

# Tipologie costruttive

- facile reperibilità della materia prima
- buone caratteristiche meccaniche
- lavorazione rapida e velocità di messa in opera degli elementi



Storicamente il legno era un materiale molto utilizzato per realizzare strutture di diverso tipo in ogni parte del mondo.

Impiego incontrastato del legno fino all'avvento di processi di lavorazione industrializzati e l'evoluzione tecnologica che permettono di utilizzare il ferro sotto forma di profilati.

Rivalutazione moderna dell'utilizzo del legno strutturale → anche nelle strutture di nuova concezione

Rivalutazione moderna dell'importanza di conservare le strutture antiche

Nuovo utilizzo del legno strutturale



sviluppo normative e tecniche di verifica

Necessità di conservazione



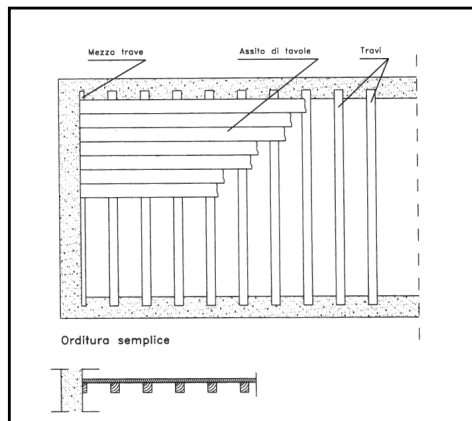
sviluppo di nuove tecniche di recupero

fondamentale una profonda conoscenza delle tipologie costruttive da conservare e delle tipologie di dissesto che possono avere, al fine di progettare adeguatamente gli interventi di recupero.

- Solai lignei
- Strutture lignee di copertura

## I solai lignei

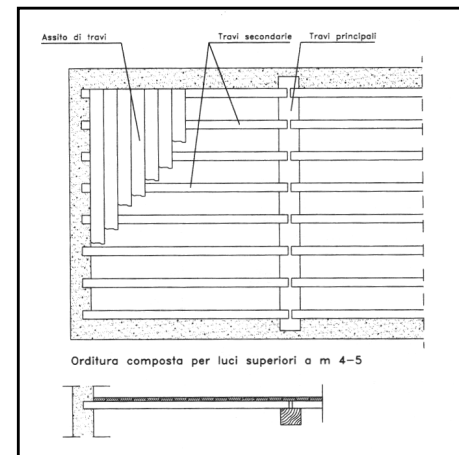
### L'orditura



#### Orditura semplice:

- zone più ricche di legname
- travi di sezione media
- vanno direttamente da muro a muro
- luci fino a 4 ÷ 5 metri
- interasse contenuto (~90 cm)

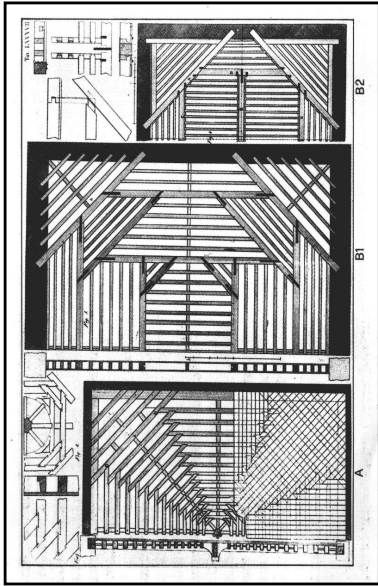
### L'orditura



#### Orditura doppia:

- Luce superiore a 4 ÷ 5 metri
- una o più travi principali ad interasse di 2 ÷ 3 metri vincolate sulle murature lungo il lato più corto dell'ambiente
- travicelli che costituiscono l'orditura secondaria
- Soluzioni con più travi principali e travetti su tre appoggi, oppure sfalsati

## L'orditura

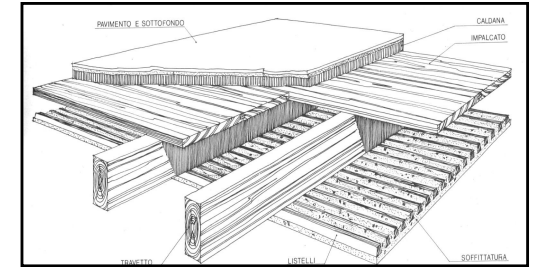


### Orditura complessa:

- Nel caso in cui le pareti non siano ortogonali → disposizione a ventaglio
- Travi diagonali in prossimità degli spigoli (rare in Italia)

## L'Impalcato

- Orditura principale
- Orditura secondaria
- Piano orizzontale:
  - Tavolato ligneo (spessore di  $2 \div 3$  cm)
  - In elementi laterizi (pianelle)
- Caldana: strato di materiale poco coerente per una migliore ripartizione dei carichi
- Massetto: strato cementizio che regolarizza la superficie
- Strato di allettamento o di sottofondo di malta
- Pavimentazione



## L'Impalcato

- Piano intradossale → soffitto:
  - Con travi a vista
  - Controsoffitto:
    - ✓ nascondere alla vista la tessitura
    - ✓ fermare la polvere
    - ✓ decorare la superficie dell'intradosso
    - ✓ struttura indipendente dal solaio ma ad esso fissata (canniccio)

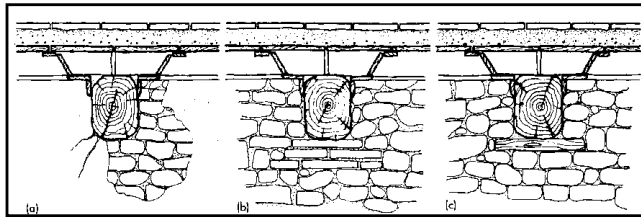
## Gli appoggi

- Funzione di sostegno del solaio
- Garantire la buona conservazione della parte della struttura che si intesta nel muro che, se completamente murata, non potrebbe mantenersi integra a lungo
- Garantire la collaborazione del solaio alla stabilità dell'edificio: si devono collegare i suoi elementi alle murature, sia per trattenerle, sia per evitare che le estremità delle travi, nel caso di eventi sismici, si comportino come teste d'ariete.

