

Dipartimento di Ingegneria

Università degli Studi di Ferrara

Corso di

“PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI”

Prof. Ing. Maurizio Biolcati Rinaldi

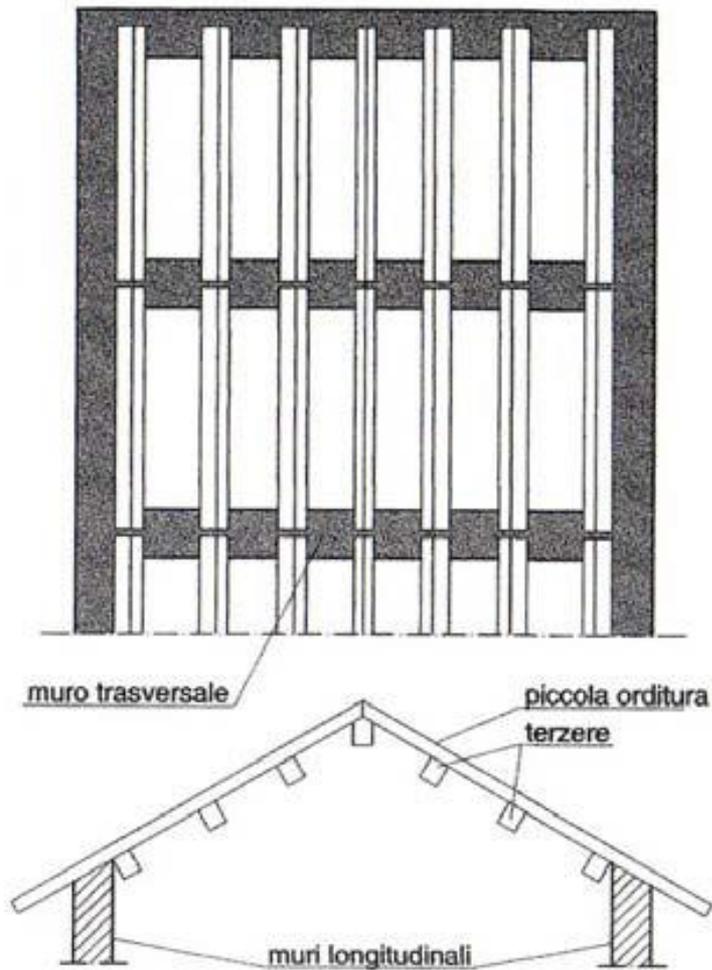
STRUTTURE LIGNEE DI COPERTURA

Sintesi degli argomenti trattati a lezione

STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE

Travi principali parallele alla facciata.
Gravano sulle pareti con meno aperture
(porte e finestre)



schema alla LOMBARDA

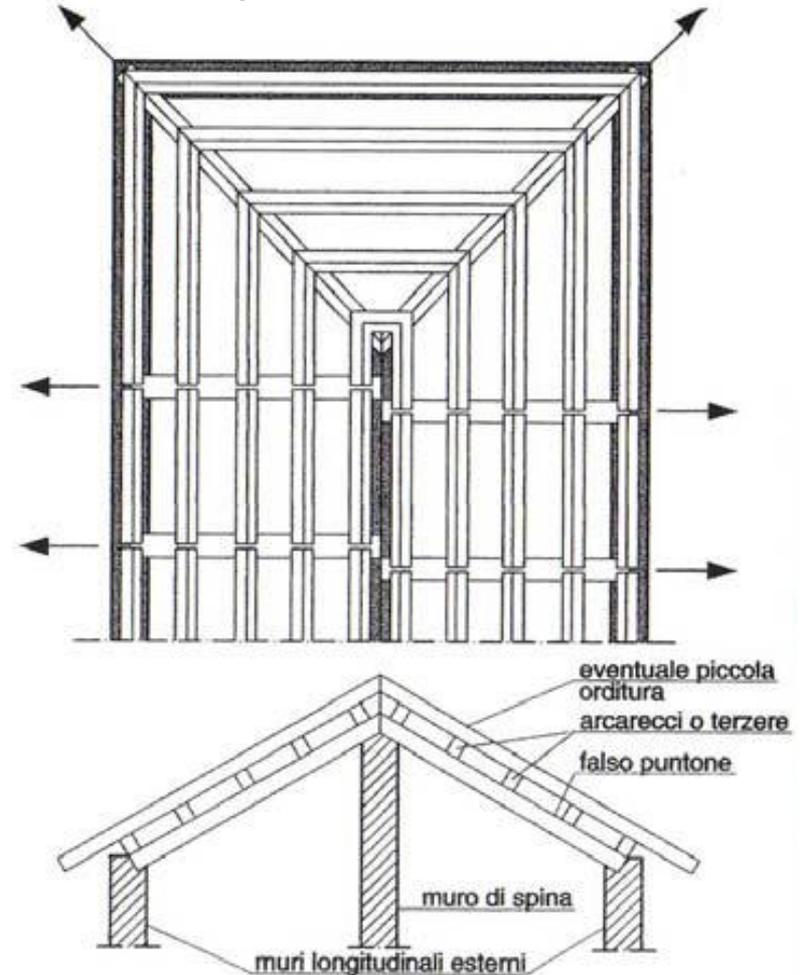


STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE



Travi principali perpendicolari alla facciata.
Sono falsi puntoni.



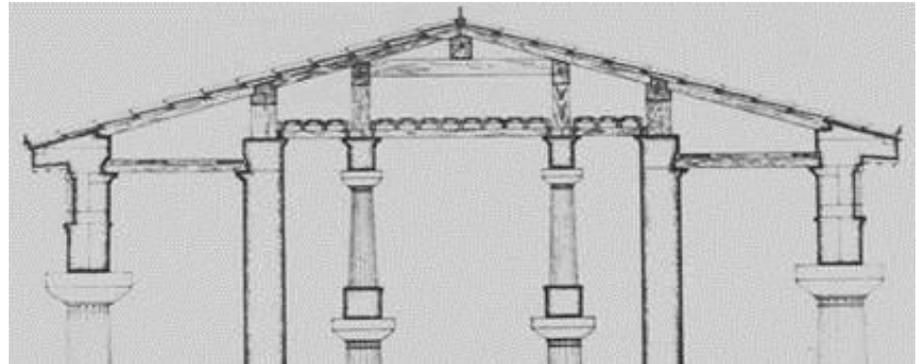
schema alla PIEMONTESE

STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE

La coperture a falde, con travi inclinate sostenute da murature e pilastrini è antica.

Sono coperture prive di concezione reticolare.



Paestum, sezione del tempio di Poseidone



Concezione strutturale delle coperture cinesi: travi appoggiate e pilastri

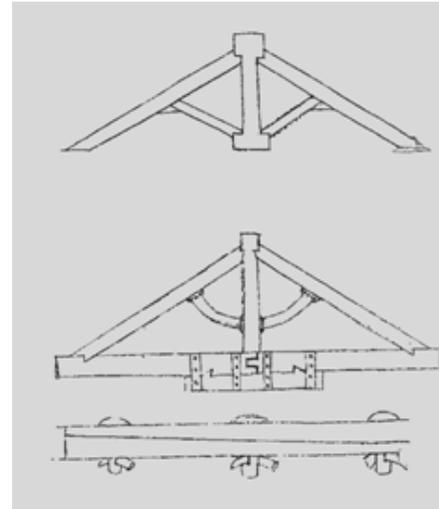


Sezione prospettica di tempio ligneo cinese

STRUTTURE DI COPERTURA

J. **Mariano** detto **il Taccola** (in *Liber Tertius de ingeneis ac aedifitiis*, 1427-1433) propone alcune soluzioni di capriate lignee con e senza catena.

