



# 041R - ANALISI DELLE STRUTTURE



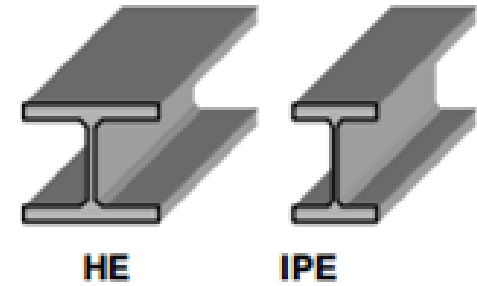




# Componenti del sistema strutturale

Definito il tipo di **materiale** (*componente di base*), i componenti di un sistema strutturale in acciaio sono:

**1. Membrature**



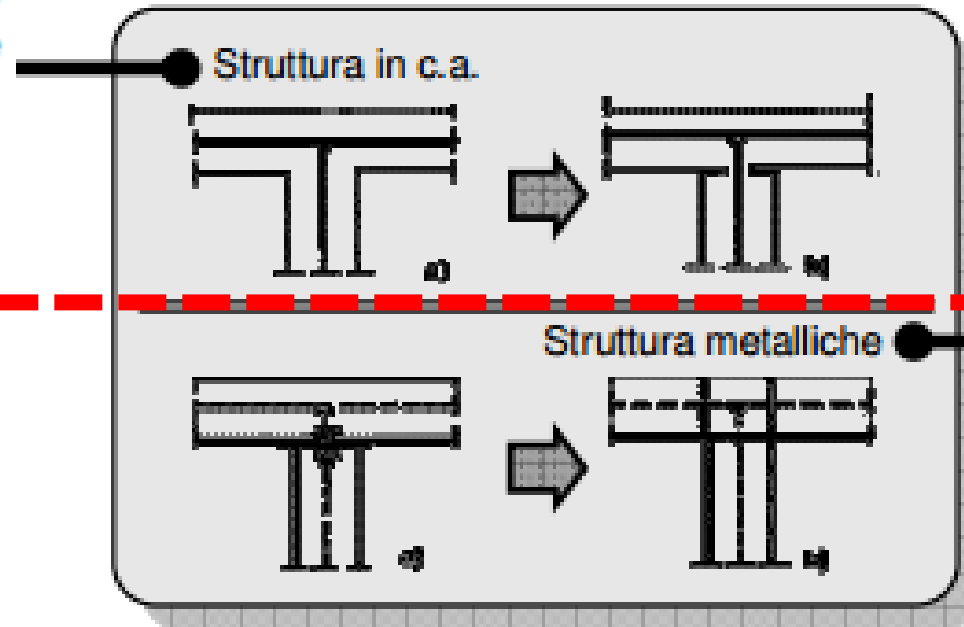
**2. Collegamenti**



**Es.**  
**Il caso di un edificio intelaiato**

# Classificazione di unioni e collegamenti

La struttura in c.a. si presenta come un sistema monolitico nel quale occorrono particolari accorgimenti per **consentire** movimenti relativi tra le diverse membrature (travi e pilastri)



La struttura metalliche nascono dall'assemblaggio di elementi monodimensionali prefabbricati. Al contrario delle strutture in c.a. occorrono in questo caso particolari accorgimenti per **impedire** gli spostamenti relativi tra gli elementi attraverso la realizzazione di **collegamenti**

# Classificazione di unioni e collegamenti

Le giunzioni tra membrature possono essere interamente saldate o bullonate, oppure in parte saldate ed in parte bullonate.

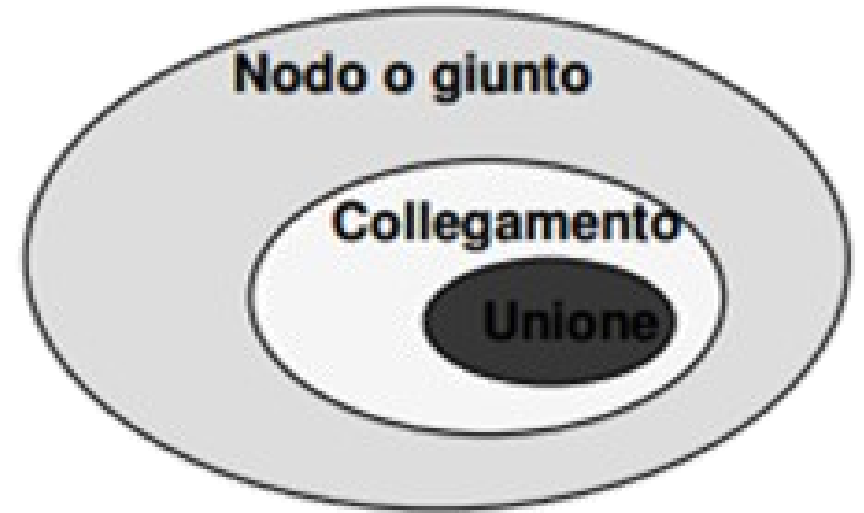
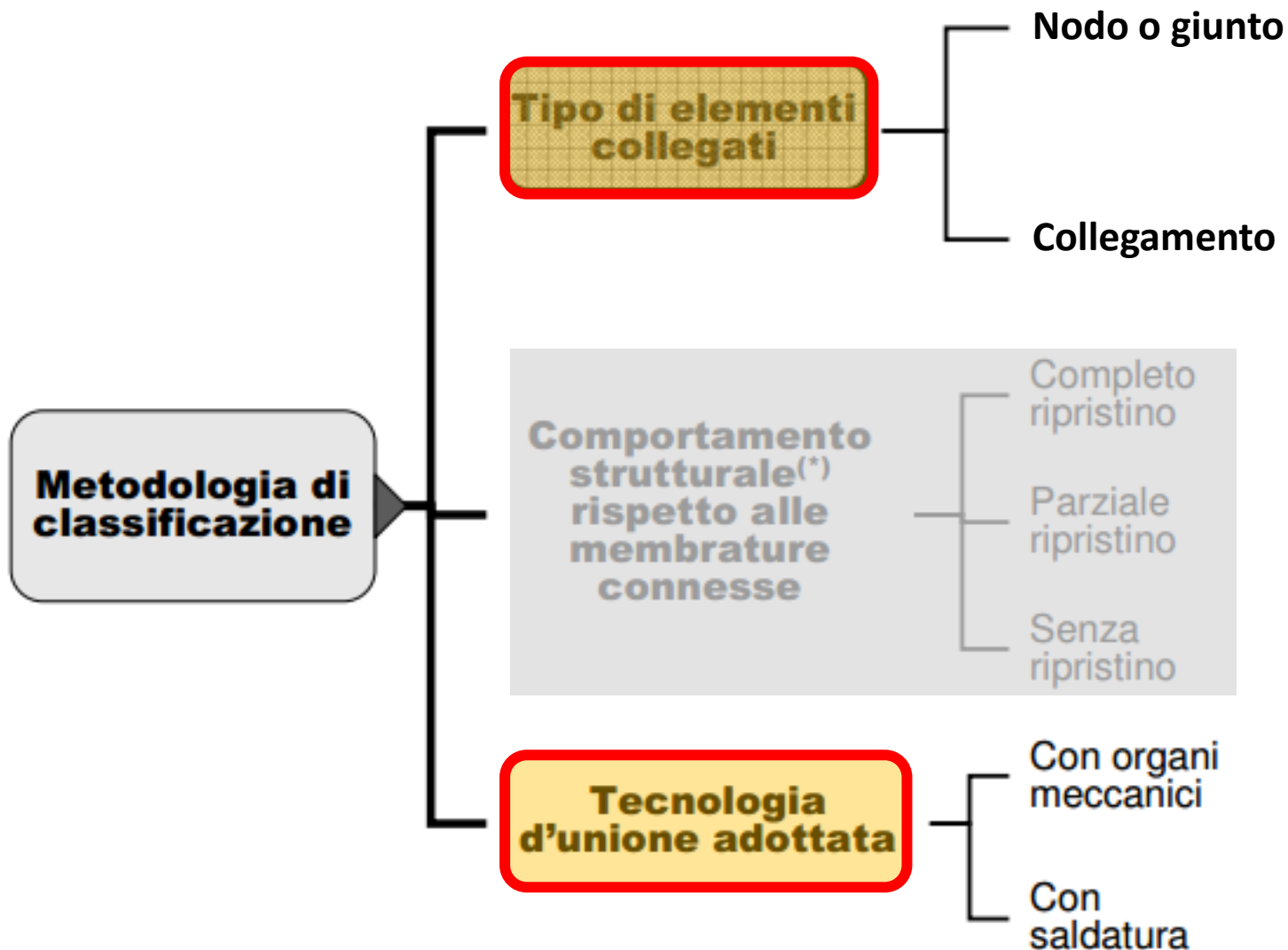
Si può fare una prima distinzione tra collegamenti in base alla **reversibilità**:

- sistemi scioglibili: bulloni, perni
- sistemi non scioglibili: chiodi, saldature, adesivi



Lo sforzo del progettista è quello di realizzare collegamenti semplici al fine di ridurre i dettagli costruttivi che incidono sul costo della giunzione senza essere determinanti nel comportamento della giunzione.

# Classificazione di unioni e collegamenti



Il **nodo** e il **giunto** possono essere visti come dei sistemi strutturali ottenuti dalla composizione di uno o più **collegamenti** a sua volta composti da **unioni elementari**



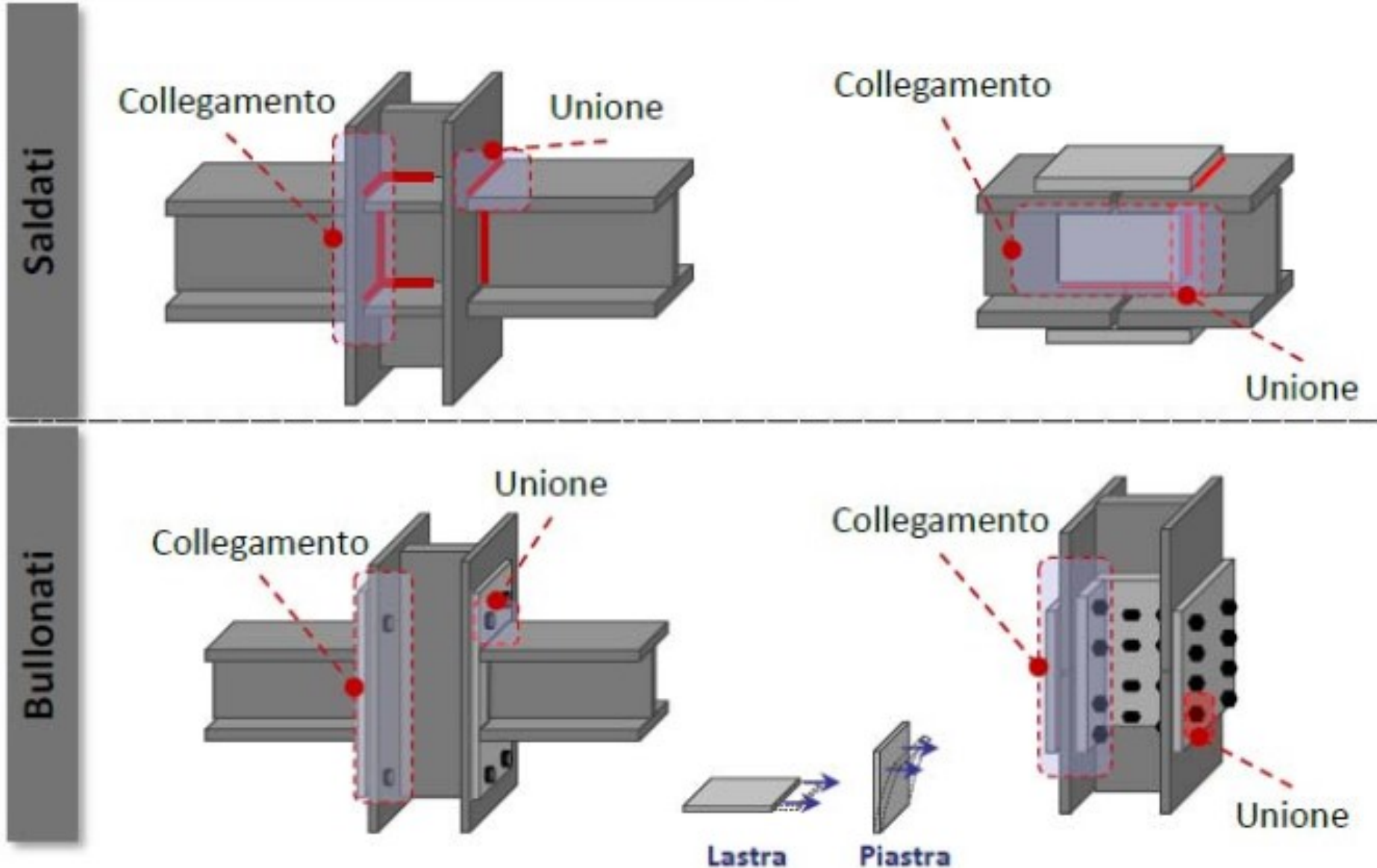
## Nodi-Giunti

VS.

## Giunzioni

Sono i dispositivi necessari a collegare elementi tipologicamente diversi

Sono i dispositivi necessari a prolungare la stessa membratura ( $L_{std}=12\text{ m}$ )

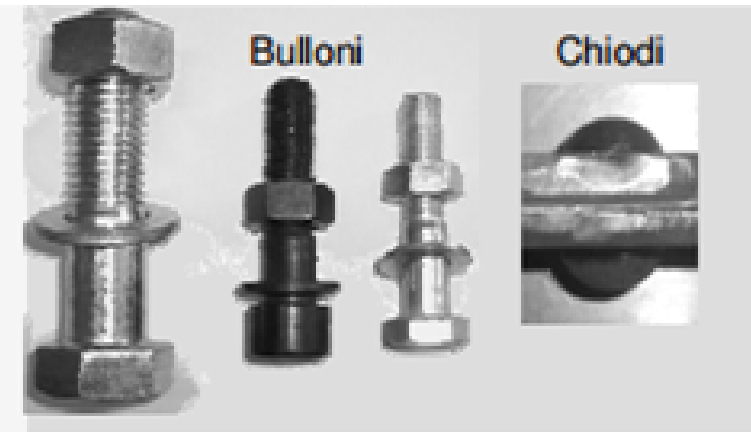


# Unioni meccaniche

## Tipologie di organi meccanici

### Per carpenteria pesante

- Bulloni ( $d \in [12 \div 30 \text{ mm}]$ )
- Chiodi ( $d \geq 8 \text{ mm}$ )



