

SOLAI

Solaio rustico di travicelloni e tavolato

Roma, Palazzo Pozzi, via di Monserrato (XV-XIX sec.)

1. Stralcio pianta piano primo



0 1 5 10 m

2. Vista dall'alto: pianta delle orditure



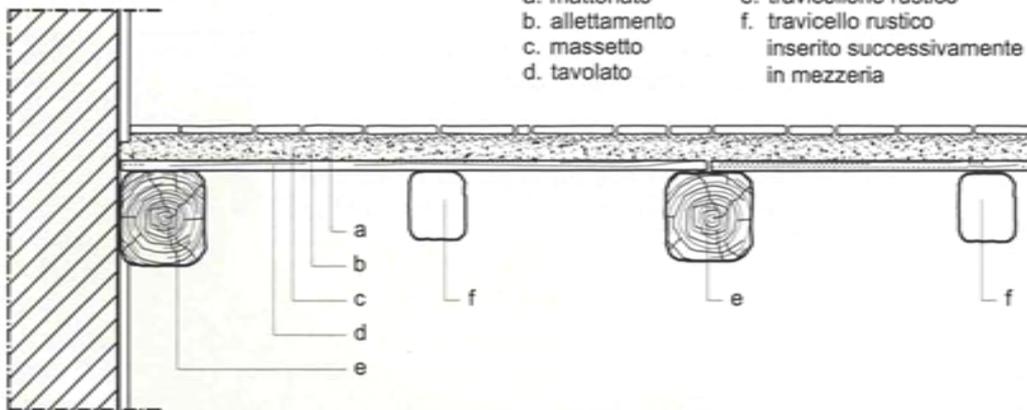
0 0.5 1 2 3 4 m

3

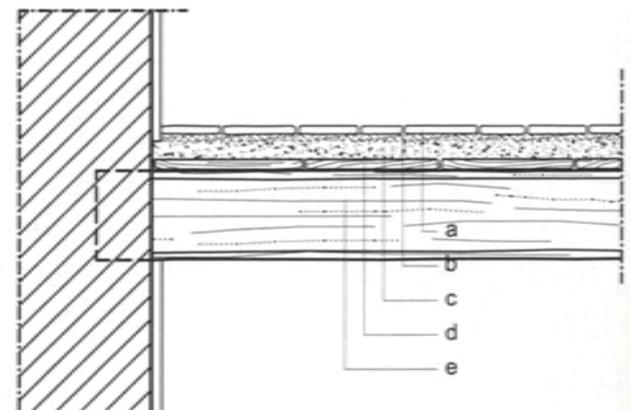


3., 6., 7. Le immagini evidenziano l'orditura di travicelloni del solaio preesistente e quella dei travicelli aggiunti in mezzera nel corso d'un successivo intervento di consolidamento

4. Sezione A-A', scala 1:20



5. Sezione B-B', scala 1:20



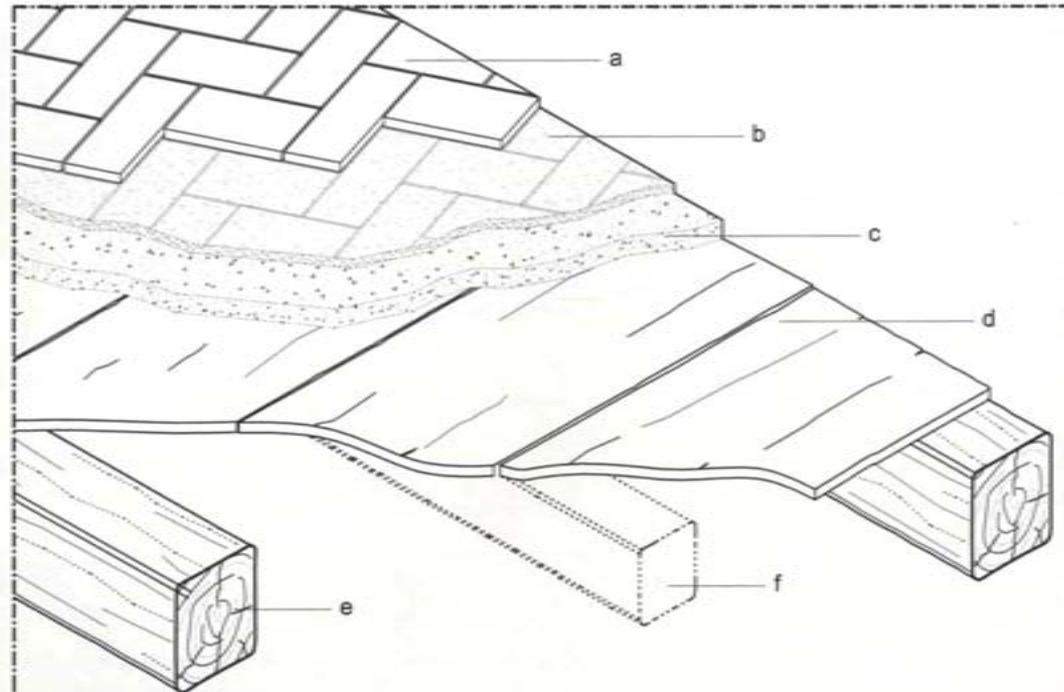
Solaio rustico di travicelloni e tavolato



Questo semplice solaio rustico da mezzanino è costituito da un'orditura realizzata con travicelloni sommariamente riquadrati di varie dimensioni, posti ad un interasse piuttosto ampio; un tavolato rustico con elementi di larghezze diverse; un massetto poco coeso e leggero; l'allettamento e il mattonato. Le travature intermedie sono state successivamente inserite nelle rispettive mezzerie, fra le travi originali.