La schematizzazione del comportamento è assai vicino a quello “dell’arco a tre cerniere”.

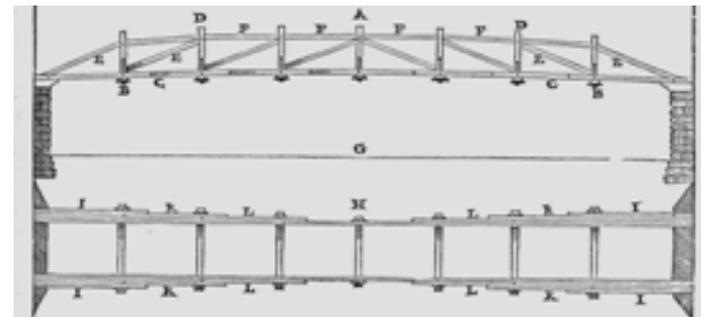


La consuetudine di staccare il monaco dalla catena appare di incerta datazione e tipica della scienza delle costruzioni dell’Ottocento

Le più antiche capriate rintracciate hanno quasi sempre il monaco strettamente unito alla catena

Nelle Capriate del **Palladio** il monaco non è staccato dalla catena, ma anzi risulta solidamente unito alla catena.

Le capriate proposte dal Palladio hanno anche appoggi intermedi.



STRUTTURE DI COPERTURA

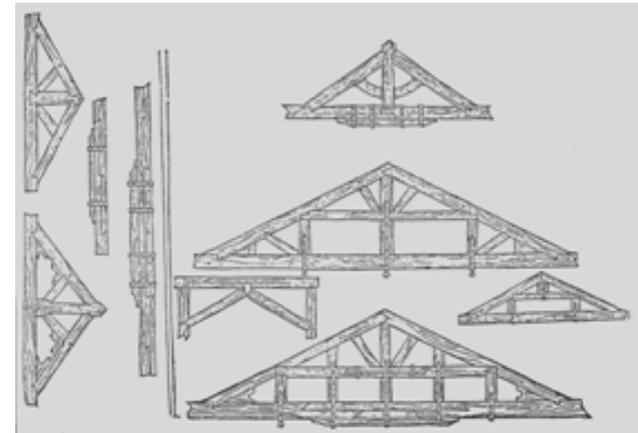
Palladio scrive: “quando i muri di mezo vanno a tor suso le travi, facilmente si accomodano, e mi piace molto, perché i muri di fuori non sentono molto carico e perché marcendosi una testa di qualche legno, non è però la coperta in pericolo”.

(in: A. Palladio, *I quattro libri dell'architettura*, Venezia, 1570)

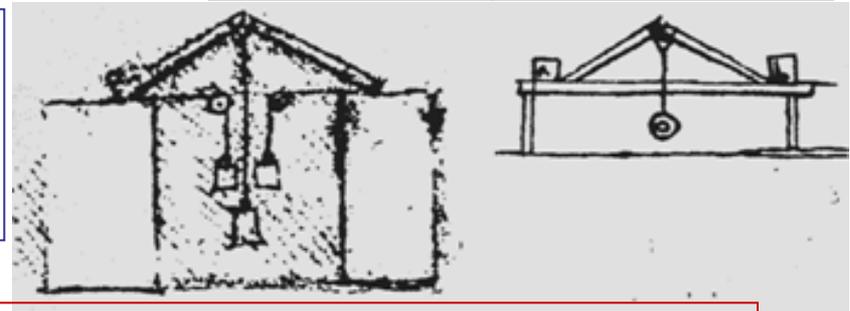


S. Serlio, propone di capriate con elementi strettamente uniti.

-*Tutte l'opere d'Architettura di Sebastiano Serlio Bolognese*, Venezia, 1584



Leonardo da Vinci studia l'equilibrio delle capriate tentandone l'analisi, con virtuali esperimenti, cercando di valutare lo stato di sollecitazione a trazione sulla catena.



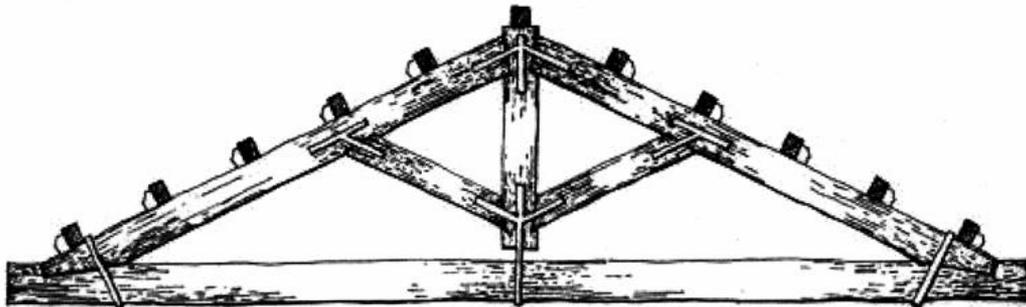
Dopo l'800 i nodi iniziano ad essere considerati cerniere, la concezione strutturale si trasforma da iperstatica ad isostatica

STRUTTURE DI COPERTURA

CAPRIATE DI LEGNO

Strutture piane composte da elementi lineari posti a sostegno delle falde di una copertura.

Sono strutture che si basano sul principio del triangolo indeformabile in cui l'asta orizzontale (catena) assorbe le spinte delle aste inclinate (puntoni).



Capriata semplice alla Palladio



Capriate in S.Croce, Firenze

STRUTTURE DI COPERTURA

| COMPONENTI DELLE CAPRIATE SEMPLICI | |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Puntoni | Travi inclinate sollecitate a presso-flessione |
| Catena (o tirante orizzontale) | Elemento orizzontale che supporta sforzi di trazione che altrimenti andrebbero a gravare, sotto forma di forza orizzontale, sul punto di appoggio dei puntoni |
| Monaco (o ometto) | <p>Elemento verticale inserito per ottenere un migliore collegamento della sommità dei due puntoni</p> <ul style="list-style-type: none"> -- <u>è scarico</u> -- <u>è munito di una staffa</u> (generalmente metallica) che passa sotto la catena ad una certa distanza dall'intradosso) per sorregge con l'estremo inferiore la catena qualora il rilassamento delle fibre lignee diventi eccessivo; in questo caso il monaco diventa teso |
| Saettoni (o contraffissi) | <p>Aste inclinate inserite tra l'estremo inferiore nel monaco e, circa, la mezzeria dei puntoni</p> <ul style="list-style-type: none"> - provocano un <u>irrigidimento della capriata</u> tale da permettere e consentire coperture di ampiezza o luce maggiore -- <u>sono compresse</u> -- <u>inducono trazione nel monaco</u> |