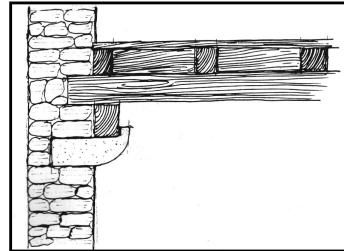
## Gli appoggi

Tipologie di appoggio:

- Appoggio realizzato all'interno della muratura (con o senza dormiente)

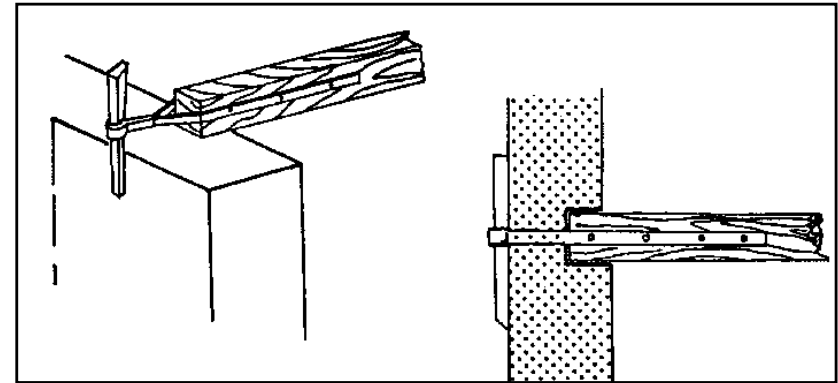


- Su mensole di pietra o mattoni, continue o localizzate in alcuni punti, che, riducono la luce della trave e servono da appoggio per un cosciale sopra il quale adagiare le strutture dell'impalcato.
- Sulla risega del muro.



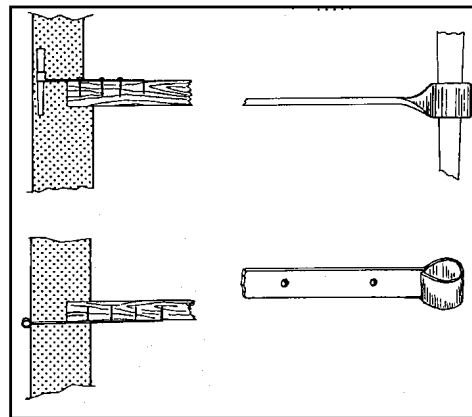
## Collegamento con le murature

Vengono eseguiti al posto delle catene metalliche per incatenare reciprocamente i muri opposti, collegandoli alle travi principali e possono essere previsti in fase di costruzione o aggiunti successivamente in fase di consolidamento



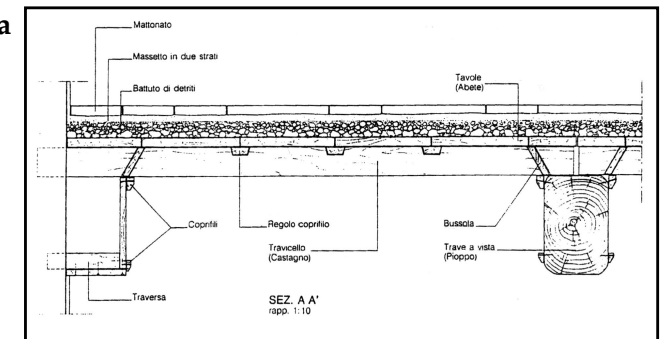
## Collegamento con le murature

Il collegamento fra travi e muratura si effettua con bolzoni metallici o lignei che, abbracciando la testa della trave, la rendano solidale a un capochiave annegato nella muratura o, più frequentemente, disposto in aderenza al paramento esterno del muro. Esso ha il compito di distribuire la forza assunta dal tirante su un'area sufficientemente ampia di muratura per evitare effetti di punzonatura.



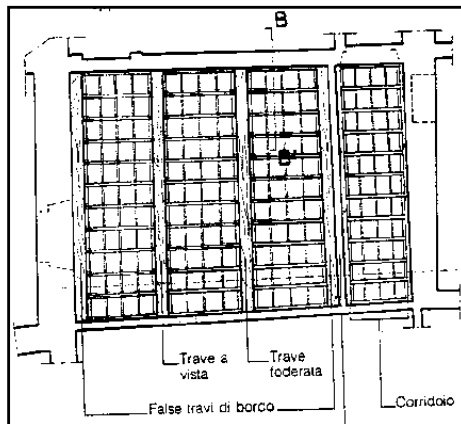
## Le finiture

- Regolo: tavoletta di dimensioni ridotte tra il travicello e il tavolato in corrispondenza del giunto tra le tavole per evitare caduta di polvere.
- Fascia: tavoletta di altezza variabile inchiodata sui fianchi della trave.
- Bussola: finitura posta nello spazio fra i travicelli per coprirne l'appoggio sulla trave o sul muro.
- Bastone: assicella disposta orizzontalmente sotto la bussola.



## Le finiture

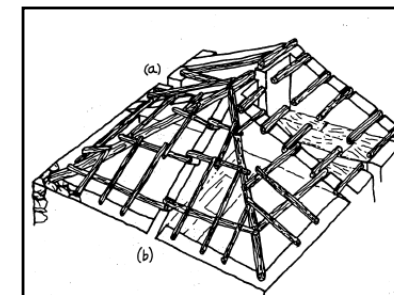
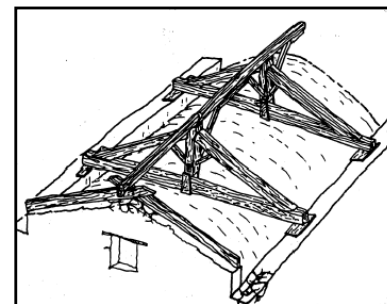
➤ Solaio a Regolo per convento:  
nei solai in cui sono inseriti i regoli parallelamente al tavolato, il campo tra i travicelli risulta formalmente suddiviso in una serie di quadrati o rettangoli che riducono l'intradosso del solaio a una doppia teoria ortogonale di quadrangoli.



➤ Solaio a Cassettoni:  
Si ottengono inserendo dei controregoli, ossia delle tavolette ortogonali ai regoli.