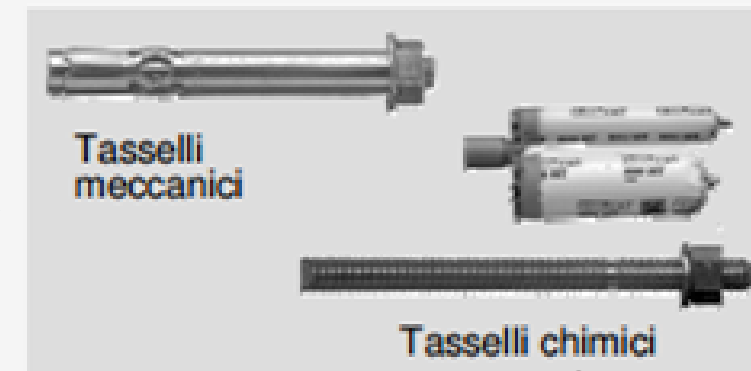
### Per carpenteria leggera

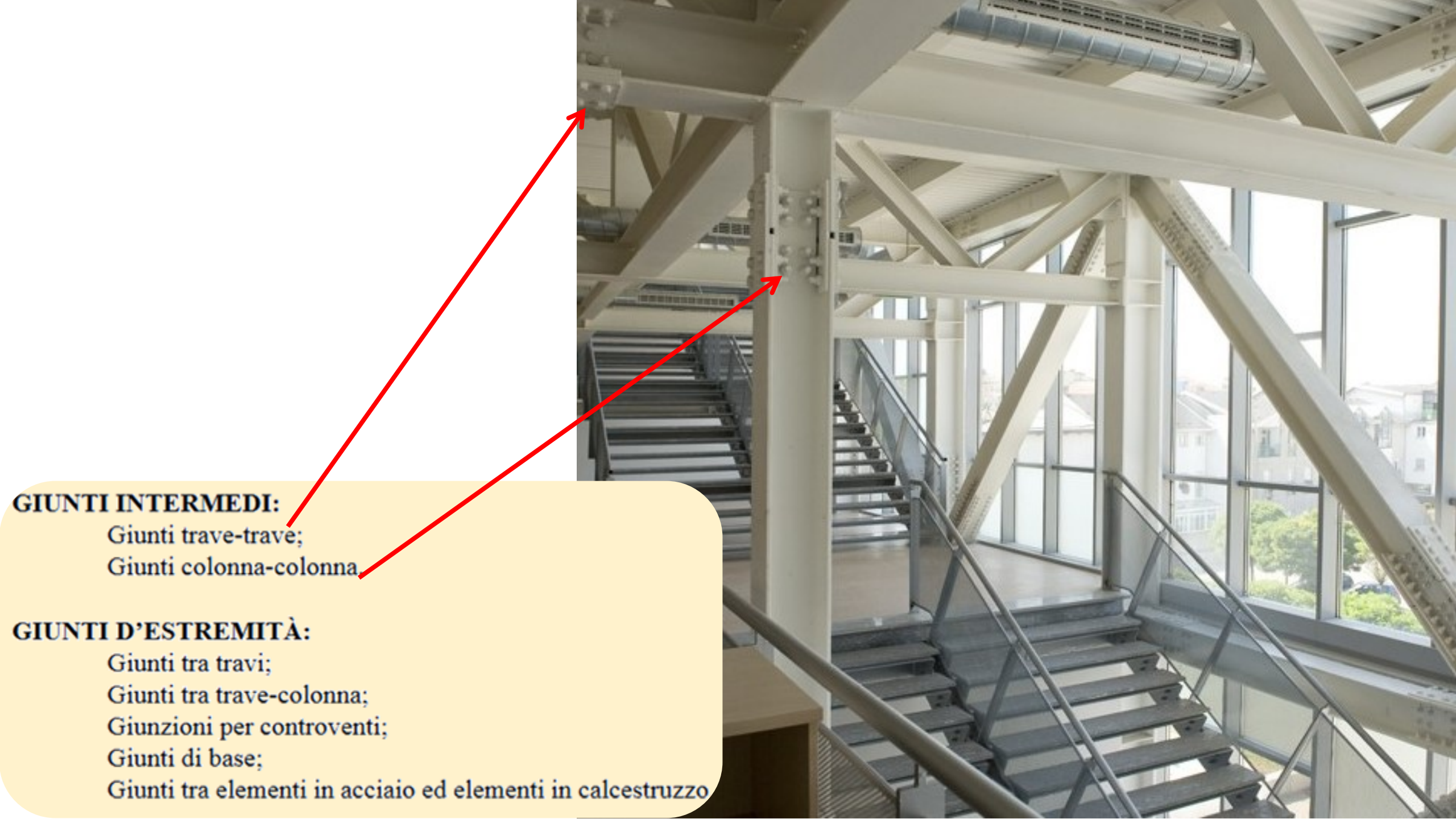
- Rivetti ( $d < 8 \text{ mm}$ )
- Viti autofilettanti
- Clinciatura



### Ancoraggi

- Tasselli chimici
- Tasselli meccanici





**GIUNTI INTERMEDI:**

Giunti trave-trave;  
Giunti colonna-colonna.

**GIUNTI D'ESTREMITÀ:**

Giunti tra travi;  
Giunti tra trave-colonna;  
Giunzioni per controventi;  
Giunti di base;  
Giunti tra elementi in acciaio ed elementi in calcestruzzo



**GIUNTI INTERMEDI:**

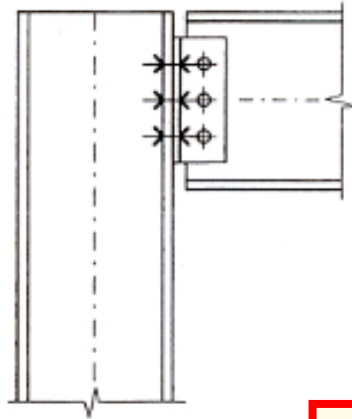
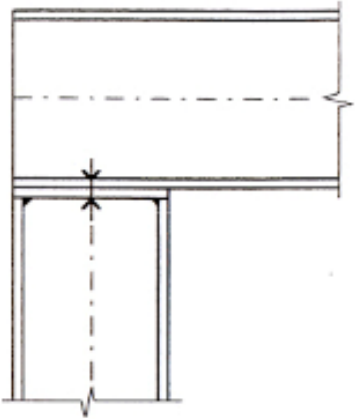
Giunti trave-trave;  
Giunti colonna-colonna.

**GIUNTI D'ESTREMITÀ:**

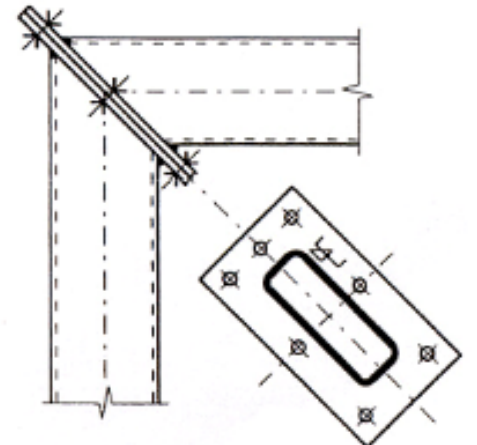
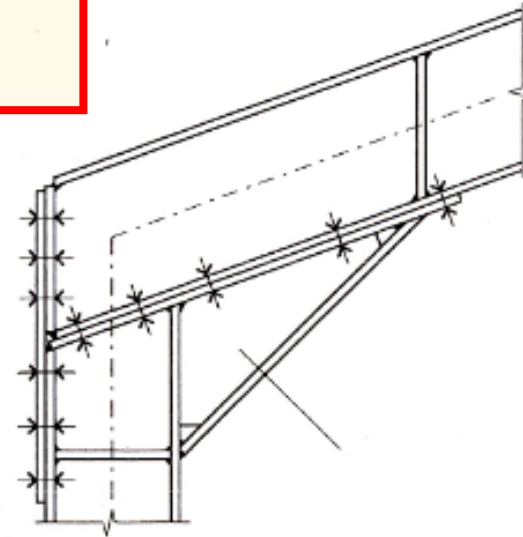
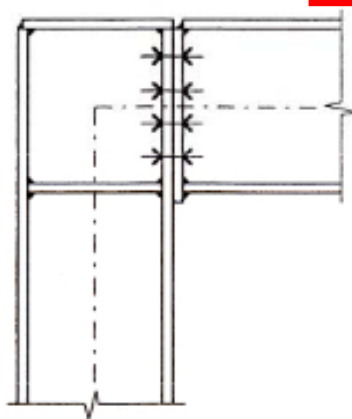
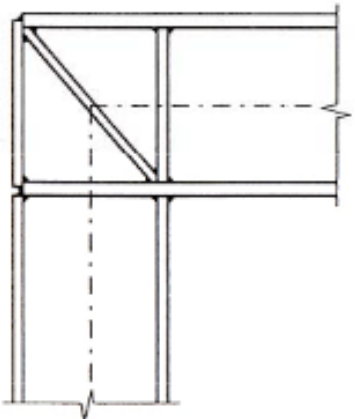
Giunti tra travi;  
Giunti tra trave-colonna;  
Giunzioni per controventi;  
Giunti di base;  
Giunti tra elementi in acciaio ed elementi in calcestruzzo

# COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA

cerniere



incastri



# CONTROVENTI IN ACCIAIO SU TELAI C.A. ESISTENTI





# ARTICOLAZIONI E PERNI

Rotazione libera  
Spostamento impedito

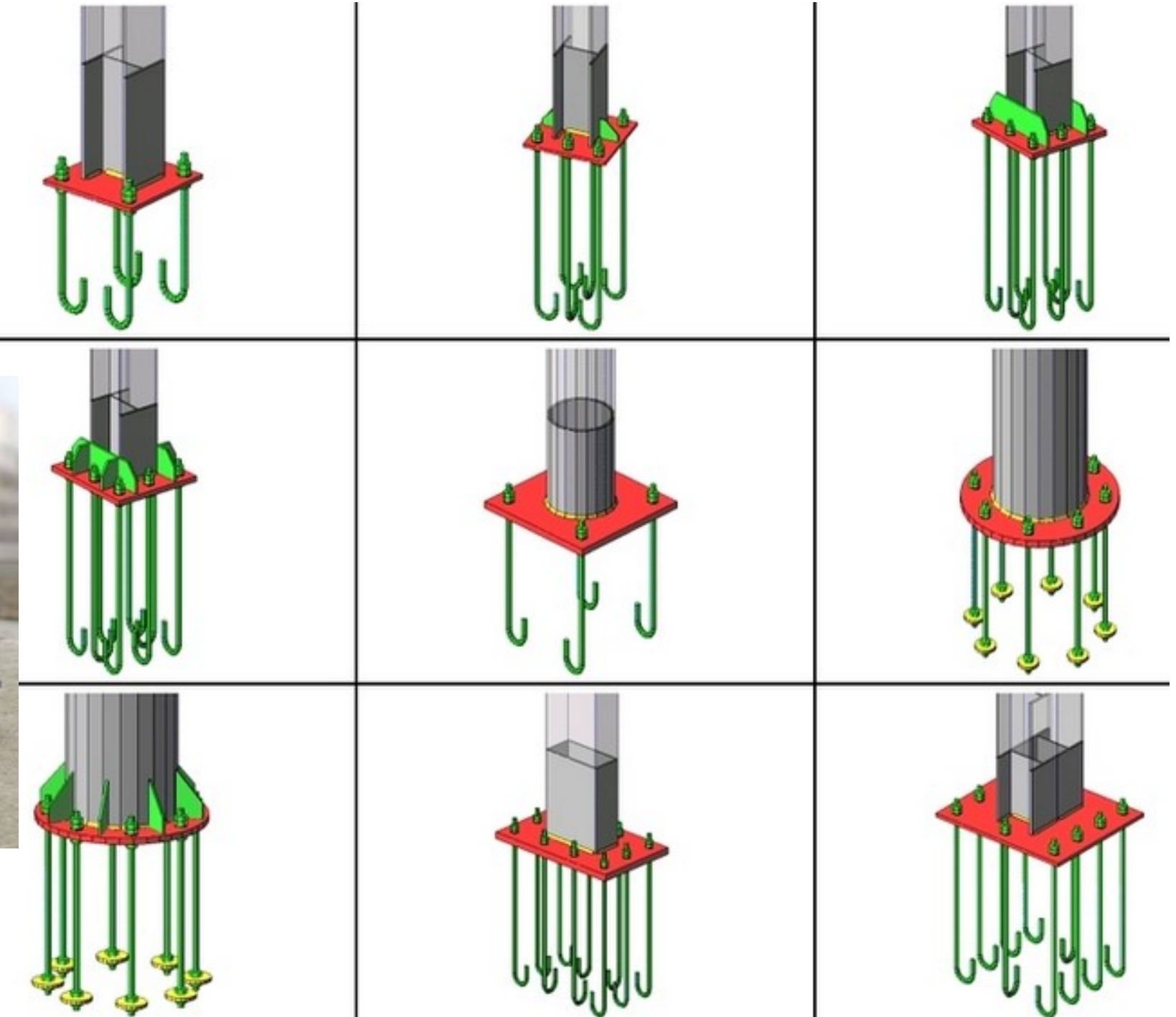
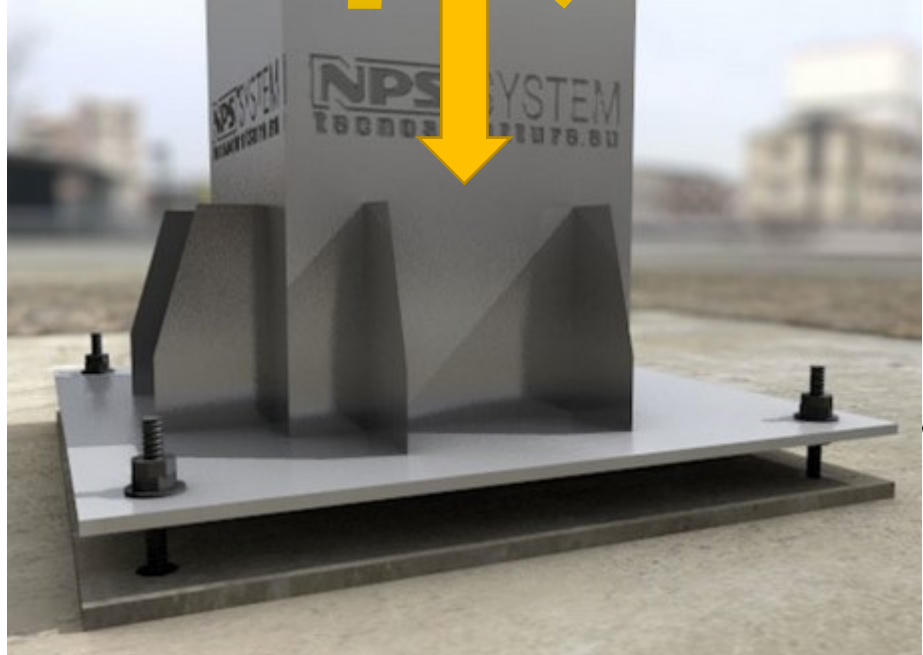


# ARTICOLAZIONI E PERNI

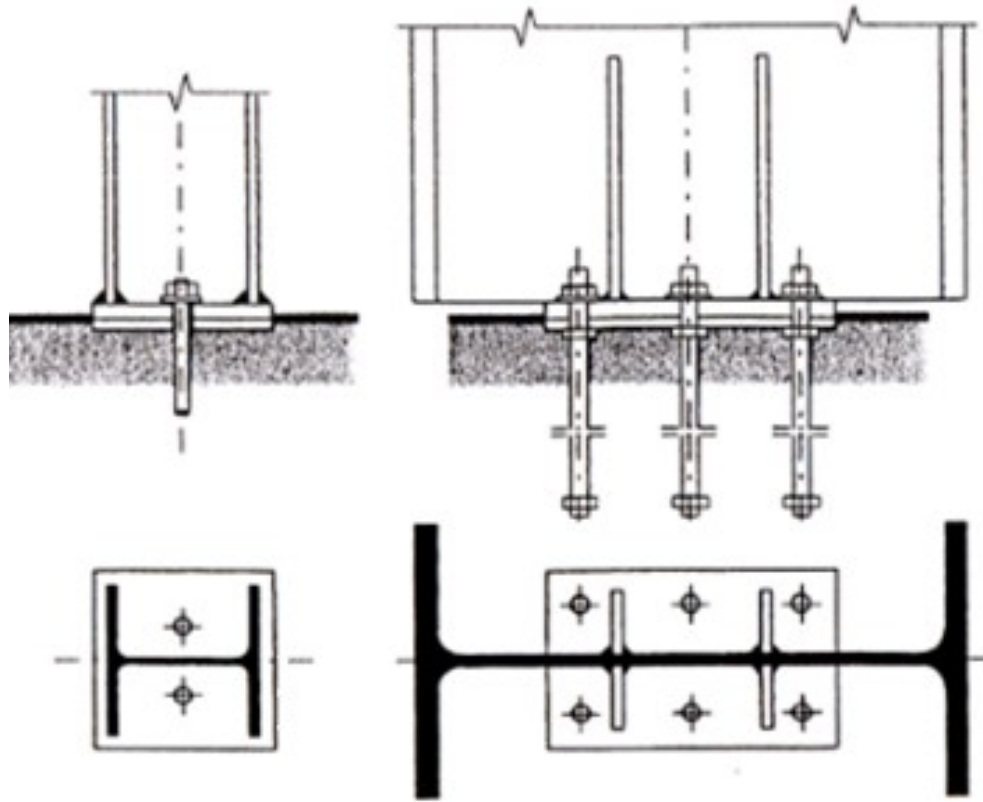
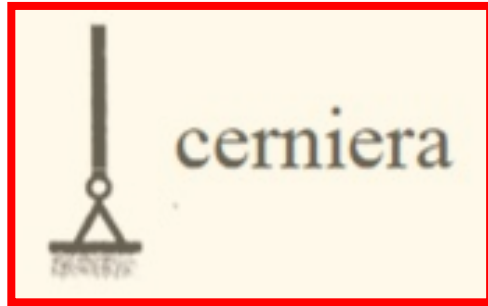