STRUTTURE DI COPERTURA



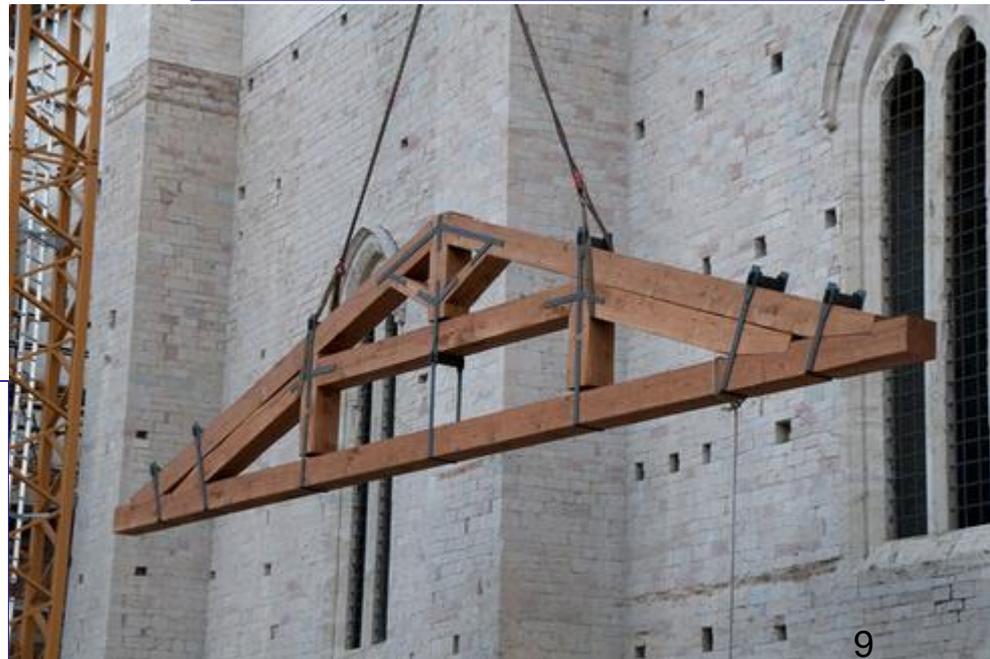
2. Capriata semplice con saettoni

Luce max 10-12 m



1. Capriata semplice

Luce max 6-7 m



3. Capriata composta

Una controcatena e due sottopuntoni consentono di superare luci di 16-18 m

Con saettoni anche luci di 24-26 m

STRUTTURE DI COPERTURA***FUNZIONAMENTO DELLA CAPRIATA***

PUNTONI - Sollecitati a presso-flessione, i puntoni esercitano sulla *catena* (trave principale) un'azione spingente sollecitandola a trazione.

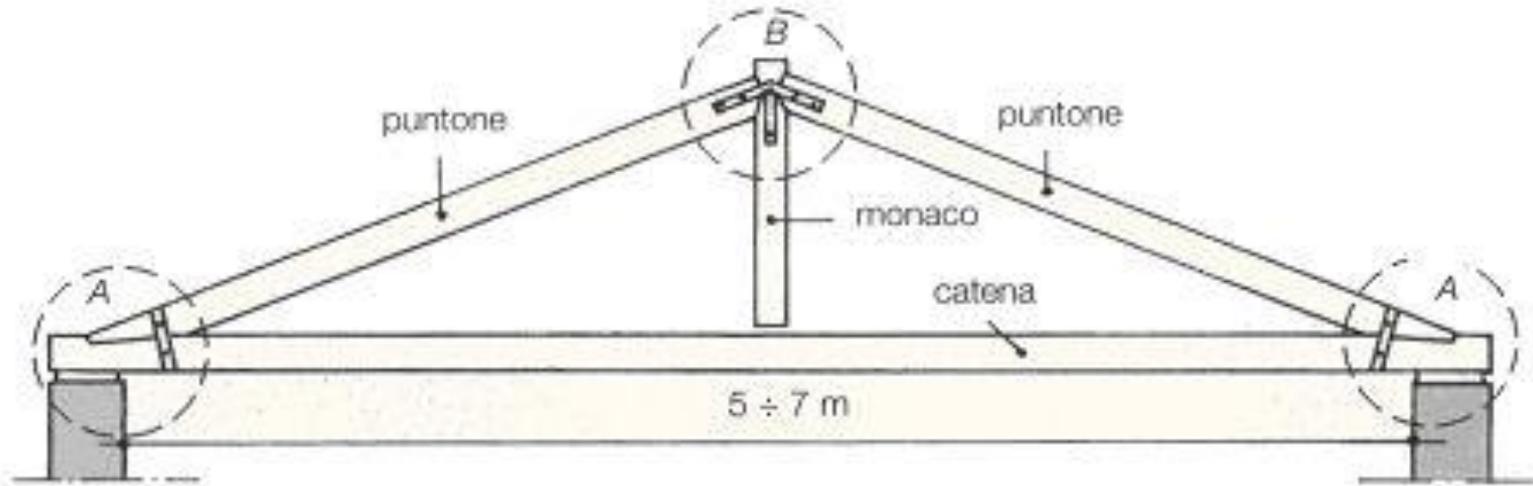
CATENA - trasferisce il peso dell'intera struttura alle pareti su cui poggia, mediante delle azioni verticali.

MONACO - Nello schema statico delle capriate il *monaco* migliora la connessione tra i puntoni, ed entra in carico, con sollecitazioni di trazione, non appena la catena si inflette interessando la staffa. Il complesso monaco-staffa ha anche la funzione di mantenere l'intera capriata nel piano verticale.

SAETTE - Le *saette* (o *contraffissi*) realizzano un appoggio intermedio per i puntoni, e ne riducono la luce libera di inflessione scaricando sul monaco la forza di compressione a cui sono sottoposte. Il monaco pertanto risulta essere ulteriormente teso.

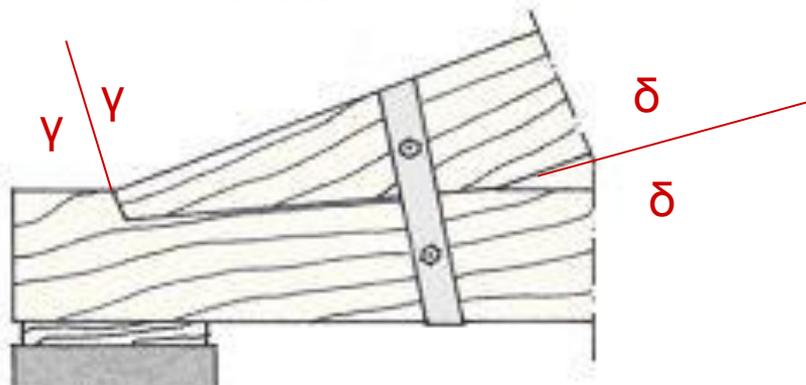
CONTROCATENA - La *controcatena* delle capriate composte, ha un ruolo di rinforzo, poiché assorbe, in posizione intermedia, le azioni di puntoni con lunghezze elevate. Se la capriata riceve carichi solo nei nodi e se gli assi degli elementi convergono in uno stesso punto, essa è soggetta a sforzi di trazione (il monaco e soprattutto la catena) o compressione (i puntoni), come una qualsiasi reticolare; in caso contrario i carichi che gravano sui puntoni generano in essi dei momenti flettenti mentre le eccentricità nei nodi generano dei momenti in ogni membratura ivi convergente.