## Le coperture lignee

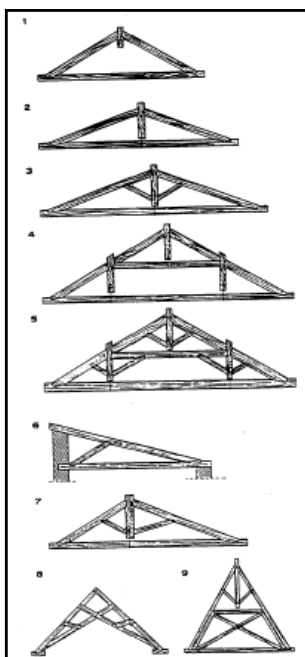
### La struttura



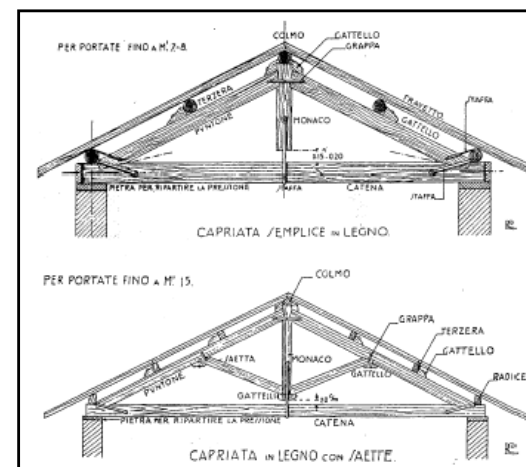
- Capriate lignee
- Trave di colmo
- Terzeri

- Strutture più complesse per la realizzazione di coperture a più falde

## Le capriate



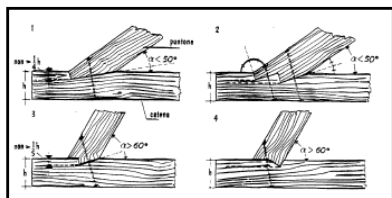
- Capriata semplice (luci 3-4 m) puntoni e catena
- Capriata con monaco (luci 5-7 m)
- Capriata con saettoni (luci 7-10 m)
- Capriata con incavallatura composta (luci 10-15 m)
- Capriata composta con saette
- Capriate asimmetriche
- Capriate con geometria più complessa



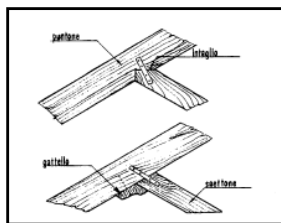
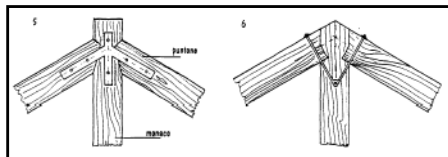
Capriata semplice: schema statico di telaio a tre cerniere: le forze verticali vengono trasmesse agli appoggi tramite sforzi di compressione nei **PUNTONI** e la **CATENA** assorbe la componente orizzontale dello sforzo. Il **MONACO** non è staticamente necessario ma è indispensabile per la formazione del giunto fra i due puntoni. Non deve appoggiare sulla catena ma può essere ad essa collegato mediante una staffa metallica con la funzione di limitarne la deformazione flessionale dovuta al peso proprio, in questo caso risulta teso.

Capriata con saette:

La presenza delle **SAETTE** ha lo scopo di migliorare il comportamento flessionale dei puntoni. In questo caso lo sforzo di trazione che si manifesta nel monaco non è dovuto solo al peso proprio della catena ma soprattutto è dovuto alla componente verticale della sollecitazione di compressione agente sulle saette.



- Nodo catena - puntone
- Nodo puntone - puntone



- Nodo puntone - saetta

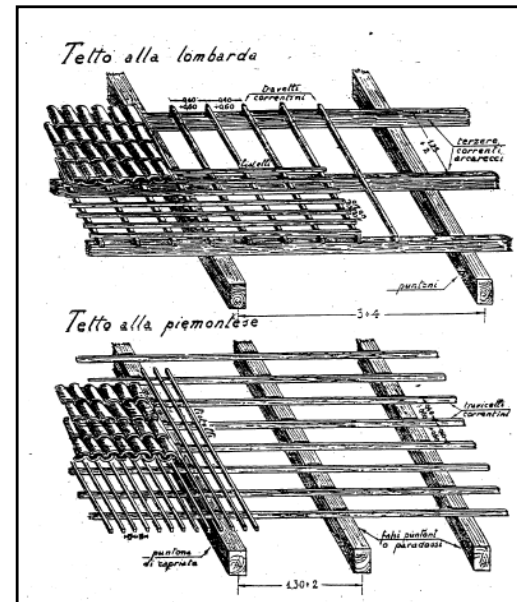
## I nodi delle capriate

Il funzionamento degli schemi statici descritti dipende dal buon funzionamento dei nodi.

Queste tipologie di giunto sono dette **GIUNTI DI CARPENTERIA**: sono giunti ad intaglio che permettono la trasmissione degli sforzi fra le aste per contatto diretto fra gli elementi senza bisogno di inserire dispositivi metallici o di altro materiale. La geometria della sede di alloggiamento dell'estremità degli elementi è studiata in modo appropriato per permettere la trasmissione degli sforzi.

La trasmissione per contatto non permette a questi giunti di resistere all'inversione degli sforzi, per questo motivo si introducono idonei elementi metallici con lo scopo di impedire il distacco degli elementi. Ciò è importante soprattutto se sono previste azioni sismiche.

## Orditura delle coperture



### TETTO ALLA LOMBARDA

- Al di sopra dei puntone sono presenti delle terzere o arcarecci che costituiscono l'orditura principale della copertura. I travetti - orditura secondaria - sono disposti parallelamente ai puntone delle capriate.

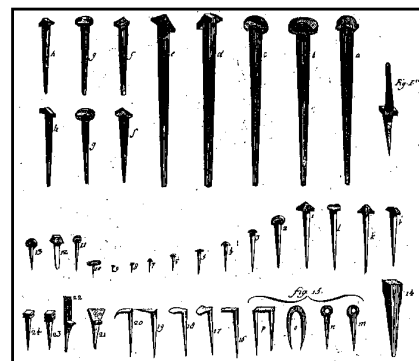
### TETTO ALLA PIEMONTESE

- Vi è un solo ordine di travetti che sono disposti ortogonalmente alle capriate.

## I collegamenti

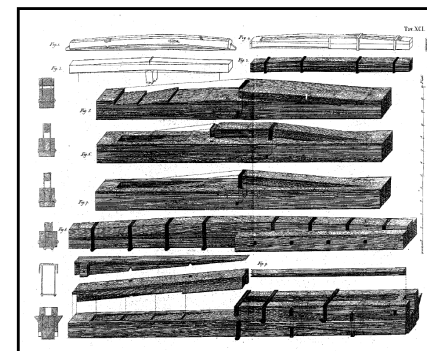
Gli elementi di connessione degli elementi costituenti le tipologie costruttive analizzate si differenziano in relazione alla tecnica esecutiva utilizzata:

➤ **CHIODI**: sezione quadrata e forma piramidale. I tavolati devono essere inchiodati con due chiodi agli appoggi estremi e, talvolta, anche su alcuni appoggi intermedi. La chiodatura favorisce le spaccature delle tavole che diminuiscono l'efficacia del collegamento, quindi è consigliabile preparare il foro con un trapano prima dell'inserimento del chiodo



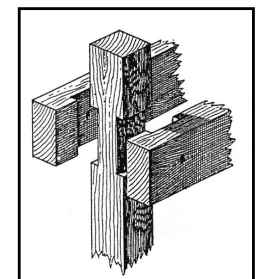
➤ **CAVICCHI**: perni passanti con dado e ripartitore che permettono collegamenti più sicuri ed efficaci

## I collegamenti



➤ **STAFFE METALLICHE**: longerine di ferro semilavorate e di spessore 5÷8 mm. Possono prevedere l'uso di bulloni per fermare la congiunzione dei due pezzi, oppure, abbracciando completamente i due elementi da unire, possono comprendere un dispositivo di forzatura a base di cunei per ottenere il bloccaggio.