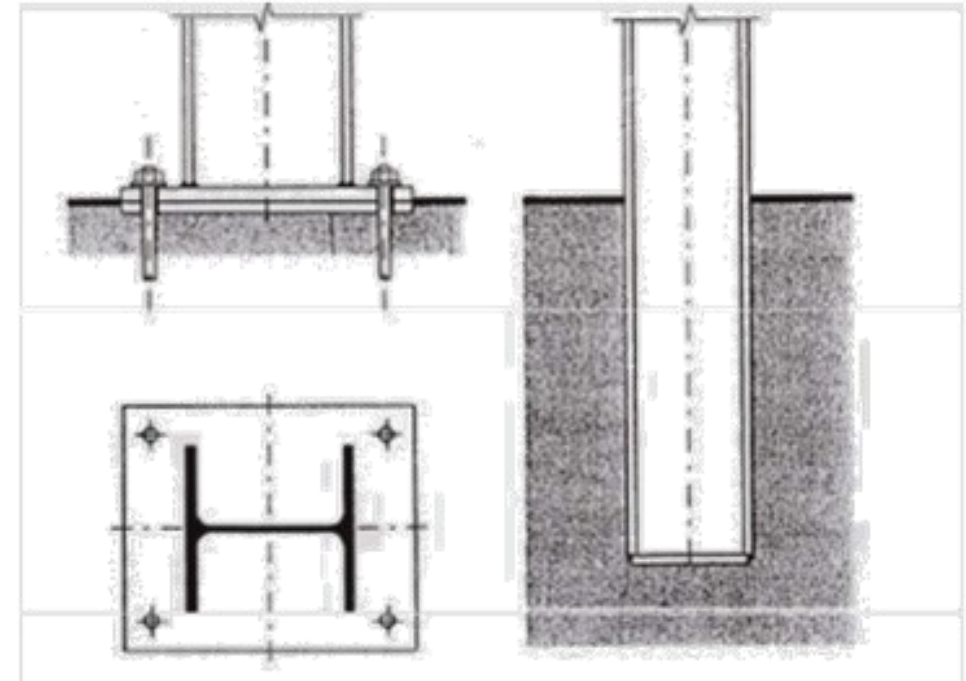
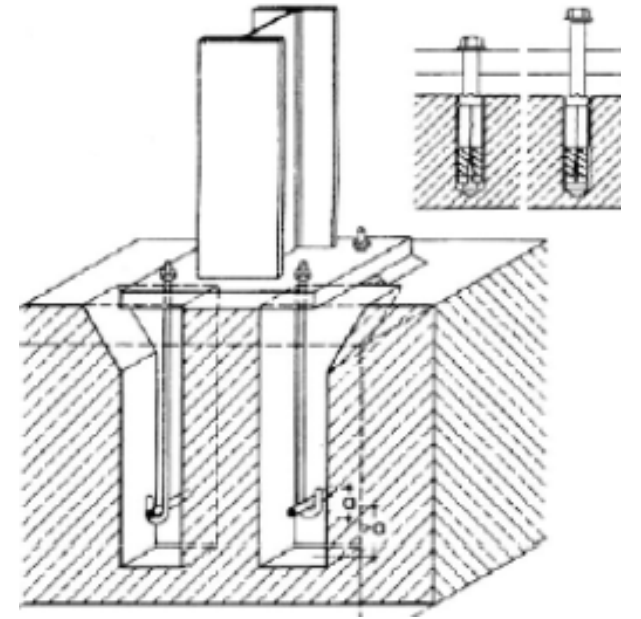
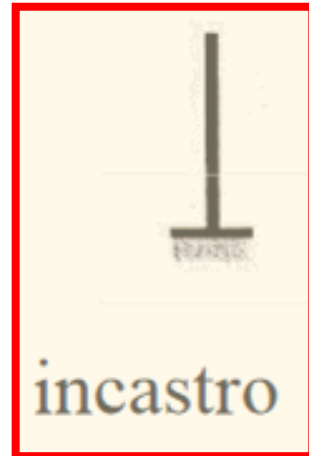
# COLLEGAMENTI DI BASE



# COLLEGAMENTI DI BASE



vs.



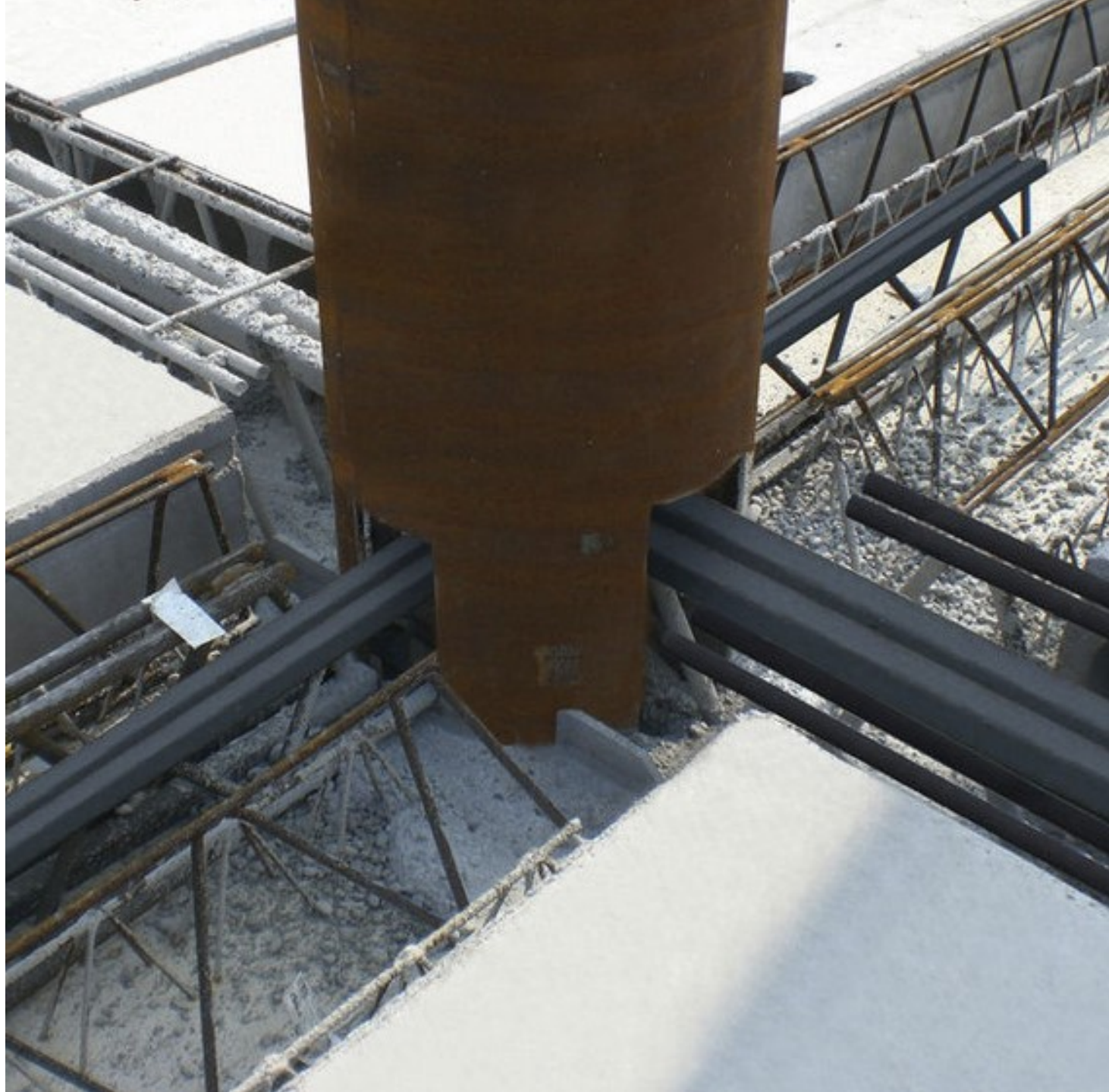


COLLEGAMENTO DI STRALLI

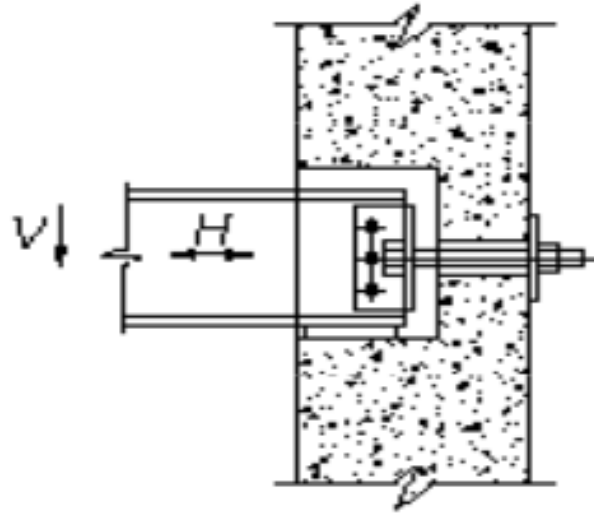




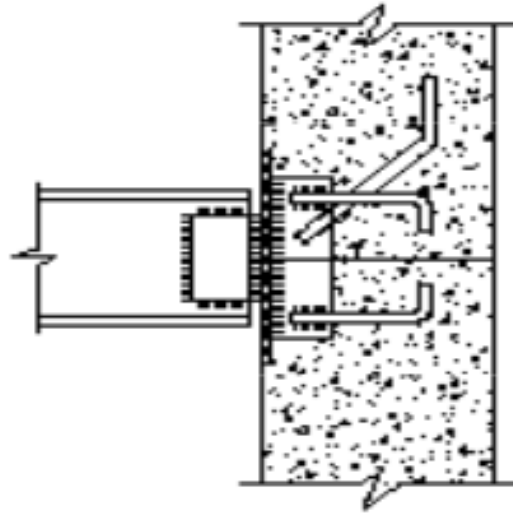
COLLEGAMENTO MISTO  
ACCIAIO-CLS



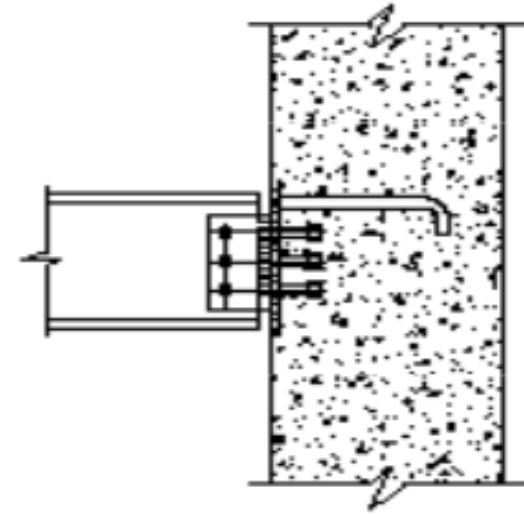
# COLLEGAMENTI ACCIAIO-CLS



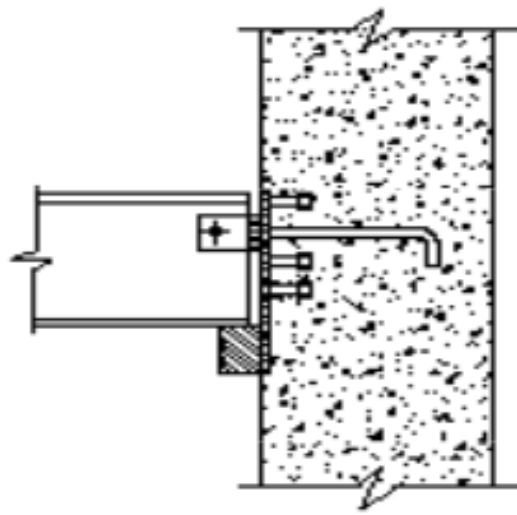
a)



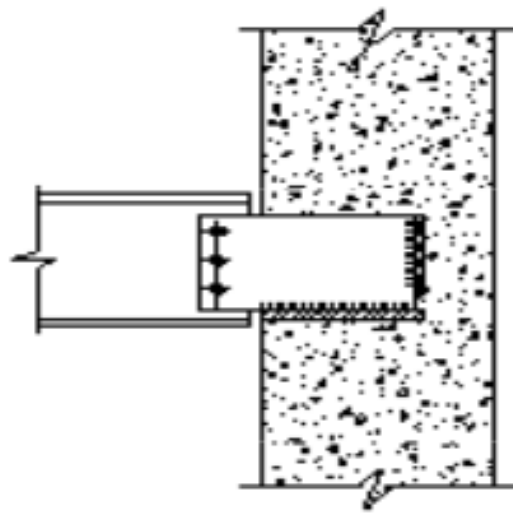
b)



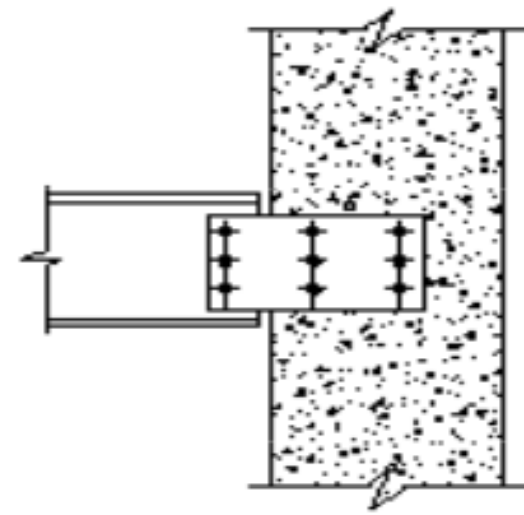
c)



d)



e)



f)