STRUTTURE DI COPERTURA

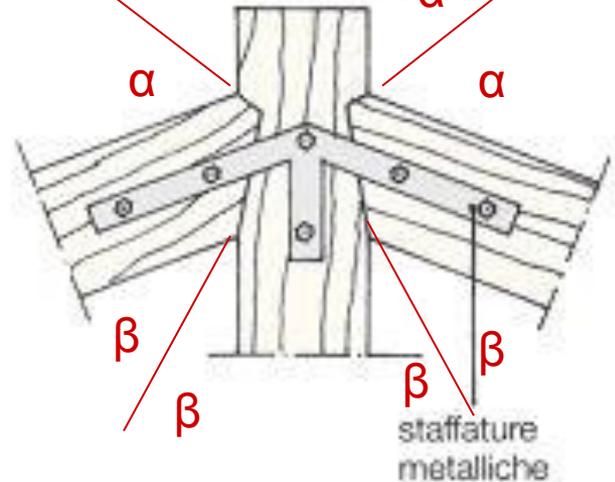


Intersezioni secondo le bisettrici

particolare A



particolare B



Le strutture metalliche di collegamento vengono di solito inserite solo in un secondo momento

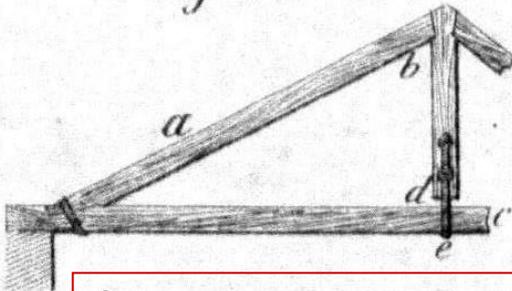
STRUTTURE DI COPERTURA

Fig. 131



Capriata senza monaco

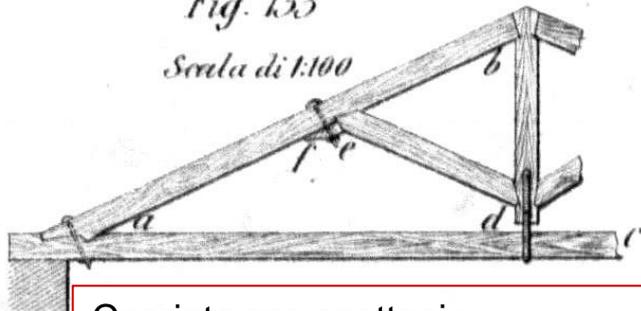
Fig. 132



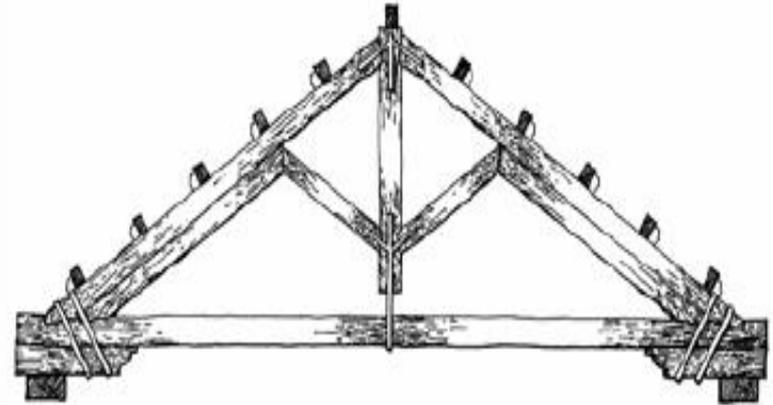
Capriata con monaco

Fig. 133

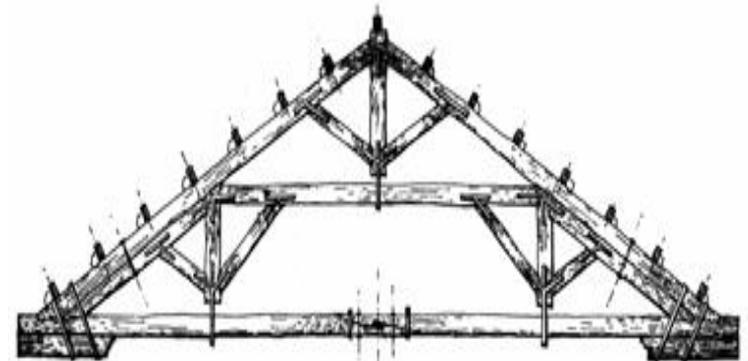
Scala di 1:100



Capriata con saettoni



Capriata con sottopuntoni



Capriata palladiana composta

STRUTTURE DI COPERTURA

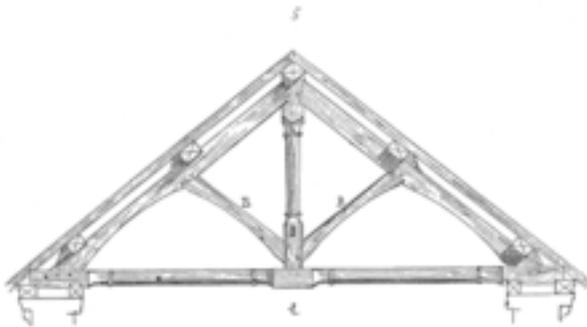
COMPORAMENTO STATICO

Capriata a nodo aperto (la più diffusa).

I collegamenti nella struttura sono considerati come **cerniere**, ovvero come collegamenti che **consentono la rotazione attorno ad un asse passante per il punto di intersezione**; gli sforzi normali negli elementi, infatti, sono determinati assumendo che in ogni nodo ci sia una cerniera.

Anche per i momenti flettenti è necessario supporre che i nodi all'estremità siano cerniere.

L'effetto dell'inflessione dei nodi e del parziale effetto di incastro nelle unioni viene preso in considerazione riducendo del 10% il momento flettente nel nodo.



STRUTTURE DI COPERTURA**APPOGGIO**

L'appoggio delle capriate (sulla muratura, sulle travi dell'ossatura in c.a., su travi in acciaio, ecc.) **deve essere tale da evitare la rottura o la disgregazione del legno.**

Può essere realizzato mediante un **elemento rigido che ripartisce le forze su legno** (piastra metallica o tradizionalmente una pietra) oppure, nel caso di un appoggio su muratura, mediante un supporto in legno detto **dormiente** che ammortizza ed evita il contatto diretto tra il legno ed un elemento più duro.

L'appoggio deve essere inoltre tale da **non vincolare orizzontalmente la catena**, perché in questo caso la catena non andrebbe in trazione e i puntoni scaricherebbero la componente orizzontale della forza inclinata sull'appoggio.

I vincoli ideali dovrebbero essere di **cerniera-carrello**; e così li approssima l'analisi statica, anche se tuttavia in realtà v'è una forza di attrito in entrambi gli appoggi che determina in essi un comportamento simile ad un carrello vincolato ad una molla. A rigore, si genera pertanto, in ogni caso, una forza orizzontale (l'attrito) sugli appoggi.

