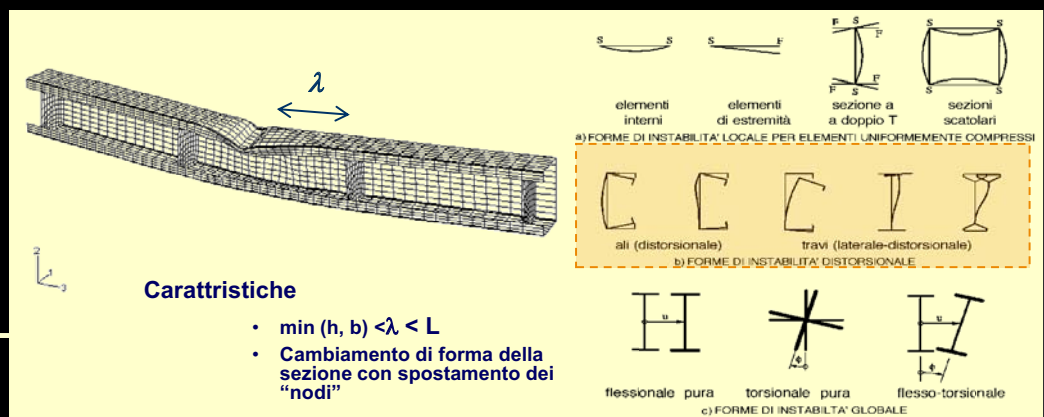
Geometria del fenomeno

- Locale (L)
- Distorsionale (D)
- Globale (G)
- Accoppiato (G-L)



Definizione e classificazione

Classificazione dei fenomeni instabili

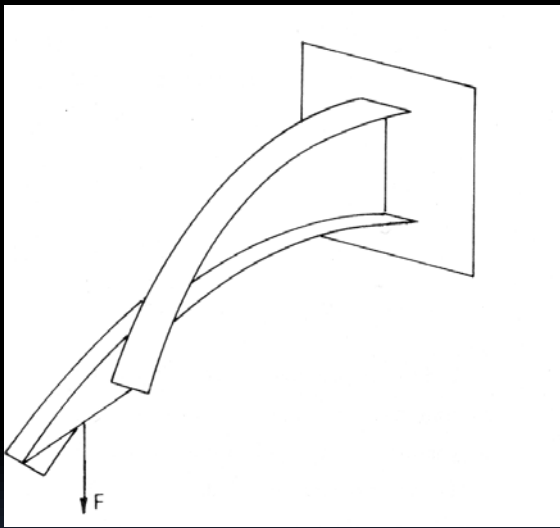


Geometria del fenomeno

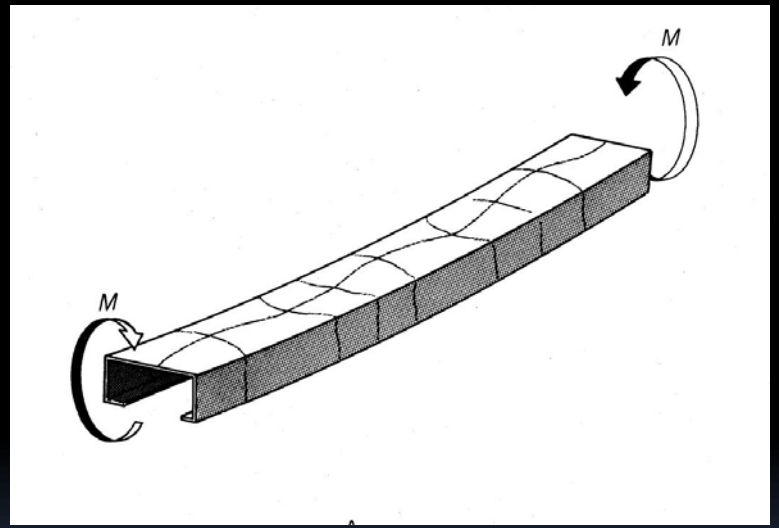
- Locale (L)
- Distorsionale (D)
- Globale (G)
- Accoppiato (G-L)



STABILITA'



Instabilità globale



Instabilità locale



CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI

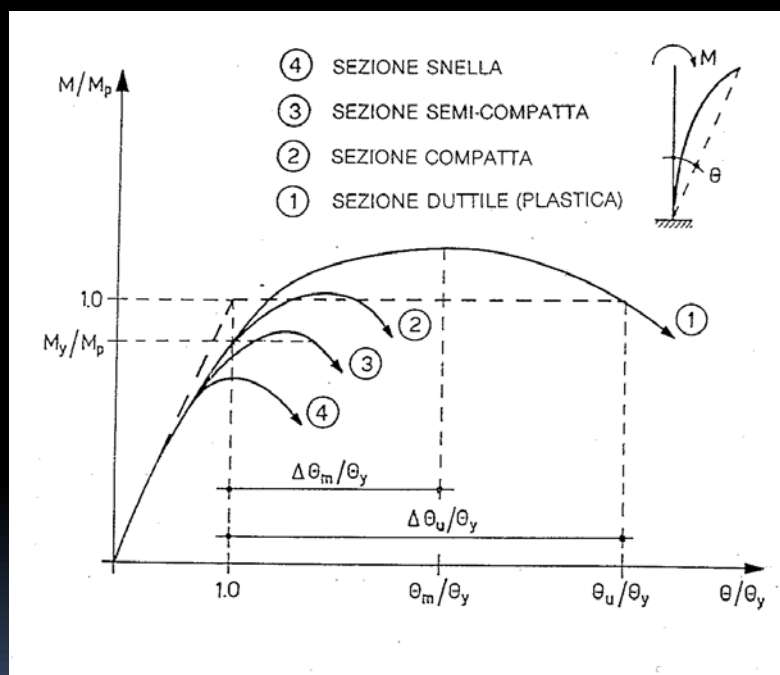




Tabella 4.2.1 - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Classe	Fatti interni compresse					
	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\alpha$	$c/t \leq 33\alpha$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{235\alpha}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{33\alpha}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 53\alpha$	$c/t \leq 30\alpha$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{235\alpha}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{45,5\alpha}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 324\alpha$	$c/t \leq 42\alpha$	quando $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\alpha}{0,67 + 0,37\psi}$ quando $\psi \leq -1$: $c/t \leq 62\alpha(1 - \psi)^{1/2}$			
$c = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
α		1,00	0,82	0,81	0,75	0,71

^{*)} $\psi = -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_p > \epsilon_{yk}/E$



Considerazioni conclusive



**THANK YOU FOR YOUR
ATTENTION**