# COLLEGAMENTI ACCIAIO-LEGNO



# COLLEGAMENTI ACCIAIO-VETRO





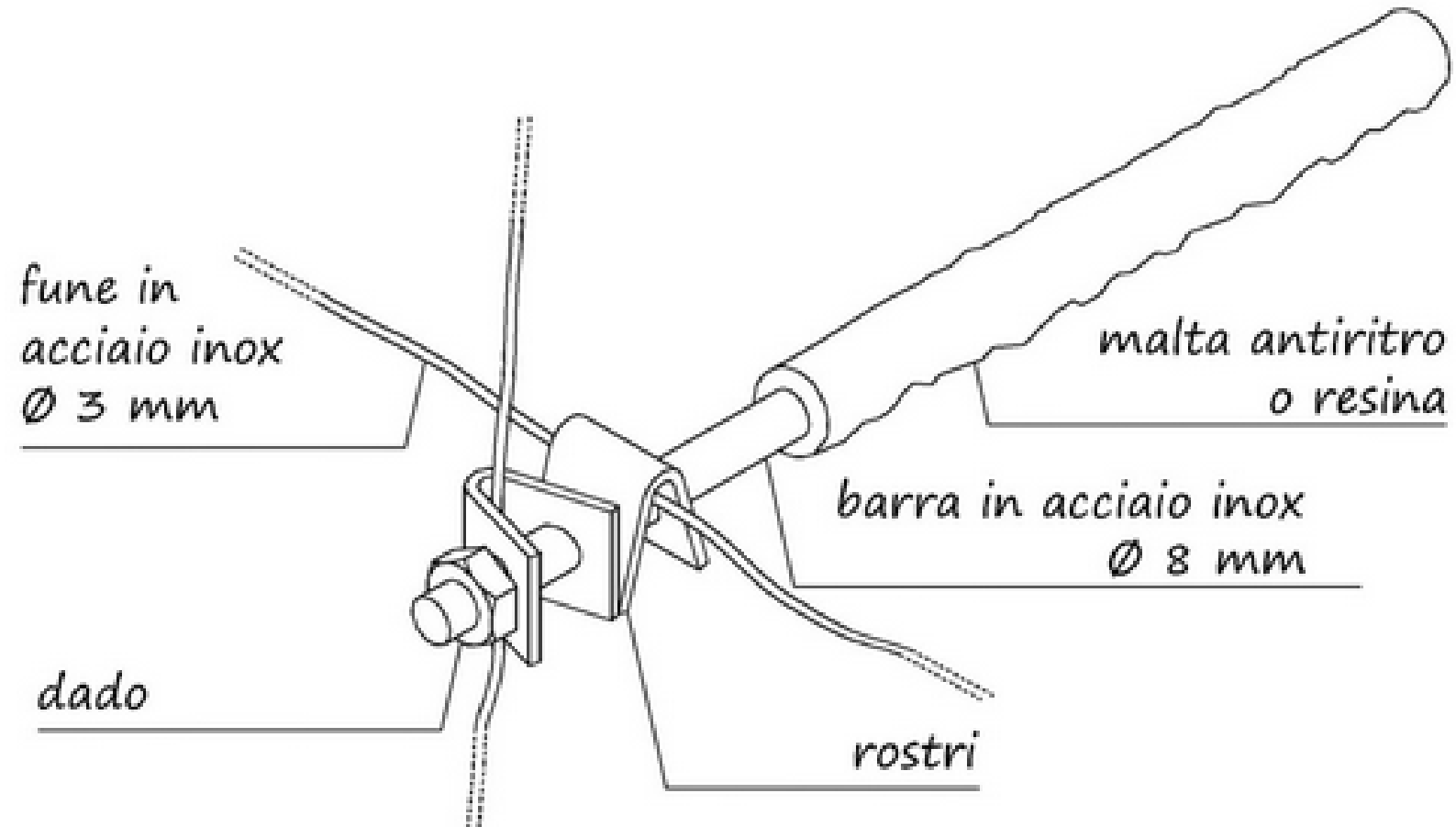
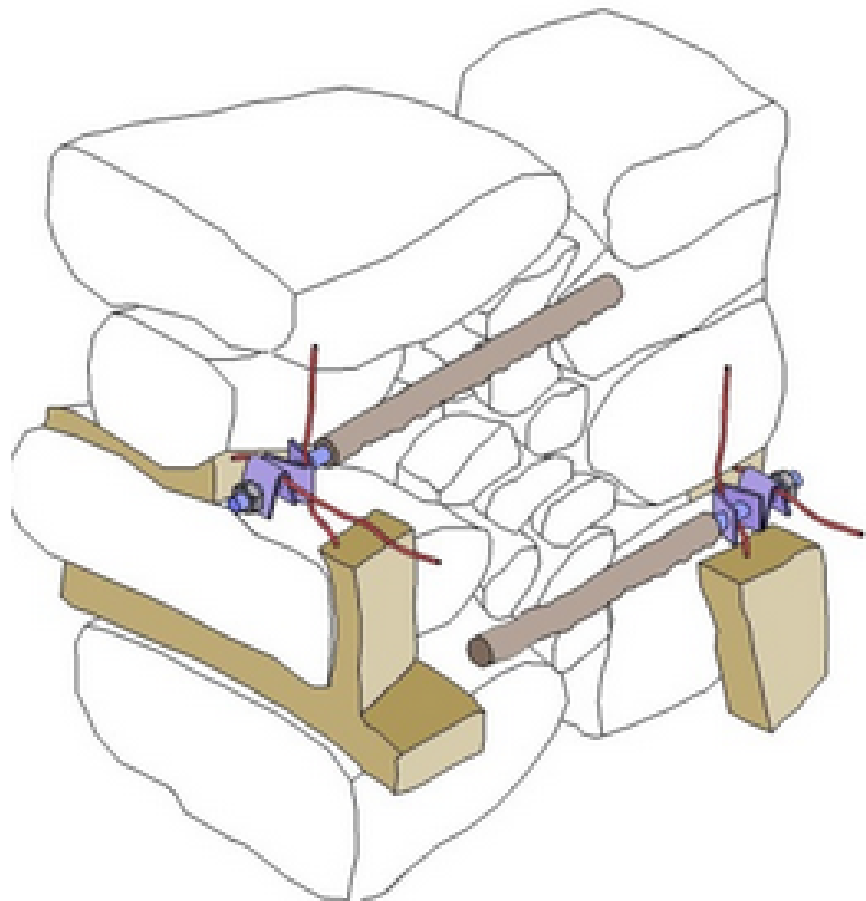






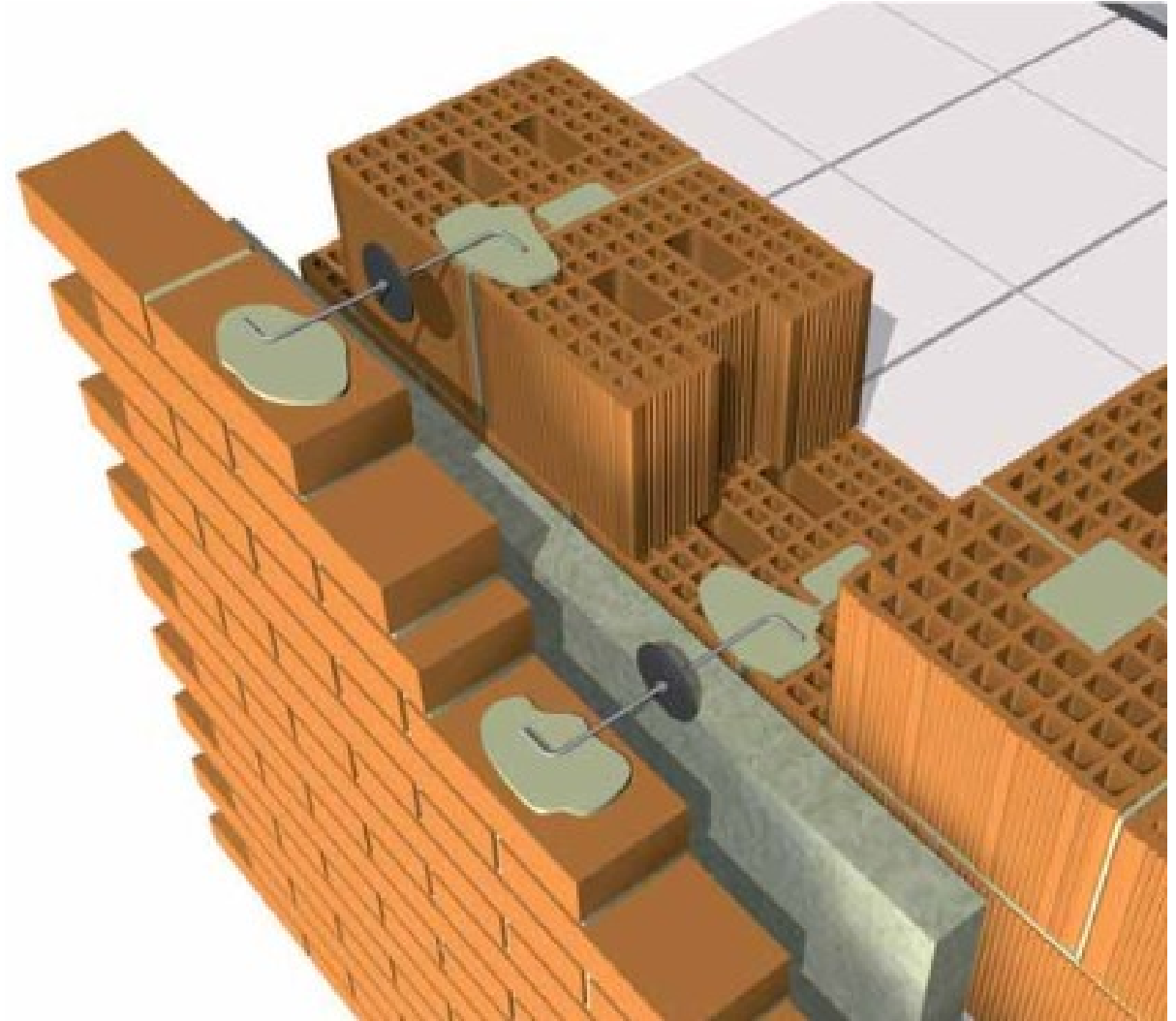
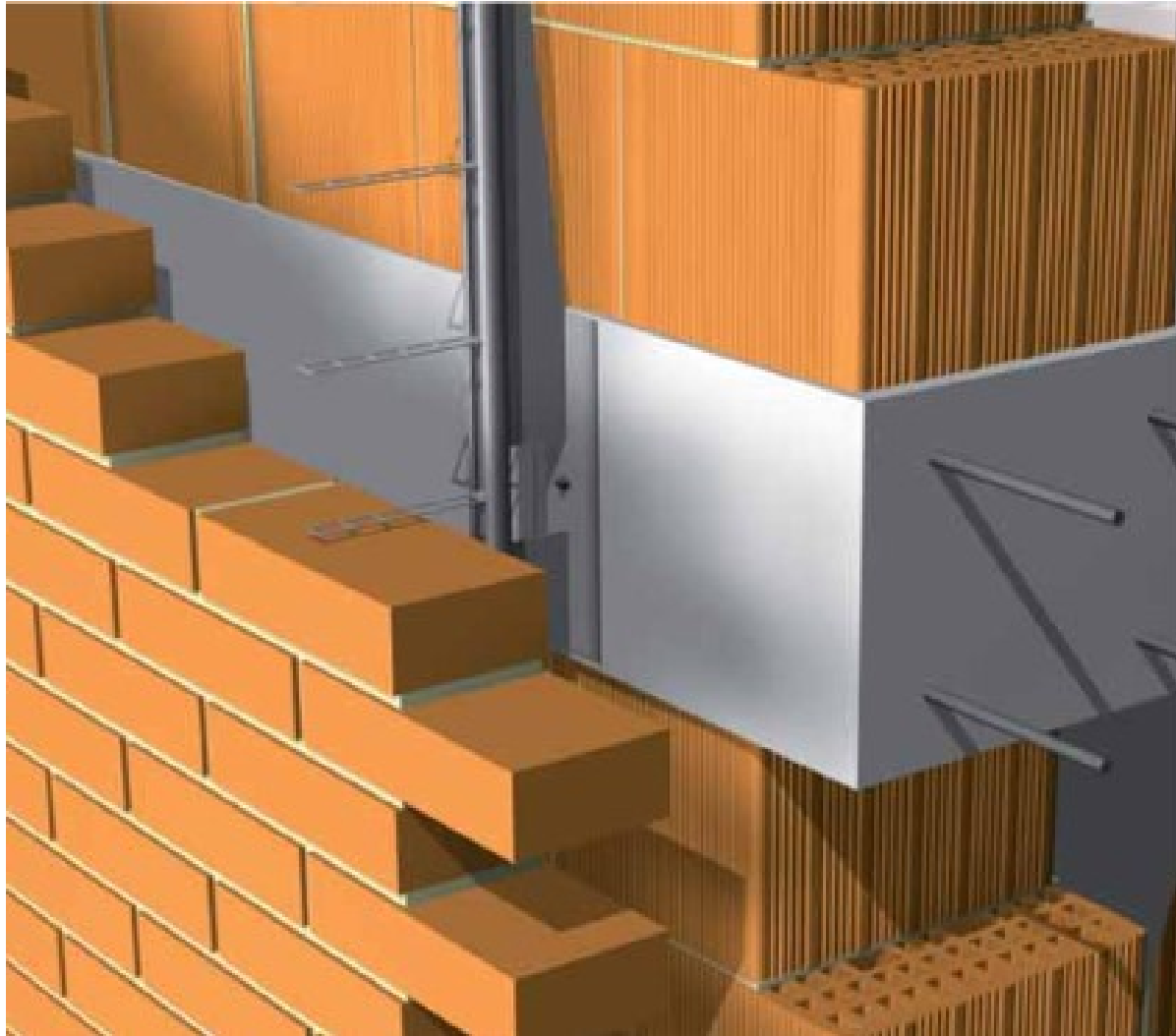
# COLLEGAMENTI ACCIAIO-MURATURA

Si ricorre all'uso di componenti in acciaio specialmente per adeguare e rinforzare gli edifici in muratura esistenti



# COLLEGAMENTI ACCIAIO-MURATURA

## Graffaggi

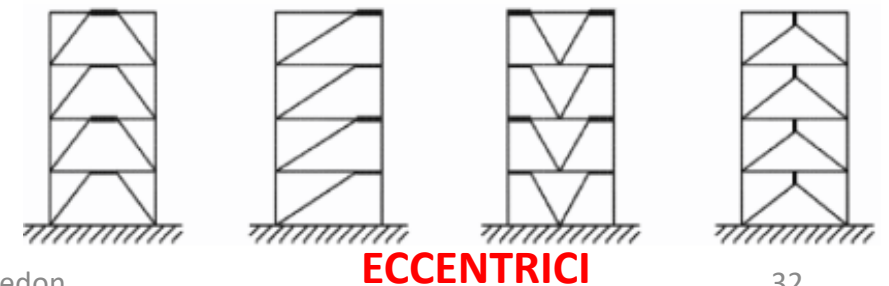
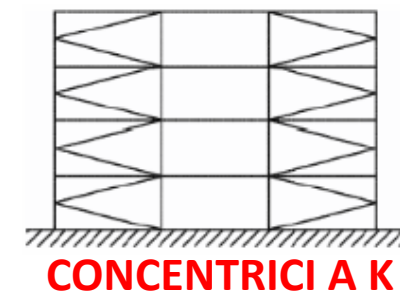
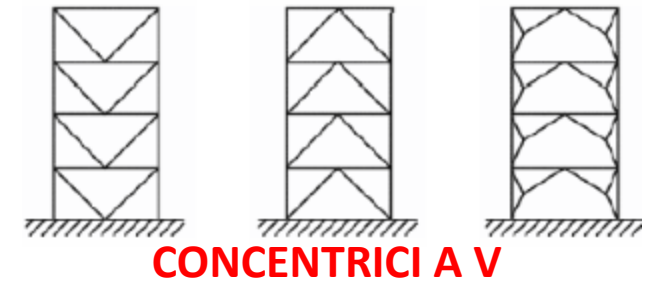
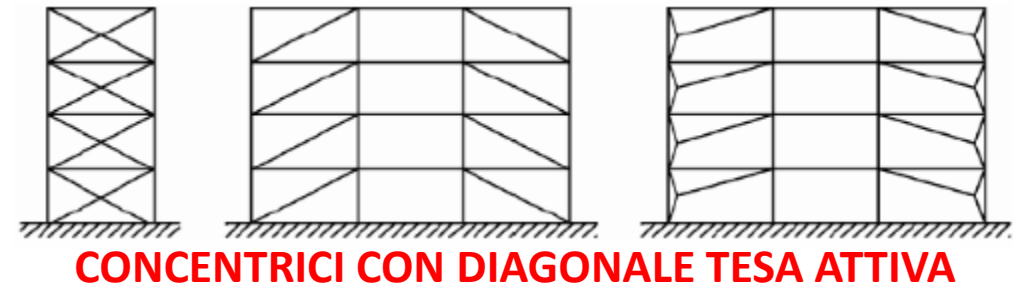