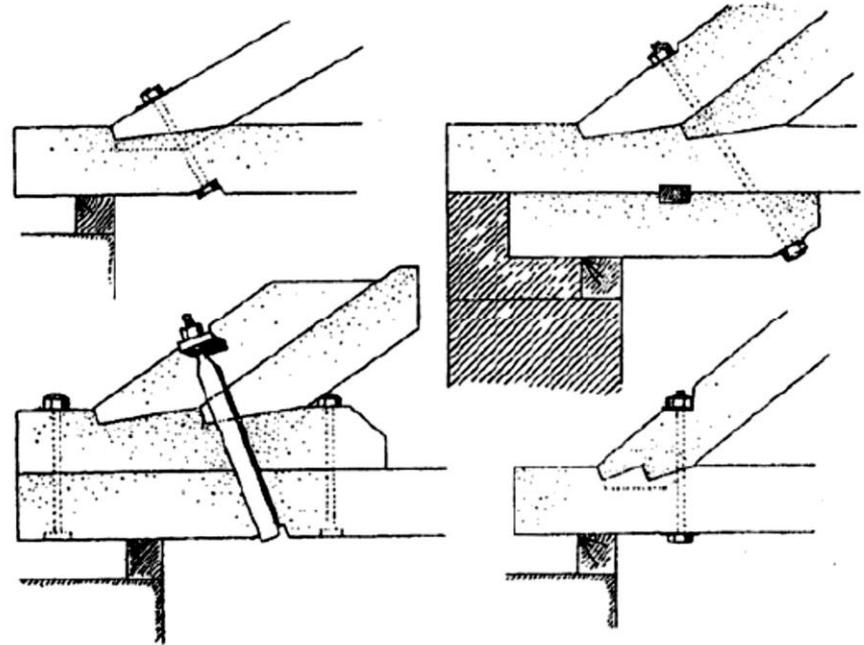
STRUTTURE DI COPERTURA



Mensola in legno di una capriata (Chiesa abbaziale dei SS . Vincenzo e Anastasio)



Capriata - particolare con la mensola intagliata
(Abbazia delle tre fontane - edificio conventuale – dormitorio)



Esempi di soluzioni del nodo puntone-catena,
poco diffusi

STRUTTURE DI COPERTURA

CAPRIATE DI LEGNO – Orditure secondarie

| | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arcarecci o terzere | Poggiano sui puntoni delle capriate , ortogonalmente ad esse, con interassi da 1 a 2 m (sono travi secondarie di sezione inferiore) |
| Travicelli | Poggiano sugli arcarecci con interassi di 0,45-0,5 m |
| Correntini | Poggiano sui travicelli con interassi di 0,1-0,33 m (a seconda che ci siano tegole a canale o marsigliesi) |
| Piano di regolarizzazione | Tavolato in legno o piano di mattoni in laterizio (pianelle) |
| Manto di copertura | Manto di protezione dalle intemperie (tegole) |

STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE DI LEGNO – Connessioni



Sistemi di connessioni tra terzere-capriata e terzere-cavalletti

STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE DI LEGNO

– Capriate



STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE DI LEGNO – Soluzioni costruttive con imbotte



Diversa tipologia di tiranti: elementi lignei, filo di ferro e piatti metallici

STRUTTURE DI COPERTURA

NODI

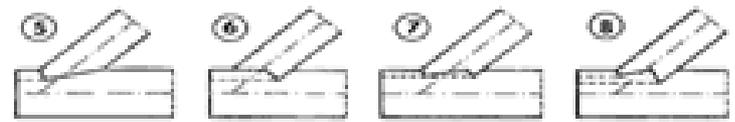
Soluzioni per nodi.

- M. Mittag,
Baukonstruktionslehre, C.
 Bertelsmann Verlag, Gütersloh,
 1953

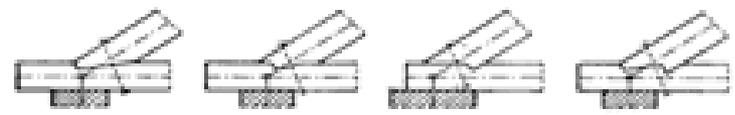
Fußpunkt der Sparrendächer und Sprengwerke



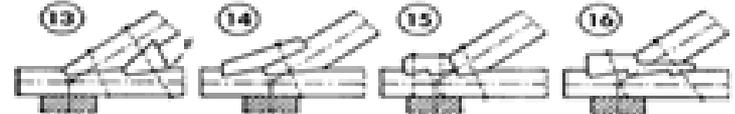
Arten der Abstreifung: ① Stirn läuft rechtwinklig zur Strobenoberkante (Sparrenoberkante), ② Stirn läuft nach der Winkelhalbierenden, ③ Stirn läuft rechtwinklig zur Balkenoberkante, ④ Stirn läuft rechtwinklig zur Fußschmiege.



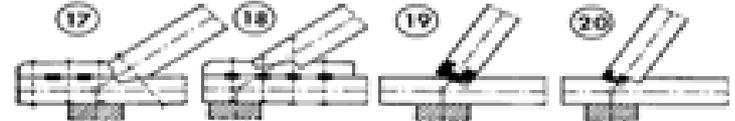
Versatz falsch und richtig: ⑤ falsch, ⑥ richtig; bei kurzem Balkenkopf Versatz an der Innenseite anordnen, ⑦ falsch, ⑧ richtig; bei doppelter Knaue innere Knaue tiefer als äußere Knaue anordnen, dadurch zwei Abstreifflächen.



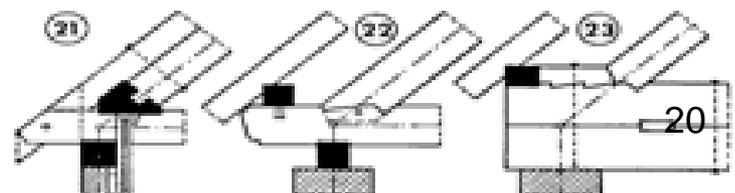
⑨ Stirnversatz, ⑩ Brustversatz, ⑪ Felsenversatz, ⑫ doppelter Versatz



Reicht die Fußschmiege für die Aufnahme der Scharhölzer nicht aus, können **Horstholz-Mützen** eingebaut werden: ⑬ von hinten eingesetzt (bei F 2-3 mm Luft lassen), ⑭ bei größerer Verkehrlänge Versatzlöcher an der Oberkante, ⑮ mit durchlaufendem Klötz.



⑰, ⑱ aufgedübelt. Sohle mit viereckigen Horstholzdübeln (Durchschnitt 4/8, 5/8, 6/12 usw.) über die ganze Balken- und Sohlbreite je höflich eingelassen, ⑲ Sperrschwelle senkrecht zur Dachneigung, ⑳ schwache Sperrschwelle mit zwei Abstreifflächen.