➤ Incastri ricavati con **INTAGLI** nel legno: scarsamente utilizzati in Italia, se non come interventi di finitura o in fase di consolidamento per collegare l'elemento da irrobustire con i rinforzi.



# Tipologie di dissesto

**Cedimenti degli appoggi**

Degrado della testa della trave, del puntone o della catena  
Collegamento con le murature insufficiente

Attacco di insetti e funghi  
Umidità

**Degrado locale**

**Resistenza insufficiente o deformabilità eccessiva di alcuni elementi**

Errori di progetto  
Utilizzo di materiale scadente  
Vetustà  
Cattiva esecuzione della costruzione

Variazione della destinazione d'uso  
Carichi di lunga durata

**Limitata rigidità del solaio**

**Rottura o sconnessione dei giunti delle capriate**

Sottodimensionamento dei giunti  
Degrado biologico locale o difetti localizzati

# Interventi di recupero (Uni 11138:2004)

Al fine di eseguire (eventualmente) interventi volti alla conservazione di elementi lignei strutturali è necessario seguire determinati criteri e in particolare è necessario strutturare il lavoro seguendo una sequenza di operazioni:

- Valutazione preventiva dello stato di fatto
- Progettazione dell'intervento
- Controllo dell'efficacia dell'intervento
- Esecuzione dell'intervento
- Ispezioni periodiche

## Valutazione dello stato di fatto

Operazioni e indagini conoscitive volte alla valutazione preventiva dello stato di fatto possono essere richieste per:

- Valutare idoneità statica
- Se si sono constatate condizioni di degrado progressivo
- Se il manufatto è stato soggetto ad un trauma improvviso



Non è detto che ad esse segua necessariamente l'esecuzione di interventi di recupero.

- **ANALISI STORICA:** delle vicende edificatorie, degli eventi traumatici, datazione del materiale mediante dendrocronologia → conoscenza delle tecniche costruttive presumibilmente utilizzate in una certa epoca e in un certo territorio.
- **CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE:** identificazione della specie legnosa (analisi microscopio), mappatura dell'umidità e valutazione della classe di resistenza degli elementi (classificazione a vista o altro), eventualmente esecuzione di indagini dirette o indirette per determinazione di alcune proprietà meccaniche.
- **RILIEVO GEOMETRICO:** di ciascun elemento ligneo e in particolare dei collegamenti (di carpenteria oppure meccanici)

# Progettazione dell'intervento

Criteri che guidano alla scelta progettuale di un intervento di recupero:

- Cercare di armonizzare con la struttura le tracce lasciate dall'intervento piuttosto che nasconderle
- Reversibilità
- Rispetto dell'originale modello statico di comportamento globale

Fattori che influenzano la scelta dell'intervento:

- Tipologia costruttiva e sue caratteristiche (es. tipologia di appoggi, accessibilità degli elementi, ...)
- Tipologie di dissesto evidenziato nella valutazione dello stato di conservazione

## VALUTAZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE:

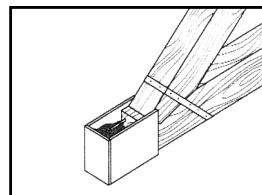
- Valutazione del degradamento: identificazione delle zone soggette ad azione di organismi (funghi e insetti) che ne hanno determinato un decadimento delle caratteristiche meccaniche
- Valutazione del danno: perdita di prestazioni meccaniche a causa di difetti del legno localizzati o azioni esterne eccezionali (es sisma)

## ANALISI STRUTTURALE DELLO STATO DI FATTO:

- Definizione dello schema statico
- Definizione delle azioni
- Verifica di dettaglio di singoli elementi, di collegamenti, ed eventualmente di intera struttura. (UNI ENV 1995-1-1, CNR DT 206/2007)

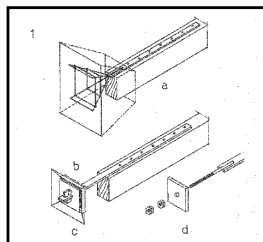
### Cedimenti degli appoggi

Degrado della testa della trave



Spostare l'appoggio con mensole  
Realizzare delle protesi

Collegamento con le murature insufficiente



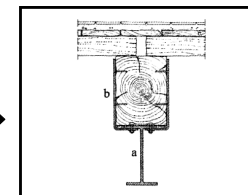
Realizzare tiranti metallici o in C.A.  
Realizzare cordoli in C.A.

### Degrado locale



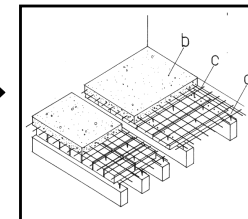
Realizzare delle protesi  
Barre in vetroresina  
Lamine in acciaio

Resistenza insufficiente o deformabilità eccessiva di alcuni elementi



Affiancamento di altri elementi  
Sostituzione degli elementi  
Saette

Limitata rigidità del solaio



Rompitratta o dimezzamento interasse  
Irrigidimento globale con soletta in C.A. o controtravolato

Rottura o sconnessione dei giunti delle capriate



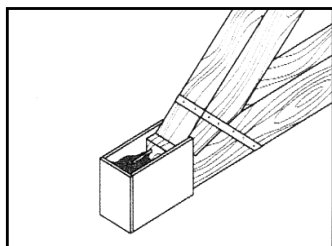
Inserire dispositivi di connessione  
Realizzare delle protesi

## Realizzazione di protesi - reintegro di materiale

Questa tipologia di intervento è spesso necessaria in corrispondenza dell'estremità degli elementi che presentano degrado avanzato.

- Una buona soluzione consiste nella realizzazione di protesi lignee.

- Occorre prestare particolare attenzione, invece, nella realizzazione di protesi con materiale differente dal legno (betoncino epossidico et al.)