# CONTROVENTI E STRUTTURE CONTROVENTATE

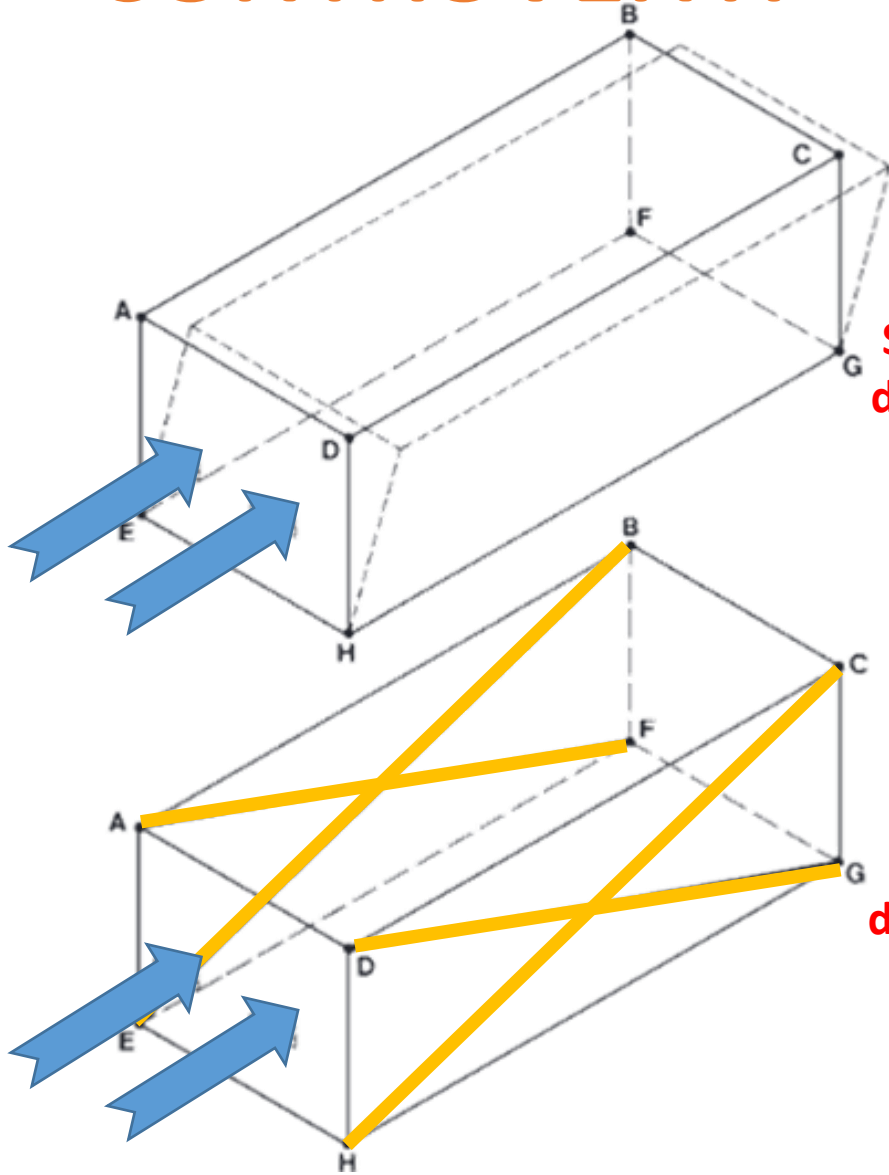
# CONTROVENTI

- ✓ Rappresentano **sottostrutture**, di tipo **reticolare**, che hanno il compito di riprendere parte delle forze orizzontali cui è sottoposta la struttura primaria
- ✓ Presenti in **quantità limitata**
- ✓ Queste sottostrutture sono **generalmente molto rigide**, rispetto alla struttura primaria
- ✓ Nel campo dell'ingegneria strutturale dell'acciaio, ne esistono di svariate tipologie, sia di **parete** che di **falda**



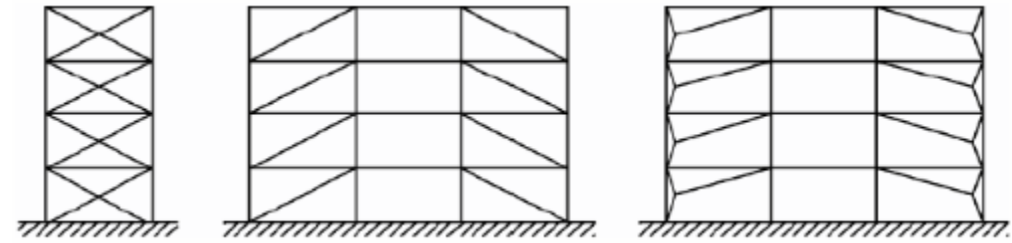


# CONTROVENTI

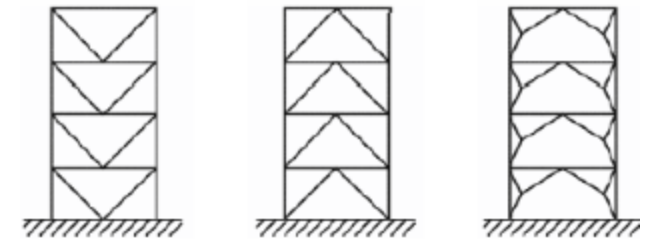


Senza controventi di parete (verticali)

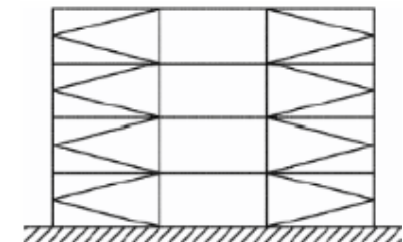
Con controventi di parete (verticali)



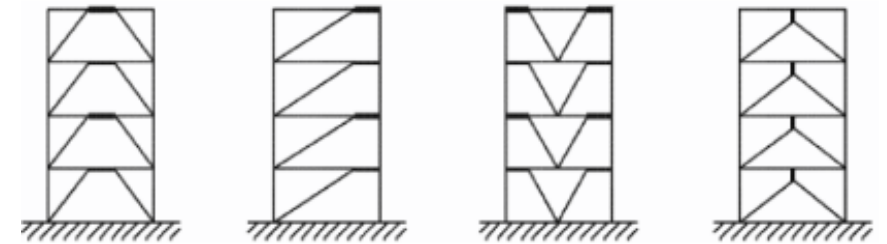
CONCENTRICI CON DIAGONALE TESA ATTIVA



CONCENTRICI A V



CONCENTRICI A K



ECCENTRICI

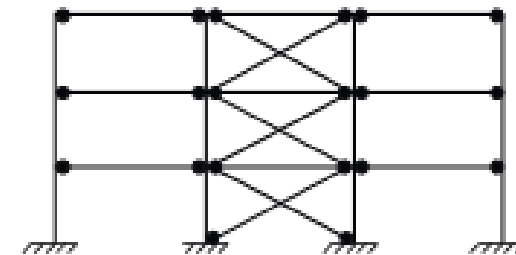
# CONTROVENTI a X (o a CROCE DI SANT'ANDREA)



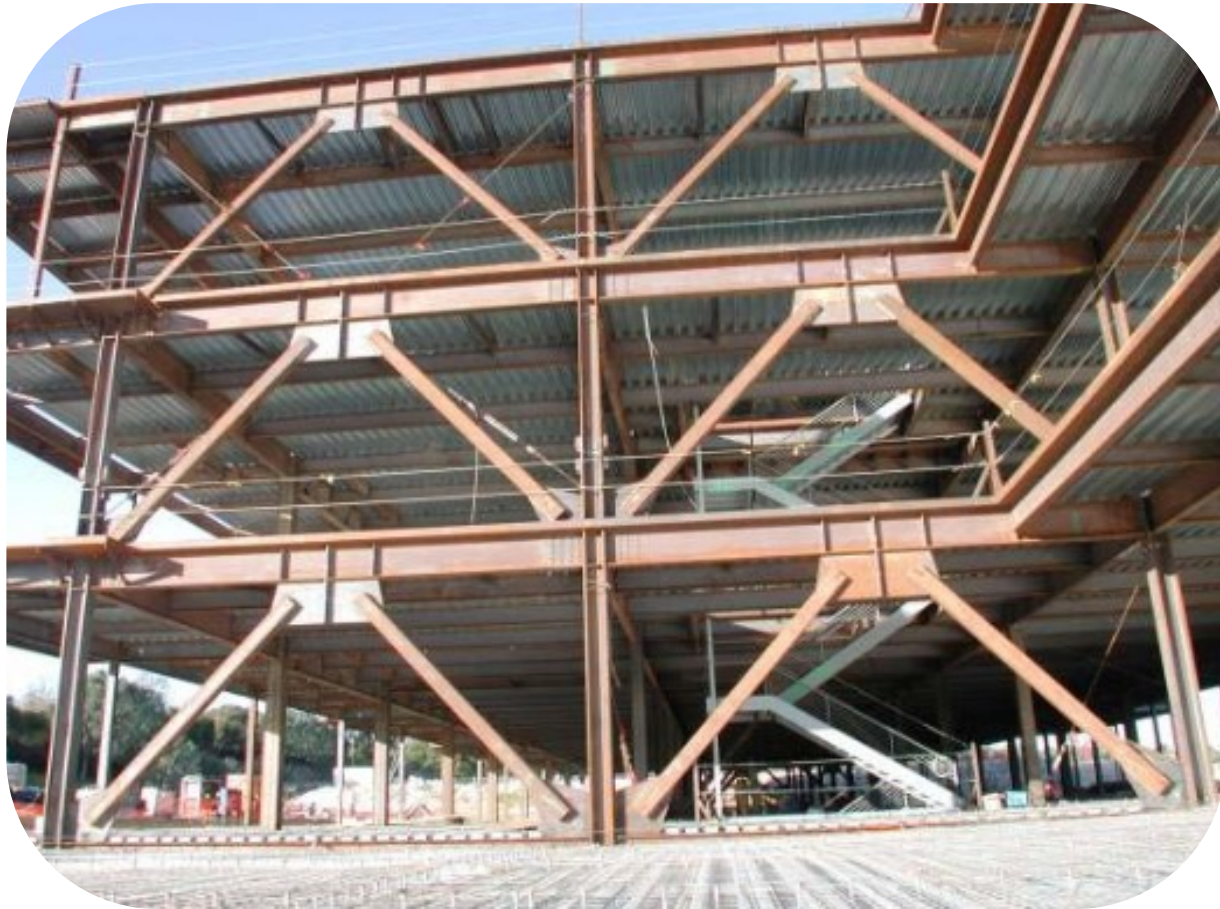
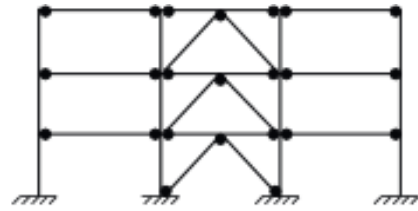
Profili scatolari



Profili angolari a L



# CONTROVENTI a V ROVESCIA



# CONTROVENTI

Molto utilizzati per  
l'adeguamento sismico  
di edifici esistenti



# CONTROVENTI



A vista

# CONTROVENTI

A vista



# UNIONI MECCANICHE

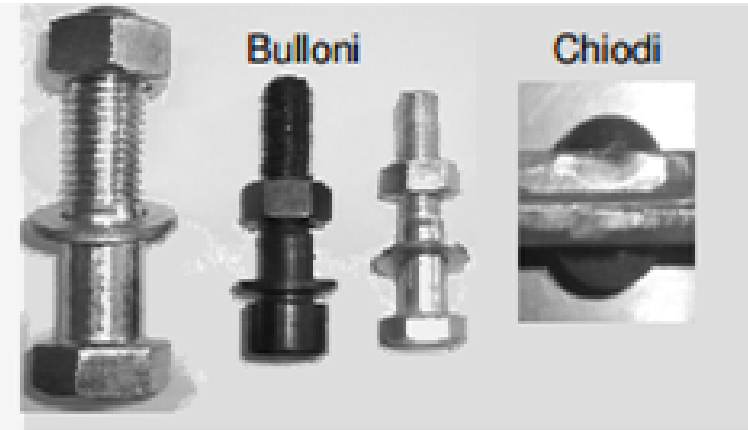


# Unioni meccaniche

## Tipologie di organi meccanici

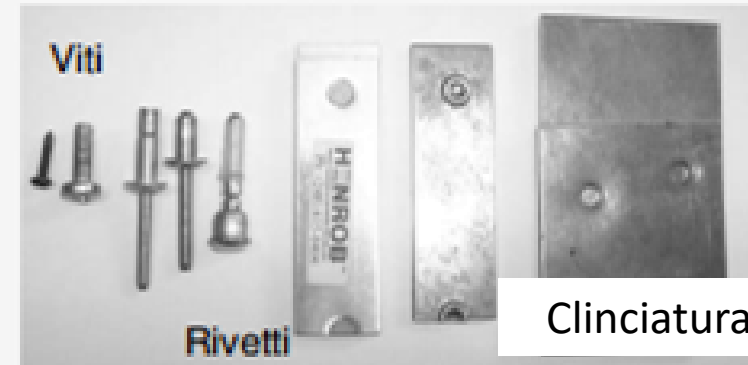
### Per carpenteria pesante

- Bulloni ( $d \in [12 \div 30 \text{ mm}]$ )
- Chiodi ( $d \geq 8 \text{ mm}$ )



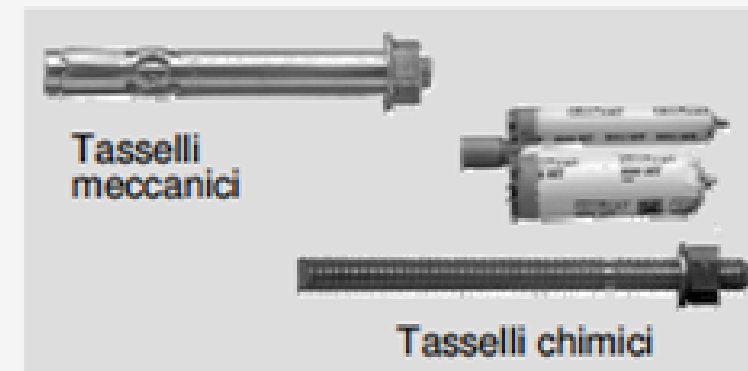
### Per carpenteria leggera

- Rivetti ( $d < 8 \text{ mm}$ )
- Viti autofilettanti
- Clinciatura

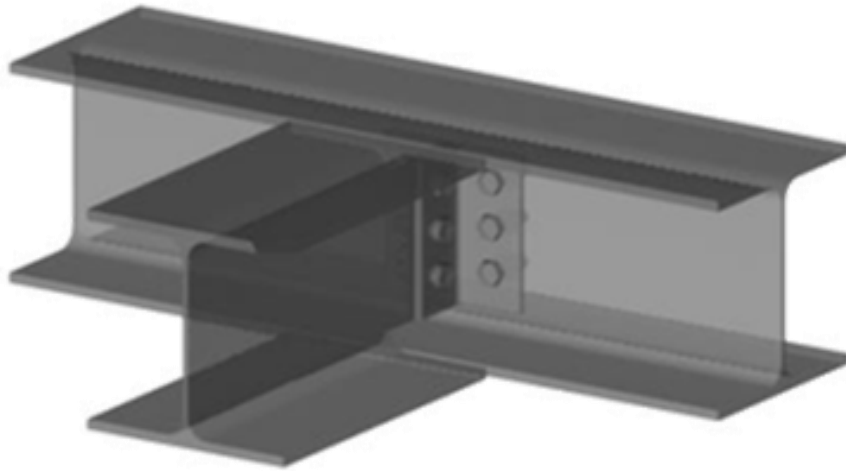


### Ancoraggi

- Tasselli chimici
- Tasselli meccanici



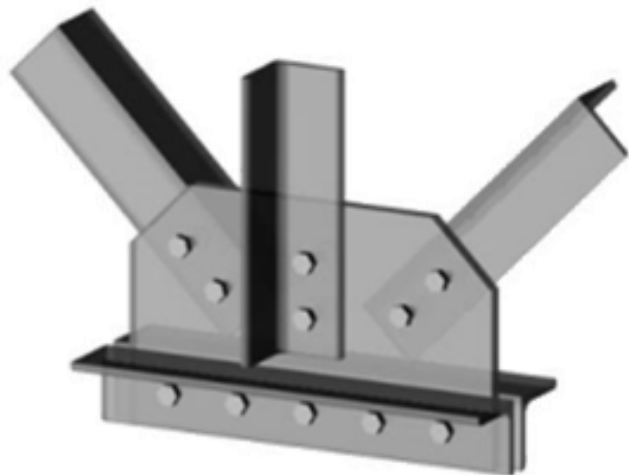
# Unioni meccaniche - BULLONI



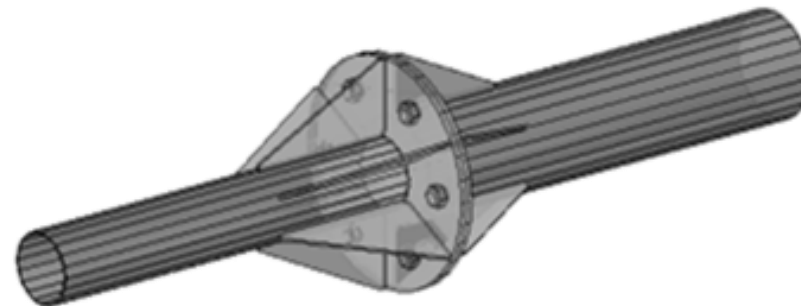
a. Collegamento trave-trave con angolari