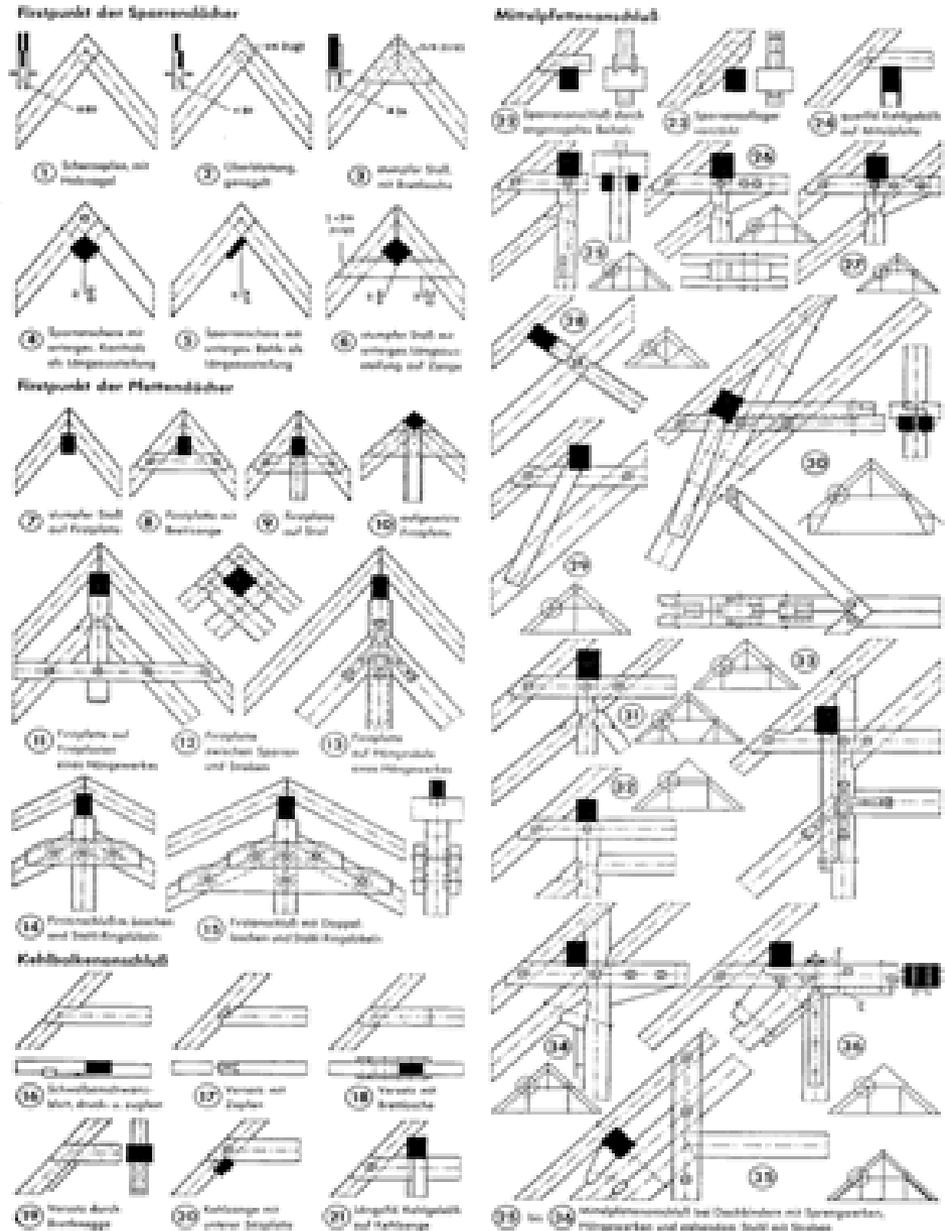
NODI

Soluzioni per nodi.

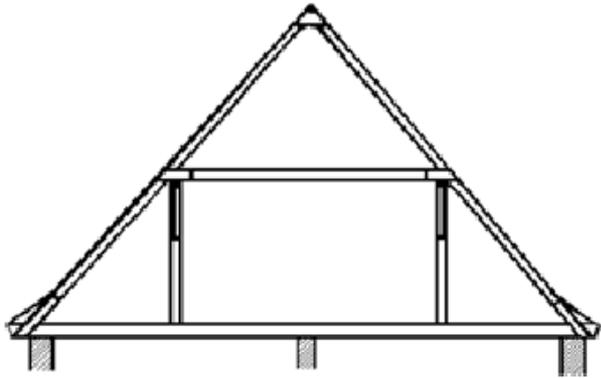
- M. Mittag,

Baukonstruktionslehre, C.

Bertelsmann Verlag, Gütersloh,
1953

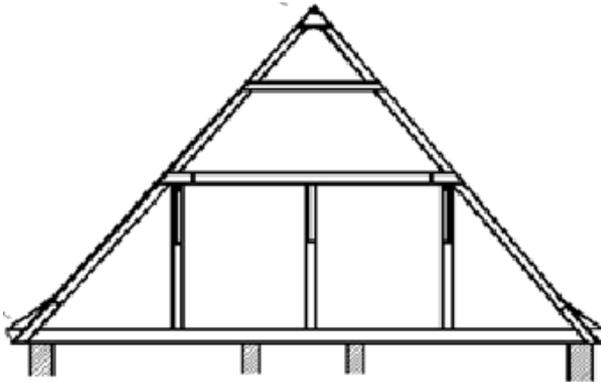


STRUTTURE DI COPERTURA

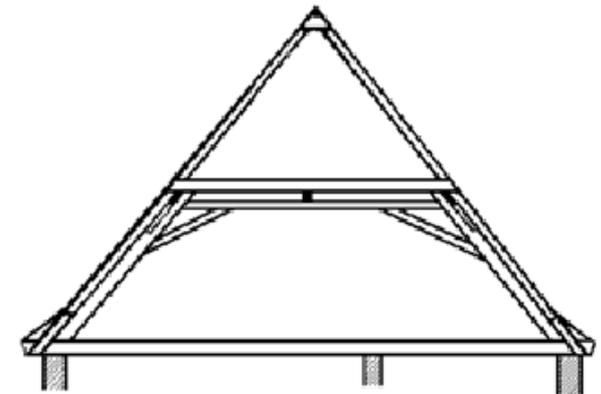


COPERTURE A CONTROCATENE

Struttura secondaria a due montanti (o cavalieri)