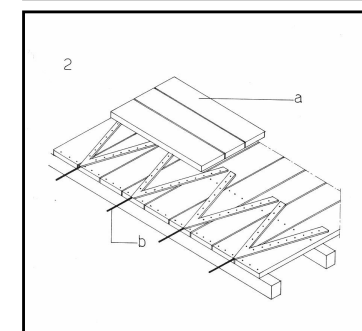
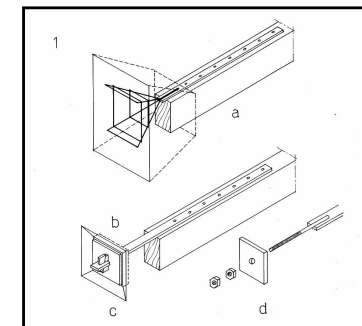
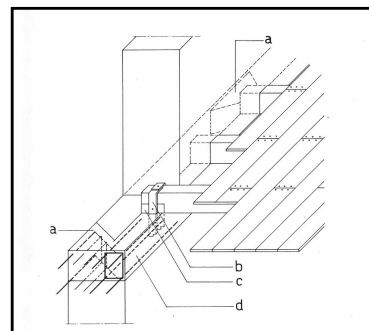
## Collegamento di elementi a murature

Mediante tiranti

- A piastra o bolzone
- A coda di rodine (soluzione sconsigliata perché molto invasiva e non reversibile)

Mediante cordoli in c.a.

(soluzione sconsigliata perché molto invasiva e non reversibile)



## Ripristino dei giunti delle capriate

Ricostruzione del giunto mediante protesi in legno → soluzione adottata nel caso in cui si abbiano zone molto degradate in corrispondenza del giunto e non sia possibile ripristinare la funzionalità del giunto in altro modo.



Quando è possibile si preferisce operare mantenendo gli elementi originali in opera e aiutando il buon funzionamento del giunto di carpenteria mediante l'utilizzo di elementi in acciaio

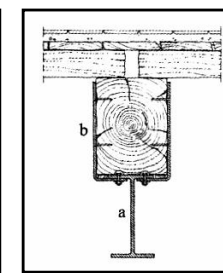
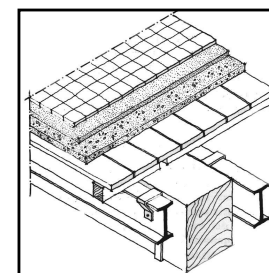


- Piastre in acciaio imbullonate
- Tiranti

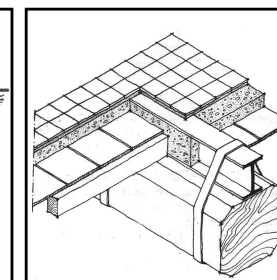
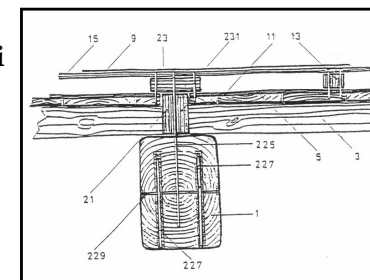
## Interventi su travi eccessivamente deformate o con resistenza insufficiente di solai in legno

Interventi che modificano la sezione resistente della trave:

- Inserimento di profilati metallici all'intradosso, all'estradosso oppure sottoascella (affiancati alla trave)



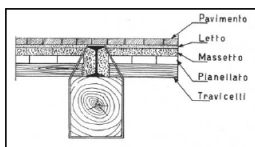
- Inserimento di lamine metalliche all'interno di intagli nella trave



- Utilizzo di FRP



## 1. Inserimento di un profilo metallico all'estradosso della trave principale



### Descrizione

Apposizione di un profilo metallico, generalmente a doppia T, sull'estradosso della trave ammalorata

### Obiettivi

- Aumentare la portata della trave
- Ridurre l'inflessione della trave

### Vincoli di applicabilità

- Lo spessore del solaio deve essere sufficiente per contenere il profilo

### Fasi dell'intervento

1. Puntellamento
2. Rimozione di pavimento, massetto e sottofondo in corrispondenza della trave
3. Eventuale recisione dei travetti
4. Creazione dell'alloggiamento per le teste delle membrature all'interno delle murature
5. Posa del profilo metallico all'estradosso della trave di legno
6. Collegamento delle travi di ferro e di legno mediante cravatte metalliche oppure tirafondi
7. Ricomposizione delle parti sovrastanti del solaio
8. Rimozione dei puntelli

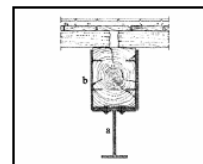
### Svantaggi

- Invasività
- Aumento del peso della struttura
- Utilizzo di un materiale non particolarmente compatibile con il legno
- Soluzione difficilmente reversibile
- Nel caso di orditura doppia, soluzione applicabile solo alle travi principali

### Vantaggi

- Soluzione che mantiene inalterato l'aspetto della struttura
- Possibilità di mantenere in opera gli elementi sfruttandone la resistenza residua

## 3. Inserimento di un profilo metallico all'intradosso della trave



### Descrizione

Apposizione di un profilo metallico, generalmente a doppia T, all'intradosso della trave ammalorata

### Obiettivi

- Aumentare la portata della trave
- Ridurre l'inflessione della trave

### Vincoli di applicabilità

- L'intradosso deve poter essere modificato
- Non devono essere presenti vincoli di altezza

### Fasi dell'intervento

1. Puntellamento della trave in legno e correzione dell'eventuale inflessione
2. Realizzazione di alloggiamento per la testa della putrella di rinforzo al di sotto di quella delle travi
3. Posa del profilo metallico all'intradosso della trave di legno
4. Collegamento tra le putrelle e la trave di legno mediante cravatte metalliche
5. Eventuale inserimento di biette in legno inchiodate alle travi per rimediare il contatto non continuo fra putrella e trave
6. Rimozione della puntellatura

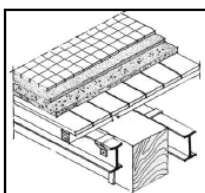
### Svantaggi

- Invasività strutturale soprattutto agli appoggi
- Invasività percettiva
- Diminuzione dell'altezza libera del vano
- Nel caso di orditura doppia, soluzione applicabile solo alle travi principali

### Vantaggi

- Rapidità di esecuzione
- Economicità
- Intervento non distruttivo
- Reversibilità
- Buona soluzione per strutture temporanee
- Possibilità di mantenere in opera gli elementi sfruttandone la resistenza residua

## 2. Inserimento di due travi sottoascella



### Descrizione

Apposizione di due elementi metallici lateralmente all'elemento ligneo principale e loro collegamento tramite bulloni passanti trasversali