b. Collegamento trave-colonna con controvento



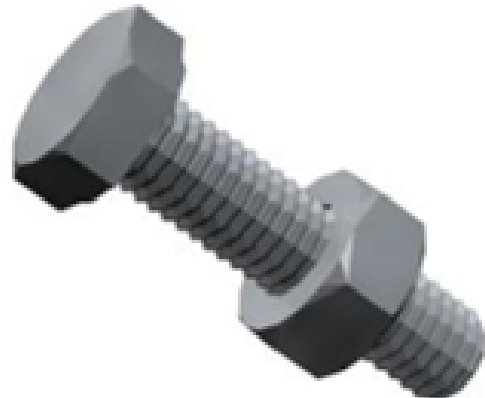
c. Collegamento di elementi di travatura reticolare



d. accoppiamento di elementi tubolari

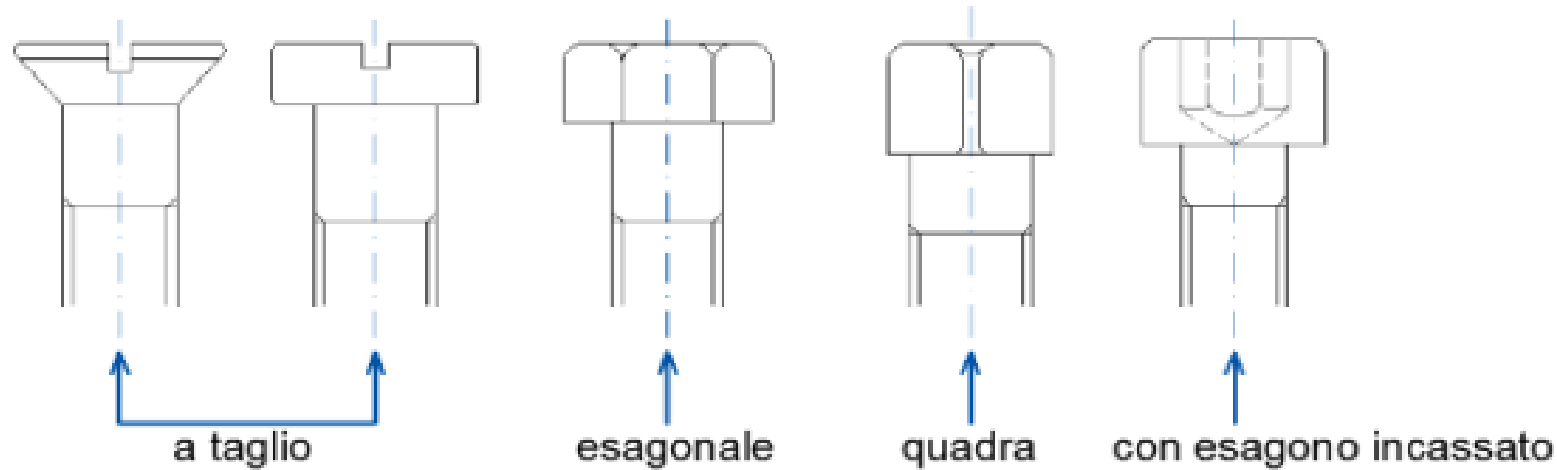
# Unioni meccaniche - BULLONI

- ✓ I bulloni, oggi giorno di impiego comune, sono stati introdotti sul mercato come alternativa ai chiodi
- ✓ Nel tempo, i bulloni hanno rapidamente sostituito le chiodature

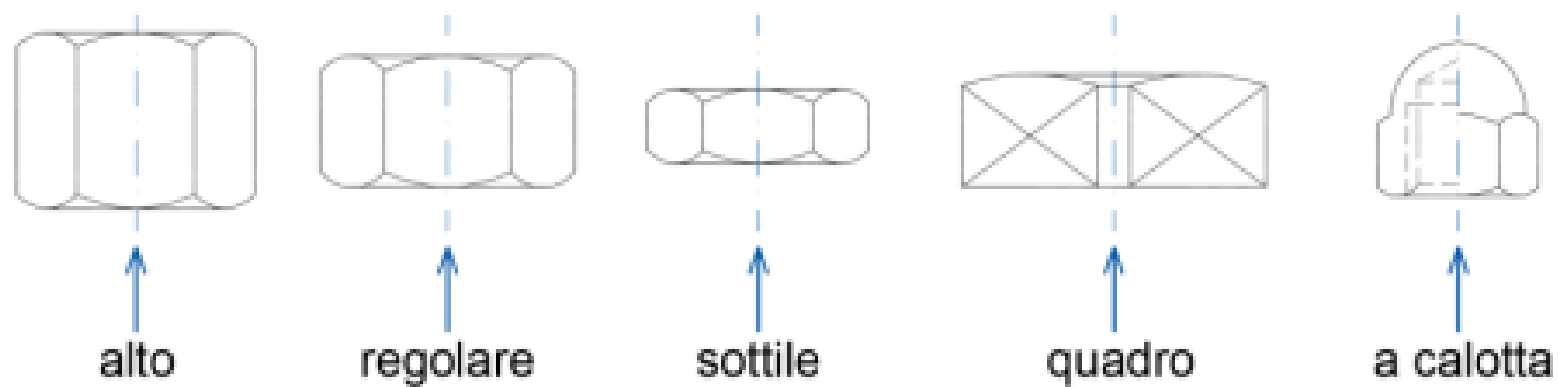


# Unioni meccaniche - BULLONI

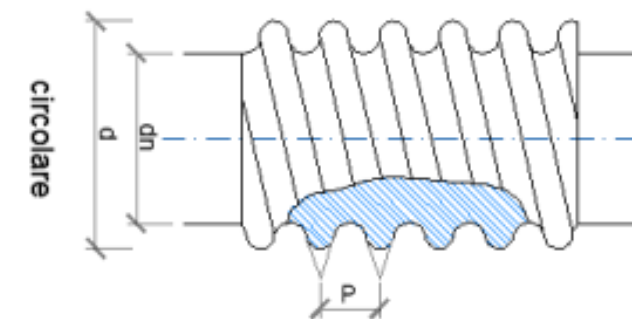
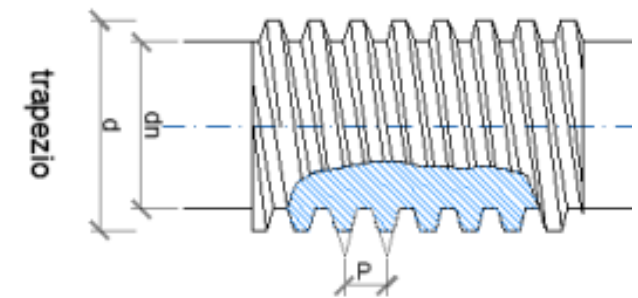
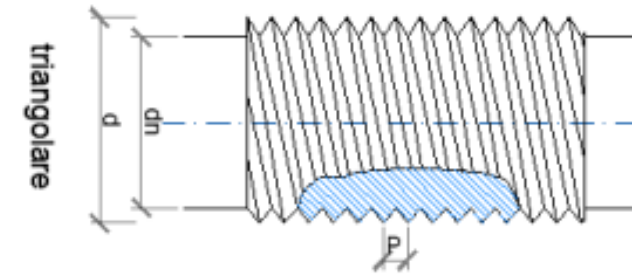
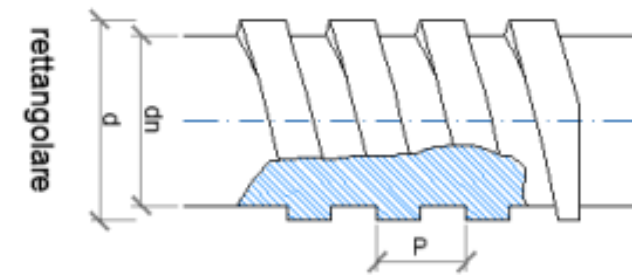
## TESTA



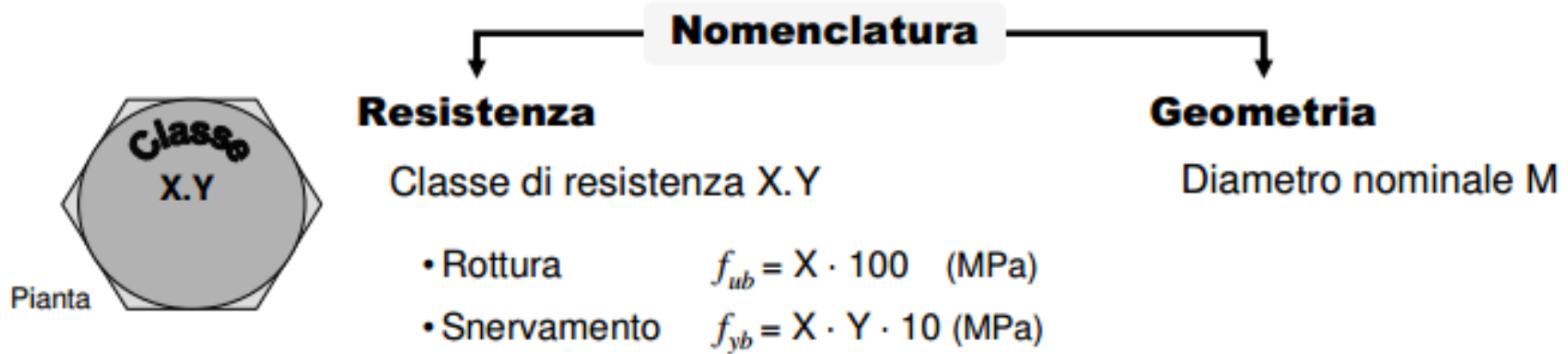
## DADO



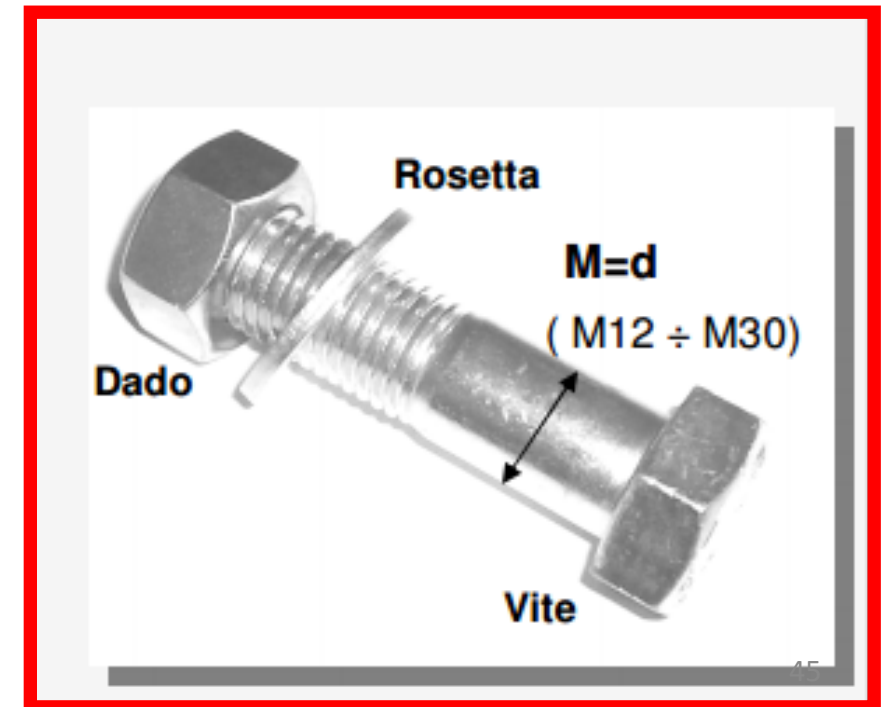
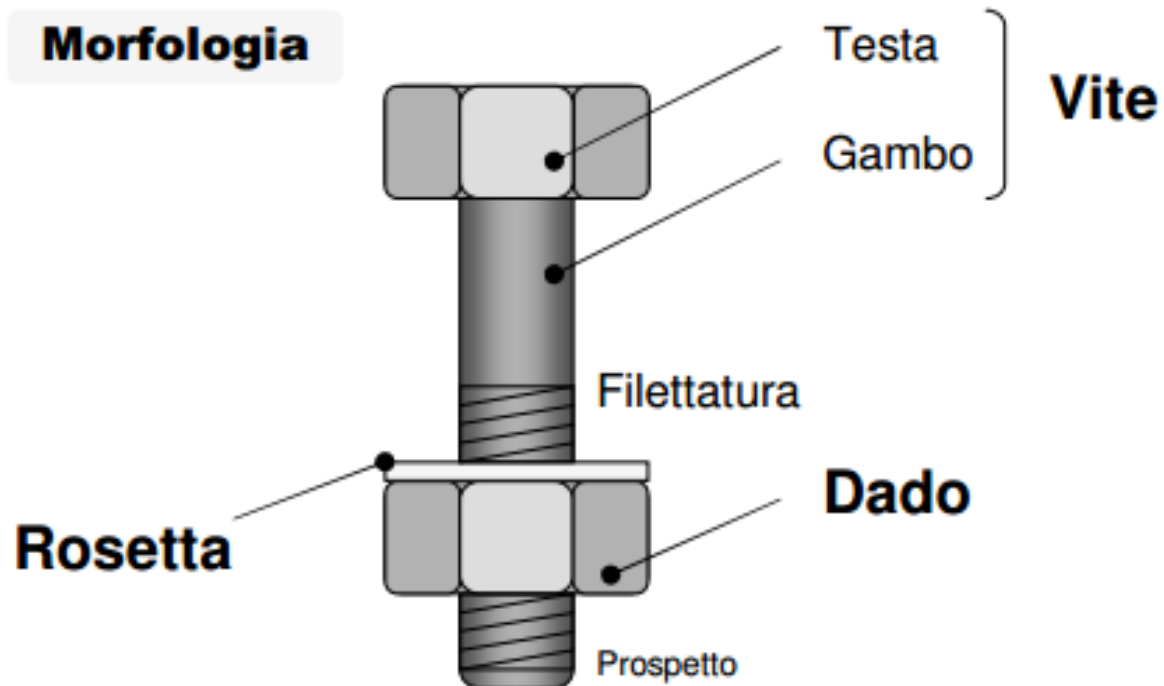
## FILETTATURA