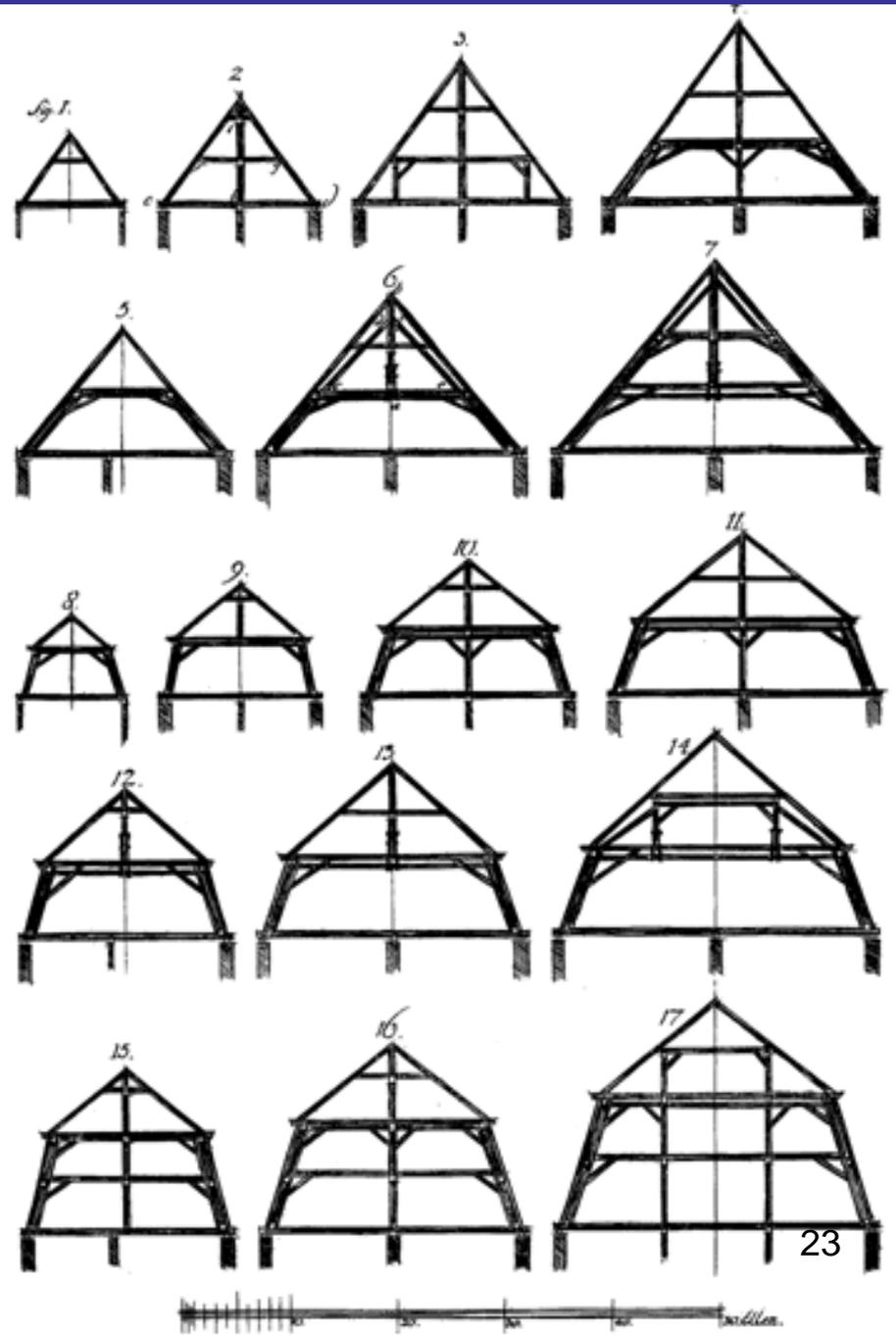
Struttura secondaria a tre montanti con ulteriore controcattena



Struttura secondaria articolata

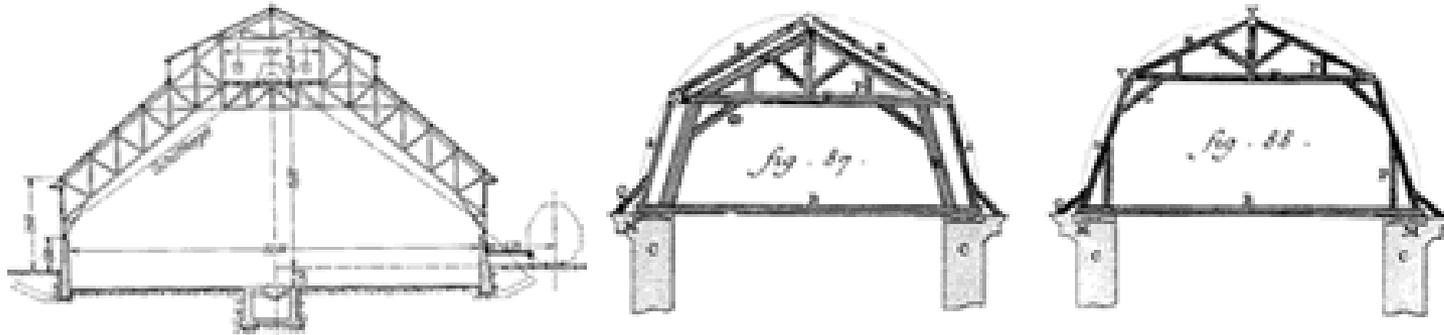
COPERTURE A CONTROCATENE

C. G. Reuss, „Anweisung zur Zimmermannskunst“,
Lipsia, 1764



STRUTTURE DI COPERTURA

COPERTURE RETICOLARI A GRANDI LUCI



Struttura a capriate di grande luce con puntoni reticolari.

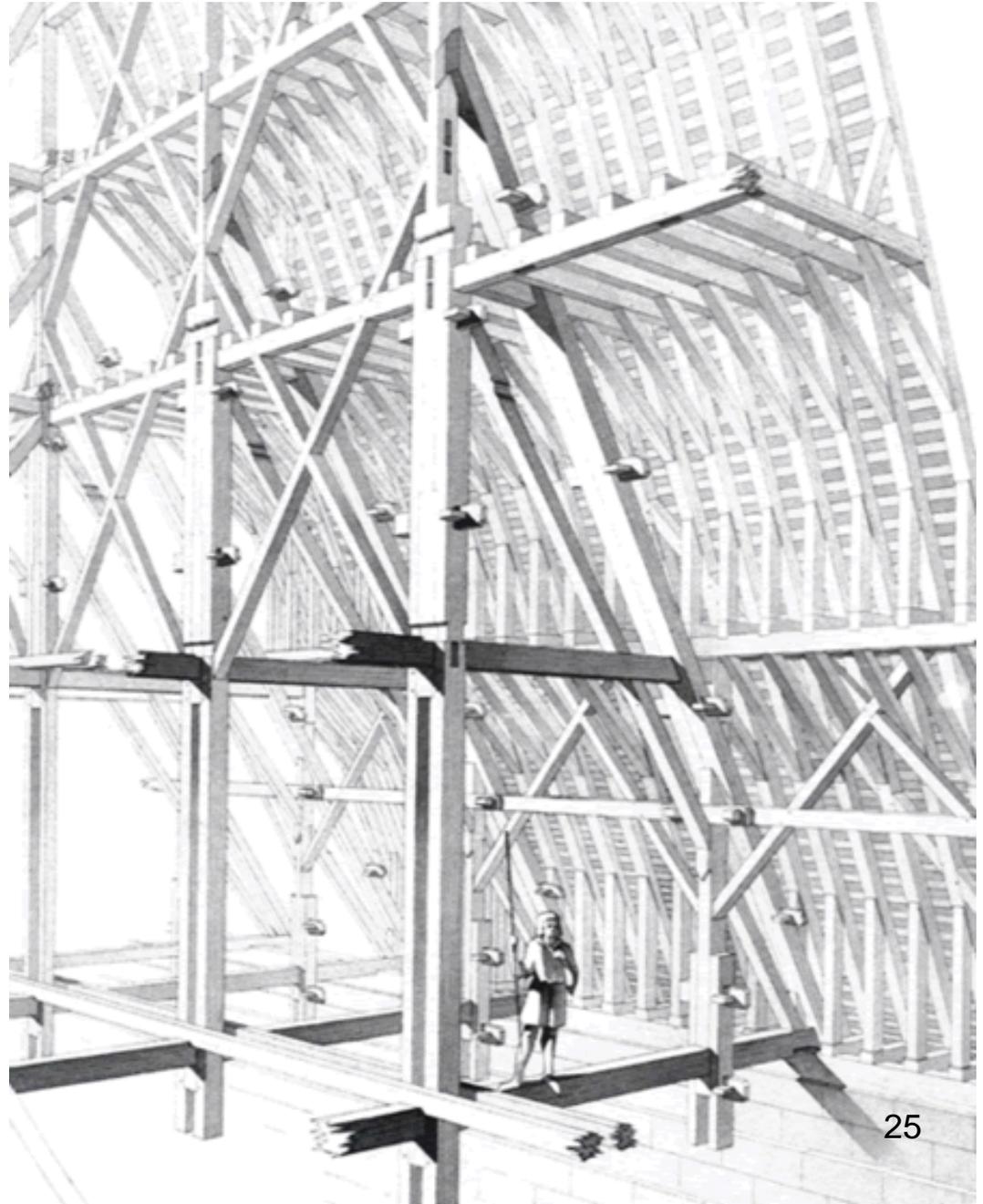
H. Bronneck, Holz im Hochbau, Vienna, 1926.