### Obiettivi

- Aumentare la portata della trave
- Ridurre l'inflessione della trave

### Vincoli di applicabilità

- L'intradosso deve poter essere modificato

### Fasi dell'intervento

1. Puntellamento della trave in legno e correzione dell'eventuale inflessione
2. Realizzazione di alloggiamenti per le teste delle putrelle di rinforzo ai lati della trave
3. Posa dei profilati metallici ai lati della trave di legno
4. Collegamento tra le putrelle e la trave di legno mediante cravatte metalliche o bulloni trasversali
5. Eventuale inserimento di biette in legno inchiodate alle travi per rimediare il contatto non continuo fra putrelle e trave
6. Rimozione della puntellatura

### Svantaggi

- Invasività
- Aumento del peso della struttura
- Utilizzo di un materiale non particolarmente compatibile con il legno
- Nel caso di orditura doppia, soluzione applicabile solo alle travi principali

### Vantaggi

- Possibilità di mantenere in opera gli elementi sfruttandone la resistenza residua
- Reversibilità

## 17. Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche dall'intradosso

### Descrizione

Inserimento dall'intradosso di lamine metalliche all'interno di apposite scanalature in modo che partecipino alla resistenza della sezione assorbendo parte delle sollecitazioni

### Obiettivi

- Rinforzare le travi lignee eccessivamente inflesse o dissestate
- Aumentare la capacità portante dell'elemento, adeguandola alle sollecitazioni indotte dai carichi presenti o previsti sulla struttura

### Vincoli di applicabilità

- In presenza di mensole, le operazioni di taglio sono più difficoltose in corrispondenza degli appoggi
- L'intradosso deve poter essere modificato

### Fasi dell'intervento

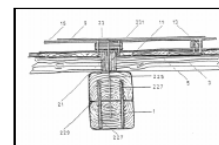
1. Rimozione dei carichi accidentali e dell'eventuale controsoffitto
2. Puntellamento della struttura
3. Esecuzione delle scanalature
4. Inserimento delle lamine adeguatamente preparate
5. Realizzazione di fori per l'iniezione del collante
6. Esecuzione di fori passanti e inserimento di bulloni trasversali adeguatamente disposti
7. Rimozione della puntellatura

### Svantaggi

- Parziale reversibilità
- Nel caso di orditura doppia, soluzione applicabile solo alle travi principali

### Vantaggi

- Possibilità di operare in situ senza la necessità di smontaggi della struttura
- L'elemento ligneo confina le deformazioni laterali delle lamine metalliche impedendone l'instabilità
- Minimo sacrificio del materiale originario
- Scarsa invasività



## 20. Applicazione di fibre di carbonio

Descrizione	Fasi dell'intervento	Vantaggi
Apposizione di uno o più strati di fibre all'intradosso della trave tramite un adesivo costituito da resina epossidica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puntellamento della struttura</li> <li>2. Preparazione del supporto con pulitura ed eliminazione delle parti degradate</li> <li>3. Eliminazione degli spigoli vivi attorno a cui si risvolta il tessuto realizzando opportuni smussi</li> <li>4. Applicazione delle fibre</li> <li>5. Rimozione della puntellatura</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leggerezza</li> <li>- Semplicità e velocità di messa in opera</li> <li>- Elevata durabilità</li> <li>- Reversibilità</li> <li>- Soluzione non invasiva</li> </ul>
Obiettivi		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fornire prestazioni meccaniche migliori rispetto a quelle del singolo elemento</li> </ul>		
Vincoli di applicabilità		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le travi devono avere resistenze residue ed essere ancora in campo elastico</li> <li>- L'intradosso deve poter essere modificato</li> </ul>		

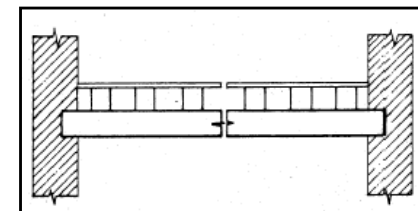
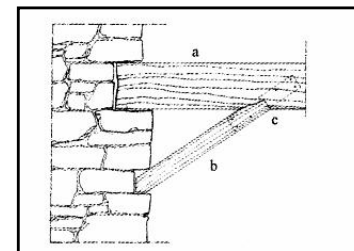
## Interventi su travi eccessivamente deformate o con resistenza insufficiente di solai in legno

Interventi che modificano lo schema statico dell'elemento:

• Inserimento di saette che riducono la luce libera dell'elemento

• Riduzione dell'interasse delle travi mediante inserimento di nuovi elementi (lignei o profilati metallici)

• Inserimento di una trave rompitratta ortogonale all'orditura del solaio

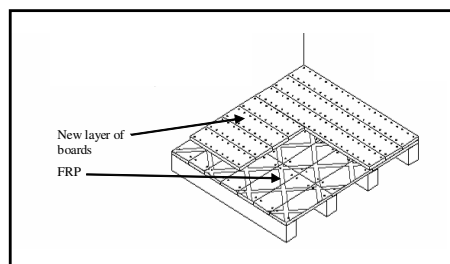
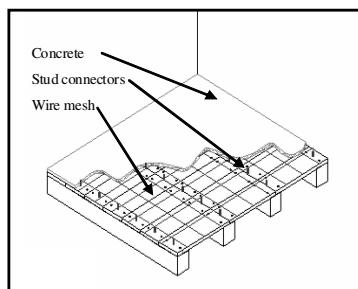
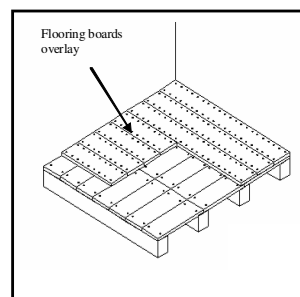


## Irrigidimento complessivo del solaio

• Mediante sovrapposizione di tavolato ligneo ortogonale o pannelli a base di legno (plywood)

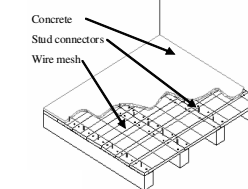
• Realizzazione di una cappa in c.a. sopra il tavolato esistente