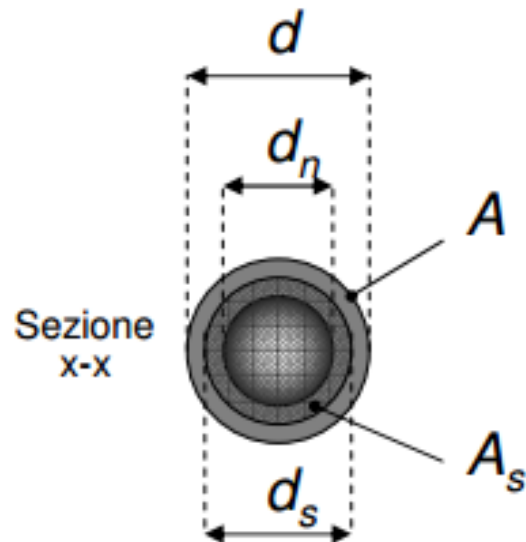
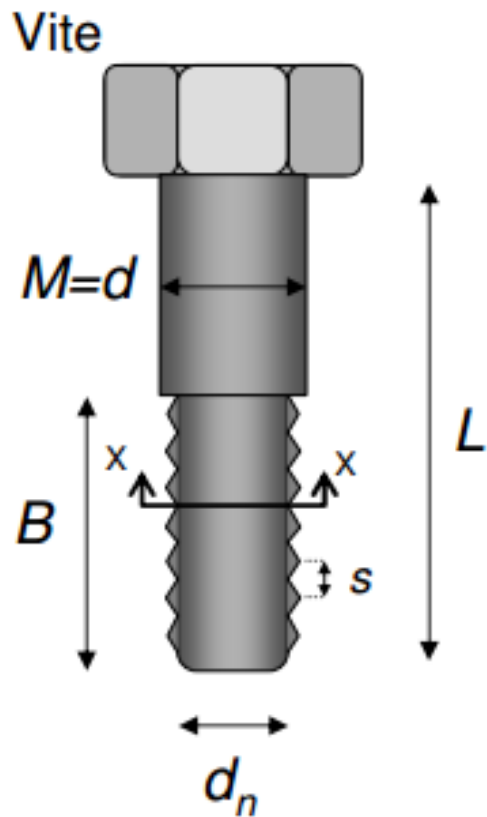
# Unioni meccaniche - BULLONI



## Morfologia



# Unioni meccaniche - BULLONI



## Principali parametri geometrici

$M=d$  è il diametro nominale o lordo del bullone  
 $d_n$  è il diametro del nocciolo  
 $d_m$  è il diametro medio tra  $d$  e  $d_n$   
 $d_s$  è il diametro resistente  
 $A$  è l'area lorda del bullone  
 $A_s$  è l'area resistente (trazione)

$$d_s = \frac{d_n + d_m}{2}$$

**N.B.**

- A rigore  $d_n$  e  $d_m$  sono funzione del passo  $s$  della filettatura
- In linea generale si può considerare:  $A_s = [0.75 \div 0.82]A$

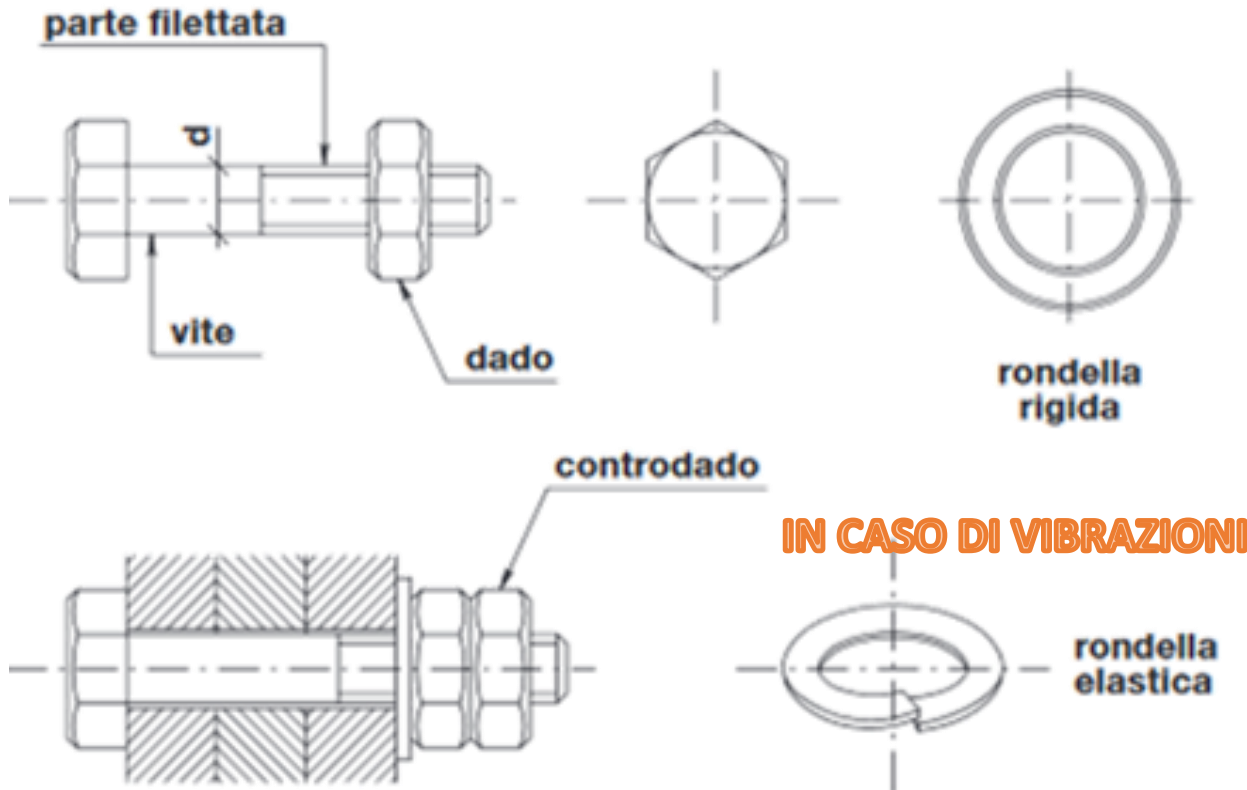
### Carpenteria leggera

### Carpenteria pesante

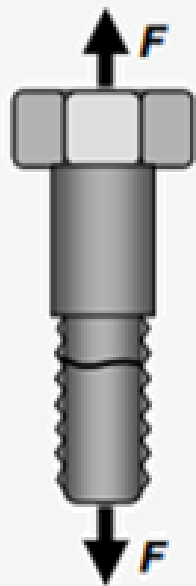
$M - d$ (mm)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	8,8	20,1	36,6	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561

# Unioni meccaniche - BULLONI

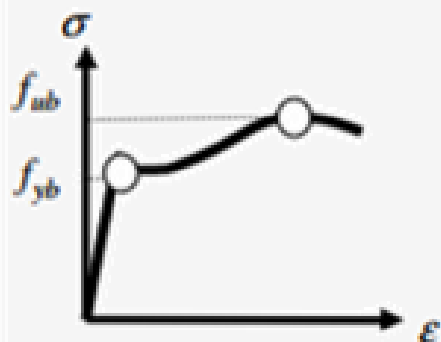
sigla	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
$\Phi$ (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27	30
A (mm <sup>2</sup> )	113	154	201	254	314	380	452	572	706
A <sub>res</sub> (mm <sup>2</sup> )	84	115	157	192	245	303	353	459	561
A <sub>res</sub> / A	0,75	0,75	0,78	0,75	0,78	0,80	0,78	0,80	0,79



**Prova a trazione**



**1**



Proprietà meccaniche	Classe di resistenza										
	Bulloni Normali							Bulloni ad alta resistenza			
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
Tensione di snervamento $f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	-	240	320	300	400	360	480	640	-	900	-
Tensione ultima a trazione $f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> ) $R_{m,nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300	400	400	500	500	600	600	800	900	1000	1200

**Abbinamento Classe Vite-Dado**

**3**

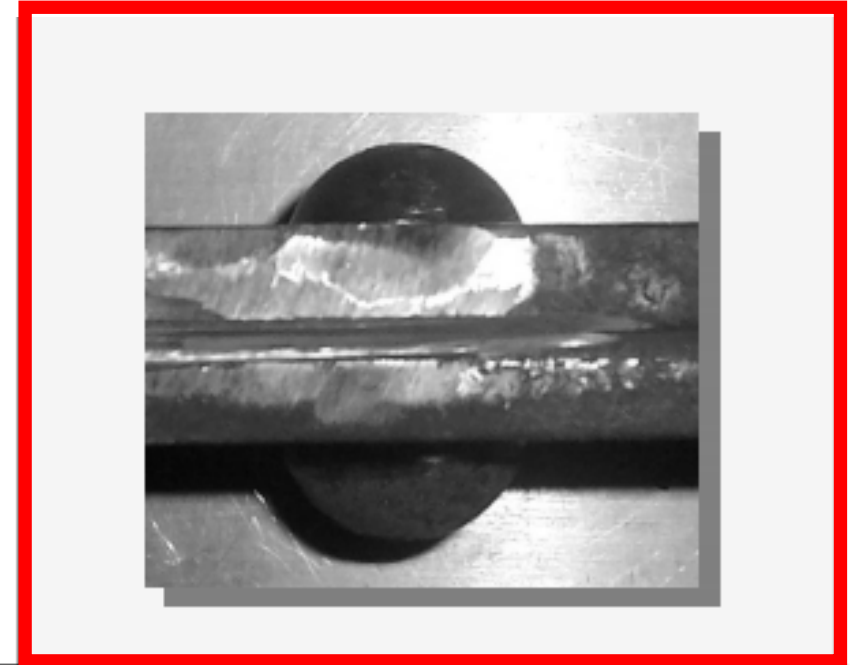
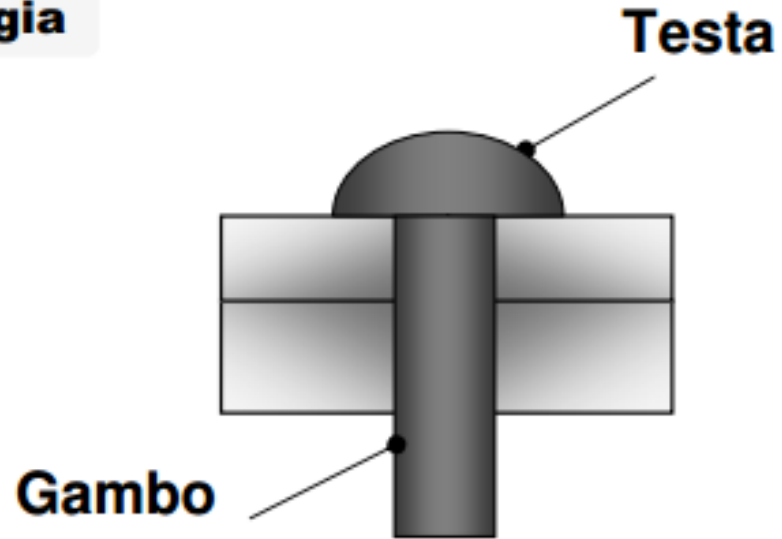
Organo	Bulloni normali			Bulloni ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10





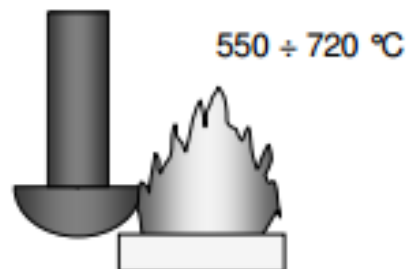
# Unioni meccaniche - CHIODI

## Morfologia

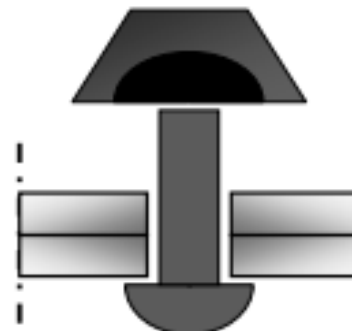


## Processo

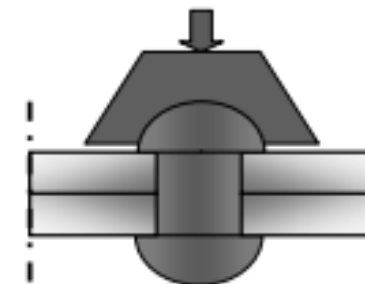
**Fase I)**  
Riscaldamento



**Fase II)**  
Inserimento nel foro



**Fase III)**  
Ribattitura a caldo



# Unioni meccaniche

## Tipologie di organi meccanici

### Per carpenteria pesante

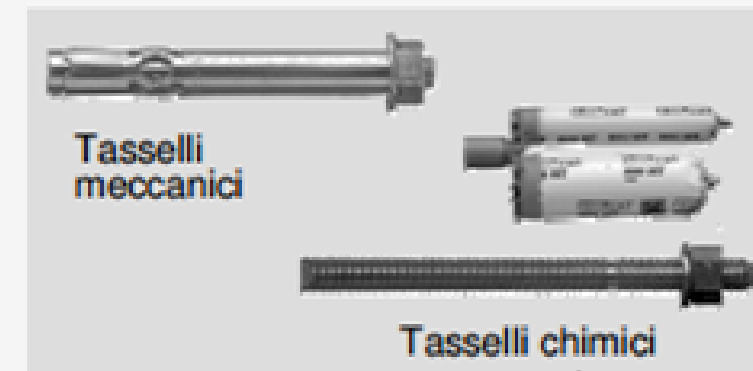
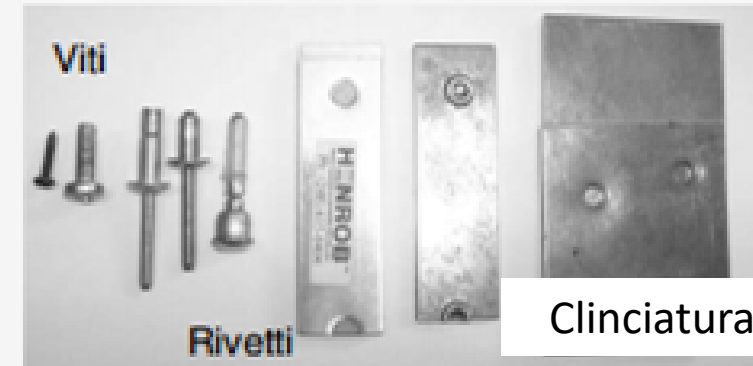
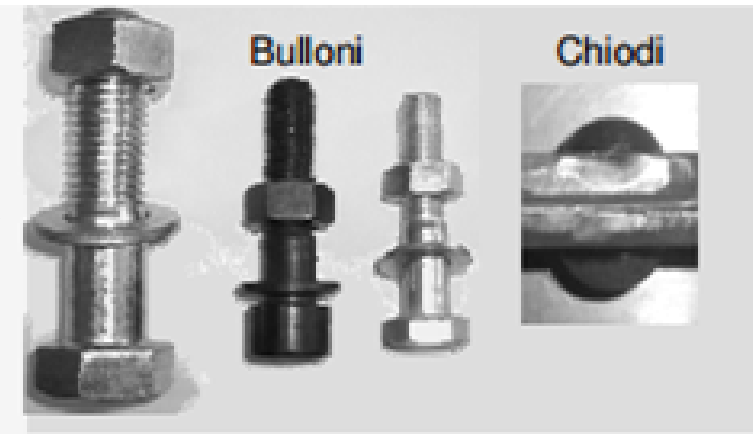
- Bulloni ( $d \in [12 \div 30 \text{ mm}]$ )
- Chiodi ( $d \geq 8 \text{ mm}$ )

### Per carpenteria leggera

- Rivetti ( $d < 8 \text{ mm}$ )
- Viti autofilettanti
- Clinciatura

### Ancoraggi

- Tasselli chimici
- Tasselli meccanici



## Unioni meccaniche - RIVETTI

- ✓ Si tratta di sistemi di fissaggio utilizzati in tutti quegli assemblaggi strutturali che richiedono elevata resistenza a taglio e a trazione
- ✓ Sono dispositivi caratterizzati dal bloccaggio automatico del gambo
- ✓ Comunemente realizzati in alluminio, acciaio inox, acciaio zincato