D. Diderot, J. B. d'Alembert, Encyclopédie, 1747-1766, capriate "alla Mansart".

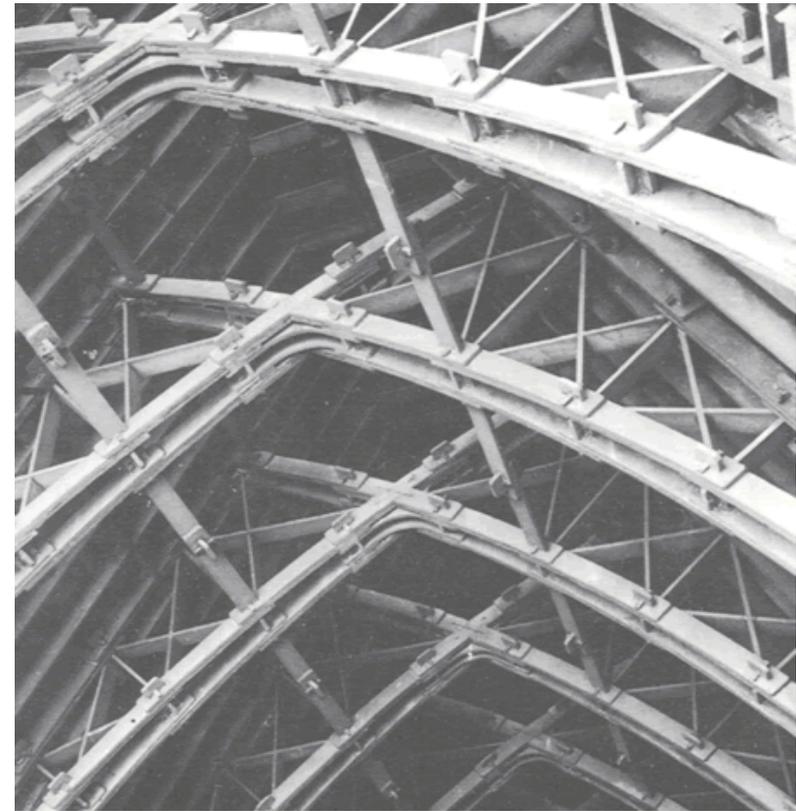
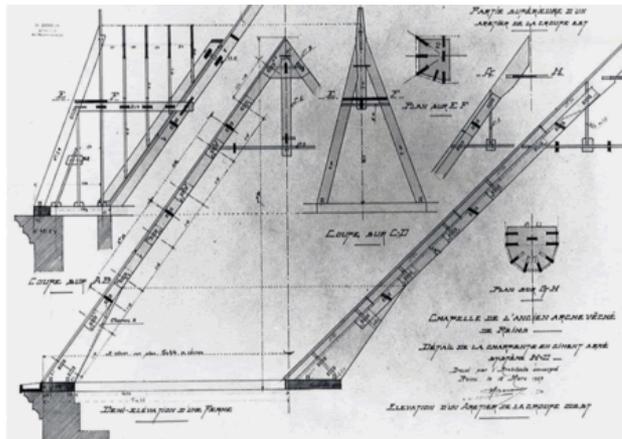
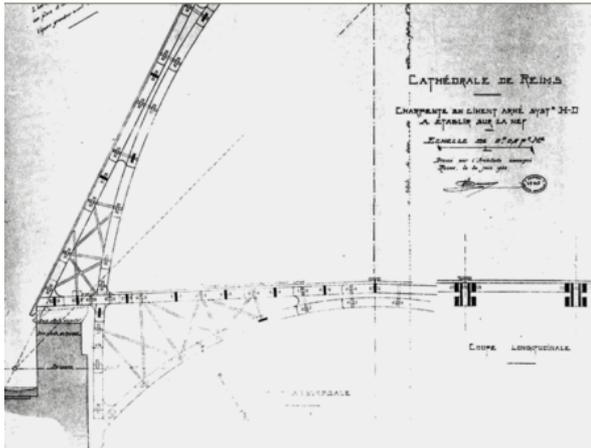
COPERTURE A GRANDI LUCI

Coperture della Cattedrale di Reims - XV-XVI secolo

Sistema d'incavallature tridimensionale con controventamenti diagonali e travi composte tenute strette da assi in legno fissate con cunei, giunti ad incastro fissati con perni in legno duro

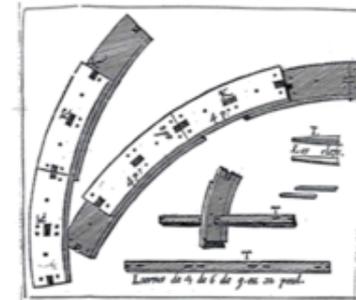


COPERTURE A GRANDI LUCI



Coperture della Cattedrale di Reims (1926) -
Sostituzione di del legno con il calcestruzzo armato.

Incavallature con intradosso curvo e arcate a estradosso quasi rettilineo, unendo i "piccoli" elementi di calcestruzzo, di peso variabile dai 40 ai 60 kg.



Comme les pièces de Courbe si mesurent quand elles
sont mises en place sur leur
cylindre avec leur linteau.

CHAPITRAUX VIL

A figure la plus parfaite & plus capable de toutes celles
la ronde, dans ce genre d'invention, comme nous
pouvons constater, par la figure ci-jointe. Laquelle l'ay
réprouvée sur les lieux des établissements, dans la mes-
ure quasi entre les mains, comme l'ay constaté parcyde-
vant en la figure du quatrième chapitre. Vous pouvez mettre les ha-
moycles sur les murs si vous les mettez entre les filets sans par
C 13

...ent dehors
...er quelque
...jusqu'à ce
...tant qu'au
...la, sans mes-
...aux connoi-
...des courbes
...plus grandes, à fin que lon en puisse avoir
...meilleures connoissance. Il fera fort bon de mettre le moins de telles
...chevilles que lon pourra, à fin que les dites pierres des courbes ne
...soient tant corrompues, & qu'elles puissent ioter plus facilement sur
...leurs jointes & commasures. Ce qui est plus aisé à connoître par la fi-
...gure fistules, que par trop grande écriture, de laquelle ie me fais re-
...nu pour n'en estre besoyn.