• Rinforzato con nastri di FRP

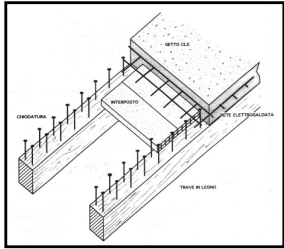


## 6. Realizzazione di una soletta collaborante in c.a.

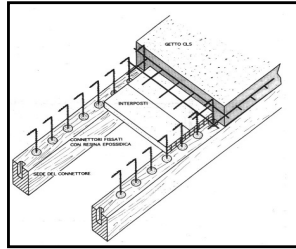
Descrizione	Fasi dell'intervento	Svantaggi
Realizzazione di una soletta armata sul solaio ligneo esistente col quale è resa collaborante mediante l'uso di connettori	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puntellamento delle strutture lignee</li> <li>2. Rimozione di pavimentazione, massetto e sottofondo</li> <li>3. Regolazione dei puntelli con recupero di parte della deformazione</li> <li>4. Riparazione del tavolato e sua eventuale integrazione</li> <li>5. Taglio e rimozione del tavolato lungo l'asse delle travi lignee</li> <li>6. Impermeabilizzazione del legno con resina epossidica</li> <li>7. Realizzazione dei fori in cui si disporranno i connettori nel bordo superiore delle travi principali</li> <li>8. Posizionamento di connettori collegati al tavolato o alle travi</li> <li>9. Disposizione dell'armatura (generalmente rete elettrosaldata)</li> <li>10. Disposizione degli eventuali organi di collegamento tra la soletta e le murature perimetrali</li> <li>11. Esecuzione del getto di conglomerato</li> <li>12. Posa in opera del massetto e del pavimento</li> <li>13. Rimozione del puntellamento</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il contatto diretto del calcestruzzo con il legno predispone all'attacco di insetti e funghi</li> <li>- Le caratteristiche meccaniche delle strutture lignee sono completamente mutate</li> <li>- Si utilizza un materiale alieno al legno</li> <li>- Se si realizza un'eccessiva rigidezza può rispondere male ad evento sismico</li> <li>- Invasività</li> <li>- Irreversibilità</li> </ul>
Obiettivi		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migliorare le caratteristiche di resistenza e rigidità del solaio</li> <li>- Migliorare la ripartizione dei carichi di esercizio sulla struttura</li> </ul>		
Vincoli di applicabilità		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il solaio originario deve essere in buono stato di conservazione</li> </ul>		
Vantaggi		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si può sfruttare lo spessore della cappa per canalizzazioni</li> <li>- Adatto nelle zone sismiche se si garantisce il collegamento con muri perimetrali</li> <li>- Le travi principali originarie si mantengono in esercizio</li> <li>- L'intradosso rimane inalterato</li> <li>- La resistenza al fuoco è migliorata per la protezione offerta dalla cappa in c.a.</li> </ul>



## Tipologie di connettori

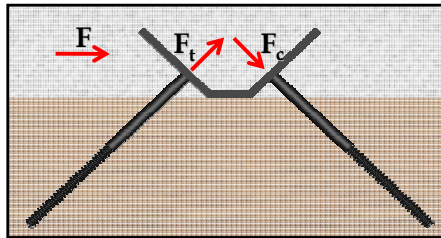


Pioli



Turrini - Piazza

### Connettori a taglio



### Connettore assiale

Viti inclinate:  
F si scompone in  $F_t$  e  $F_c$

Piastra in acciaio:  
Ancoraggio nel calcestruzzo  
Messa in opera delle viti

## Verifica strutturale dell'efficacia dell'intervento

- Caratteristiche geometriche
- Caratteristiche del materiale
- Carichi agenti sul solaio

Definizione schema statico

- Determinazione delle caratteristiche di sollecitazione
- Determinazione dello stato tensionale
- Determinazione dello stato deformativo

Verifica dello stato di fatto

Interventi che modificano la sezione resistente

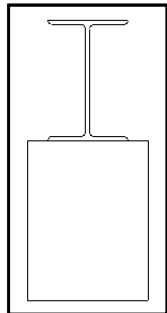
Intervento

Verifica dell'efficacia dell'intervento

Interventi che modificano lo schema statico

## Interventi che modificano la sezione resistente dell'elemento

### SEZIONE NON OMOGENEIZZATA



$$M_{d,L} = M_d \cdot \frac{E_L \cdot J_T}{E_L \cdot J_T + E_d \cdot J_d}$$

$$M_{d,d} = M_d \cdot \frac{E_d \cdot J_d}{E_L \cdot J_T + E_d \cdot J_d}$$

$$\sigma_L = \frac{M_{dL}}{W_T}$$

$$\sigma_d = \frac{M_{dd}}{W_d}$$

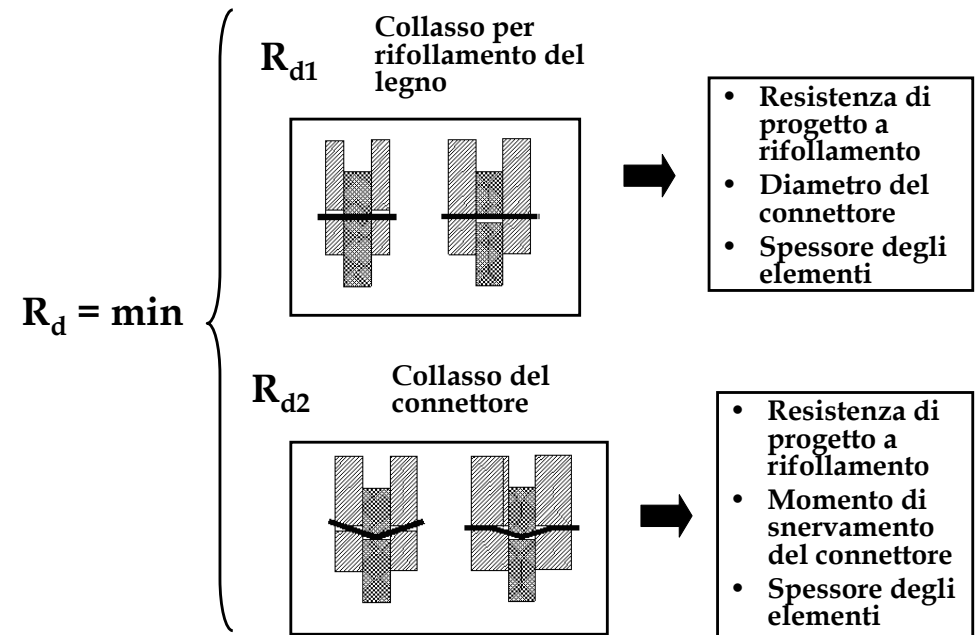
### SEZIONE OMOGENEIZZATA

$$n = \frac{E_d}{E_L}$$

$$\frac{A_i S_i}{J_i W_i}$$

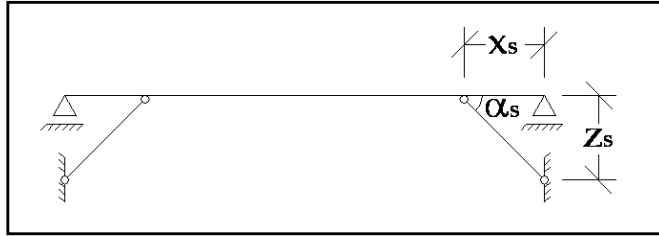
$$\sigma = \frac{M_d}{W_i} \quad \tau = \frac{T_d \cdot S_i}{J_i \cdot b}$$