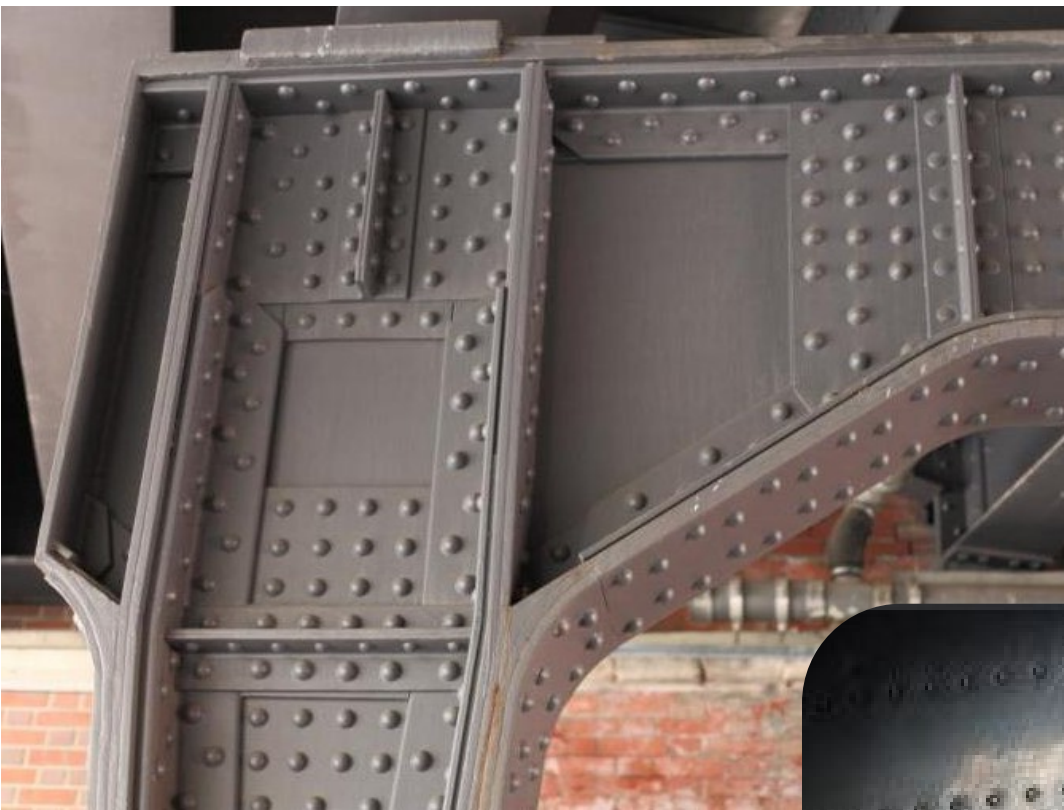


**A STRAPPO**

**AUTOMATICI**

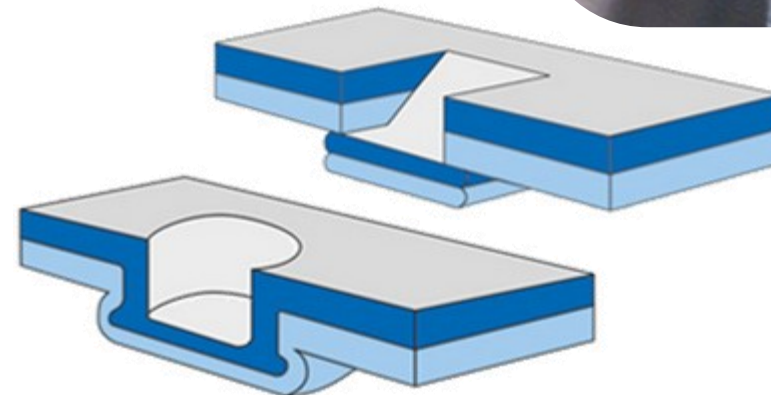


# ESEMPI



# Unioni meccaniche - CLINCIATURA

- ✓ E' un processo che unisce tra loro più lamiere e profilati, mediante **formatura a freddo**
- ✓ Tale tecnica consente di ottenere assemblaggi strutturali senza utilizzare elementi di giunzione
- ✓ Si possono unire 2 lamiere, ma anche soluzioni multistrato
- ✓ Essendo di **limitata resistenza**, le applicazioni tipiche sono riconducibili alla carpenteria leggera (componenti industriali, condotte d'aria, dispositivi elettronici, elettrodomestici, etc.)



# Unioni meccaniche

## Tipologie di organi meccanici

### Per carpenteria pesante

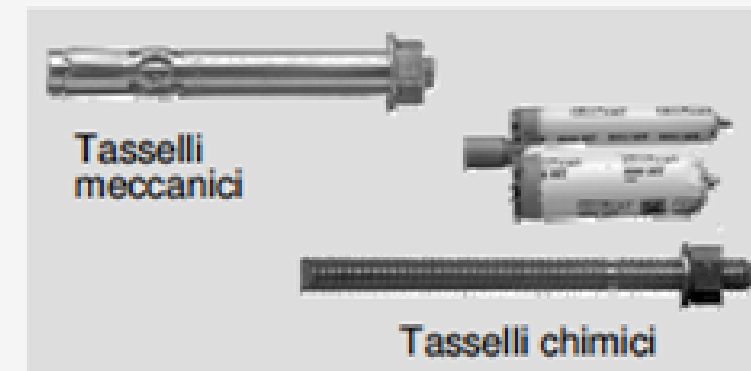
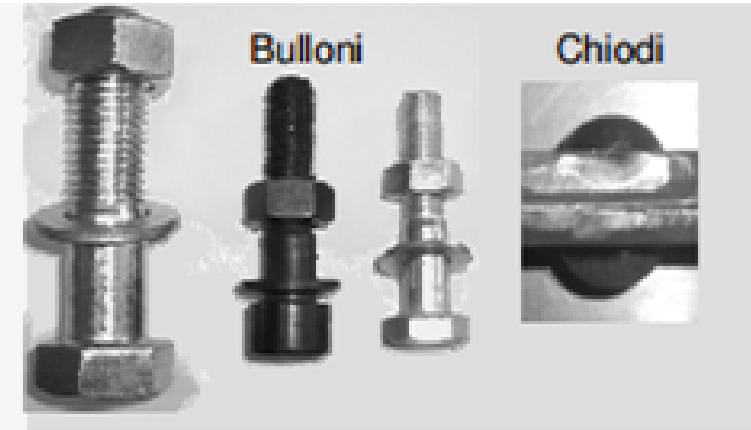
- Bulloni ( $d \in [12 \div 30 \text{ mm}]$ )
- Chiodi ( $d \geq 8 \text{ mm}$ )

### Per carpenteria leggera

- Rivetti ( $d < 8 \text{ mm}$ )
- Viti autofilettanti
- Clinciatura

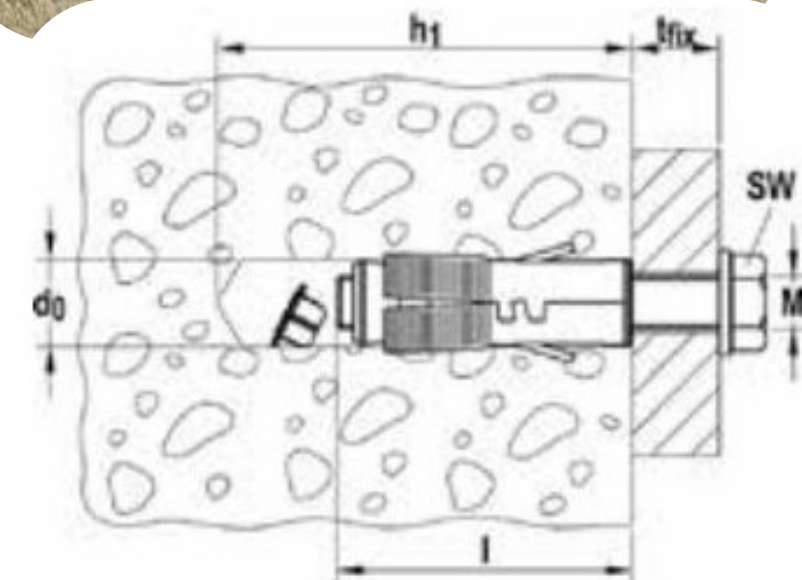
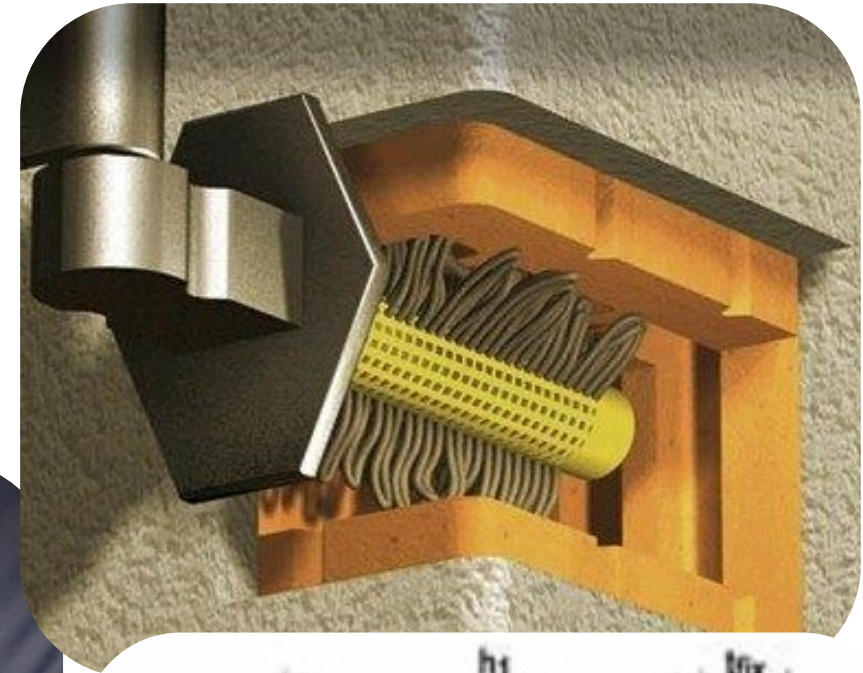
### Ancoraggi

- Tasselli chimici
- Tasselli meccanici



# Unioni meccaniche - TASSELLI MECCANICI o CHIMICI

- ✓ Adatti per calcestruzzo (non fessurato) o pietra, e muratura (attenzione alla muratura forata!!)
- ✓ Ad alta resistenza, grazie all'uso di **resine sintetiche**
- ✓ Idonei anche per applicazioni strutturali **sismiche**



# UNIONI SALDATE



# Unioni saldate

Il collegamento per saldatura si basa sul principio di creare la continuità tra due pezzi da unire mediante fusione.

## *Vantaggi:*

- - minor costo rispetto alla bullonatura
- - strutture più monolitiche e continue
- - semplicità e minor ingombro dell'unione
- - minor peso della struttura



## *Svantaggi:*

- - maestranze più specializzate
- - necessità di controlli in superficie e in profondità
- - apporto di calore con conseguenti stati di coazione
- - possibile presenza di cricche



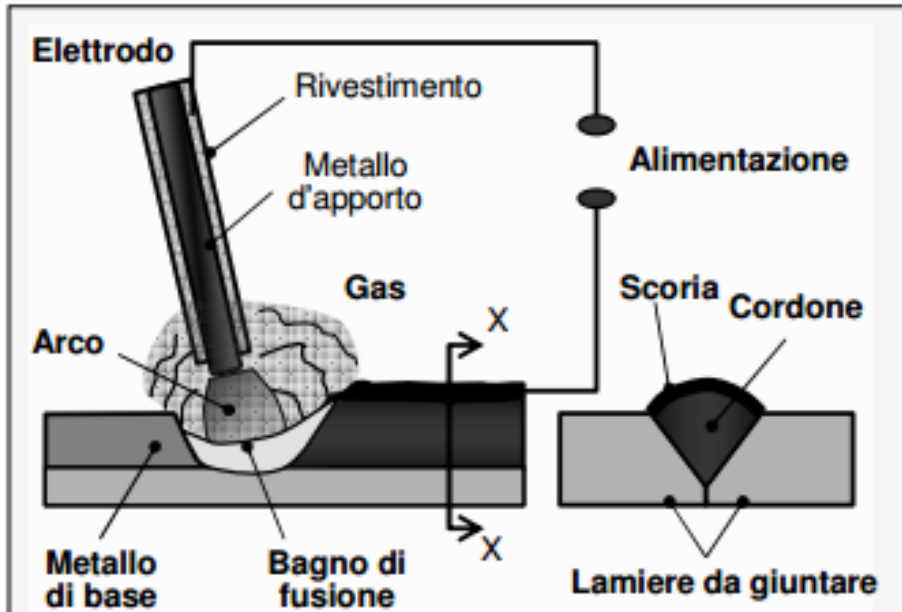
## *criteri*

- limitare la loro realizzazione al di fuori delle officine
- evitare la concentrazione di saldature in zone ristrette.

# Unioni saldate

## Saldature ad arco con elettrodo rivestito

## Processo



- La saldatura avviene per **fusione** tra il metallo di base e quello d'apporto (saldatura autogena)
- La **sorgente termica** è rappresentata dall'arco elettrico che viene prodotto a seguito della differenza di potenziale tra il materiale di base e l'elettrodo
- Il materiale d'apporto è fornito dal nucleo dell'**elettrodo** (dotato di adeguate caratteristiche meccaniche) il cui rivestimento produce un gas per la protezione della zona fusa

## Vantaggi

- Semplicità del processo
- Possibilità di saldare pezzi di difficile accesso anche in sito

## Svantaggi

- Impossibilità di saldare materiali come leghe di alluminio ed acciaio inox o legati
- Bassa automazione del processo

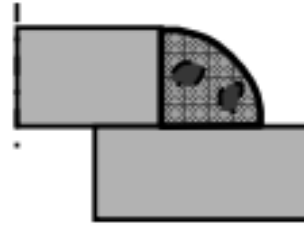


# Unioni saldate - Difetti e controlli di qualità

## Principali difetti

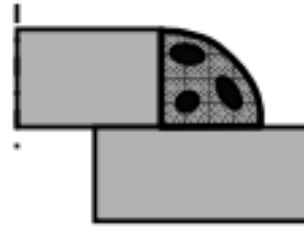
### Inclusioni

che possono essere dovute sia ad un maneggio errato dell'elettrodo sia ad una rimozione non sufficiente della scoria



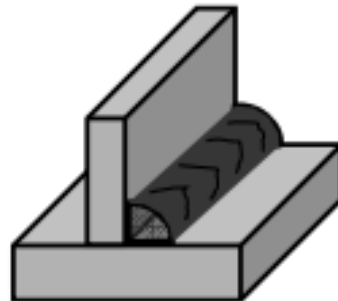
### Porosità

dovute generalmente all'inquinamento del bagno di saldatura da parte di materiali estranei (per es. grasso o vernice) e le incisioni marginali, dovute a difficoltà da parte del saldatore nella gestione dell'elettrodo



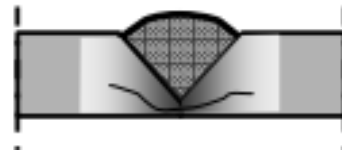
### Cricche

fessure prodotte nel cordone a caldo o a freddo rispettivamente per la presenza di impurezze nel metallo e per l'assorbimento di idrogeno nel bagno di fusione



### Varie

ad esempio: tensioni residue dovute al raffreddamento, zone alterate termicamente (HAZ), strappi lamellari e difetti di esecuzione



## Metodi di controllo non distruttivo

- Controllo visivo saldatura (VT)
- Esame magnetoscopico saldatura (MT)
- Esame ad ultrasuoni (UT)
- Controllo radiografico saldature (RT)
- Metodo dei liquidi penetranti (PT)

>> Controlli di qualità!!

>> Certificazione