## Capacità portante del collegamento



## Interventi che modificano lo schema statico degli elementi

- Inserimento di saette

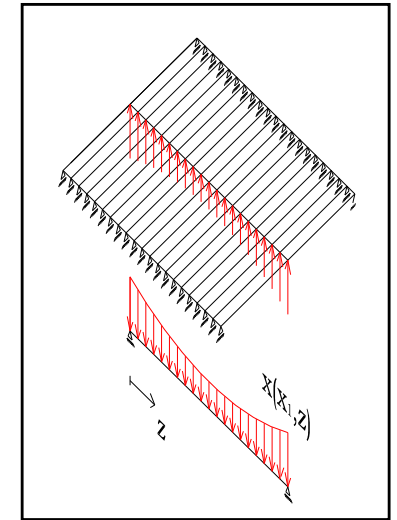
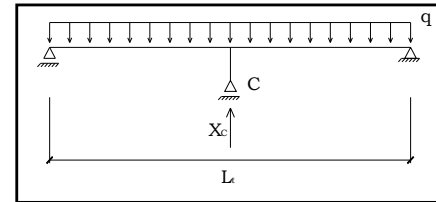
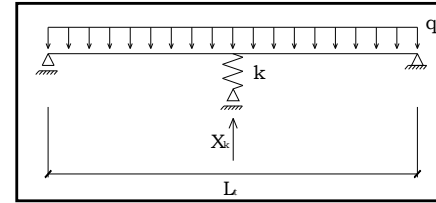


Attenzione all'inversione del momento in corrispondenza dei nuovi appoggi

Verifica del puntone compresso (resistenza e instabilità)

- Inserimento di travi rompitratta

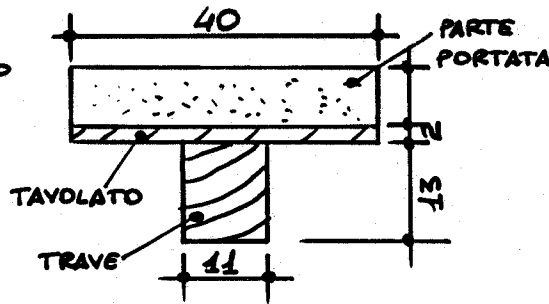
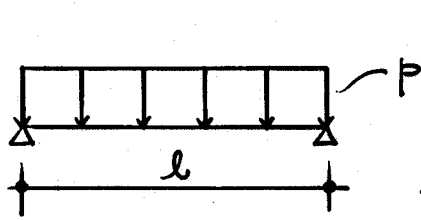
Diverse possibilità per schematizzare il vincolo cedevole fornito dalla trave rompitratta





# SOLAIO A SEZIONE MISTA

## LEGNO - CALCESTRUZZO



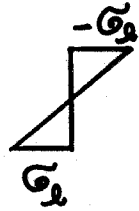
$l = 4.00 \text{ m}$   
 $i_{\text{TRAVI}} = 40 \text{ cm}$   
 $q = 400 \text{ kg/m}^2$   
 $f_{\text{amm.}} = \frac{l}{500} = 0.8 \text{ cm}$   
 $G_{\text{amm.}} = 60 \text{ kg/cm}^2$

### SOLAIO ORIGINALE

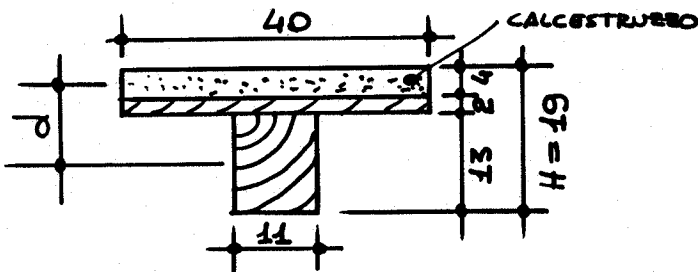
$E_w = 80'000 \text{ kg/cm}^2$   
 $J_w = 2'014 \text{ cm}^4$   
 $W_w = 310 \text{ cm}^3$



$G_w = \frac{pl^2}{8W_w} \cong 100 \text{ kg/cm}^2 > G_{\text{amm.}}$   
 $f = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{E_w J_w} = 3.3 \text{ cm} > f_{\text{amm.}}$



### SOLAIO CONSOLIDATO (SOLETTA DA 4 cm DI SPESSORE)



$E_c = 250'000 \text{ kg/cm}^2$   
 $J_c = 213 \text{ cm}^4$   
 $W_c = 106.5 \text{ cm}^3$

$A_c = 160 \text{ cm}^2$   
 $d = 10.5 \text{ cm}$

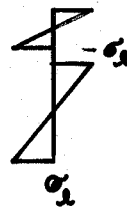
#### • SOLETTA NON CONNESSA

$k_0 = E_c J_c + E_w J_w = 2.14 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$

$(G_c = \frac{pl^2}{8W_c} \cdot \frac{E_c J_c}{k_0} \cong 75 \text{ kg/cm}^2)$

$G_w = \frac{pl^2}{8W_w} \cdot \frac{E_w J_w}{k_0} \cong 78 \text{ kg/cm}^2 > G_{\text{amm.}}$

$f = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{k_0} = 2.5 \text{ cm} > f_{\text{amm.}}$



#### • SOLETTA RIGIDAMENTE CONNESSA

$k_{\infty} = k_0 + \frac{d^3 E_c A_c E_w A_w}{E_c A_c + E_w A_w} = 11.9 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$

$\frac{k_{\infty}}{k_0} = 5.56 \quad n = \frac{E_w}{E_c} = 0.4 \quad x_g = 4.76 \text{ cm}$

$G_c = \frac{pl^2}{8k_{\infty}} E_c x_g = 32 \text{ kg/cm}^2$

$G_w = \frac{pl^2}{8k_{\infty}} E_w (H - x_g) = 31 \text{ kg/cm}^2 < G_{\text{amm.}}$

$f = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{k_{\infty}} = 0.44 \text{ cm} < f_{\text{amm.}}$