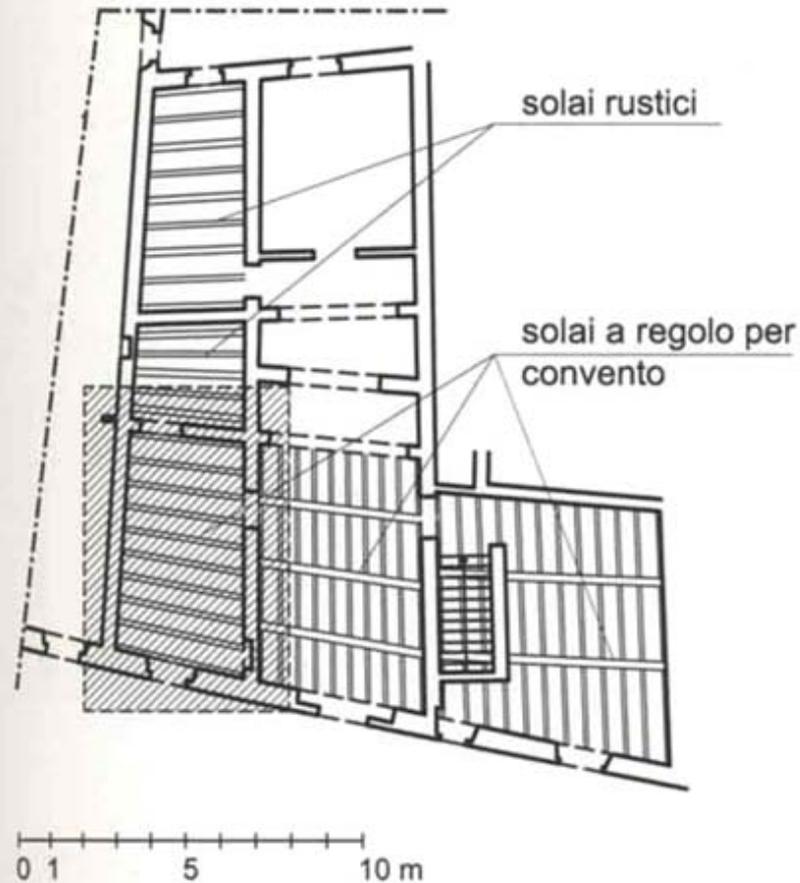
8. Assonometria



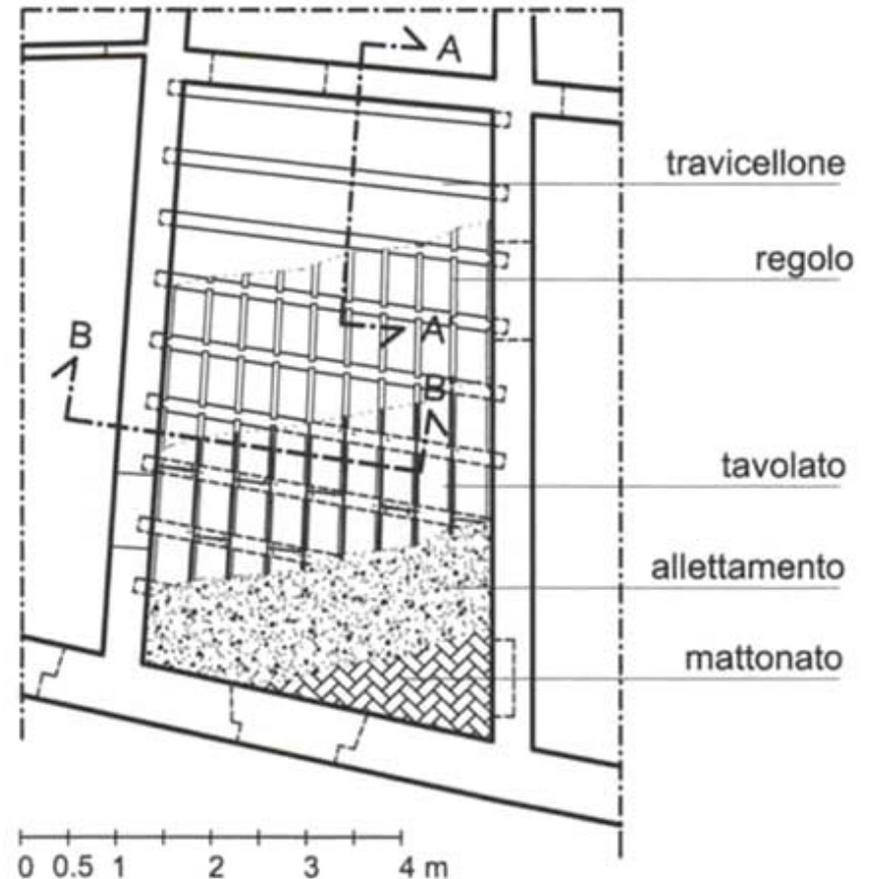
Solaio rustico di travicelloni con tavolato e regolo per convento

Roma, Palazzo Pozzi, via di Monserrato (XV-XIX sec.)

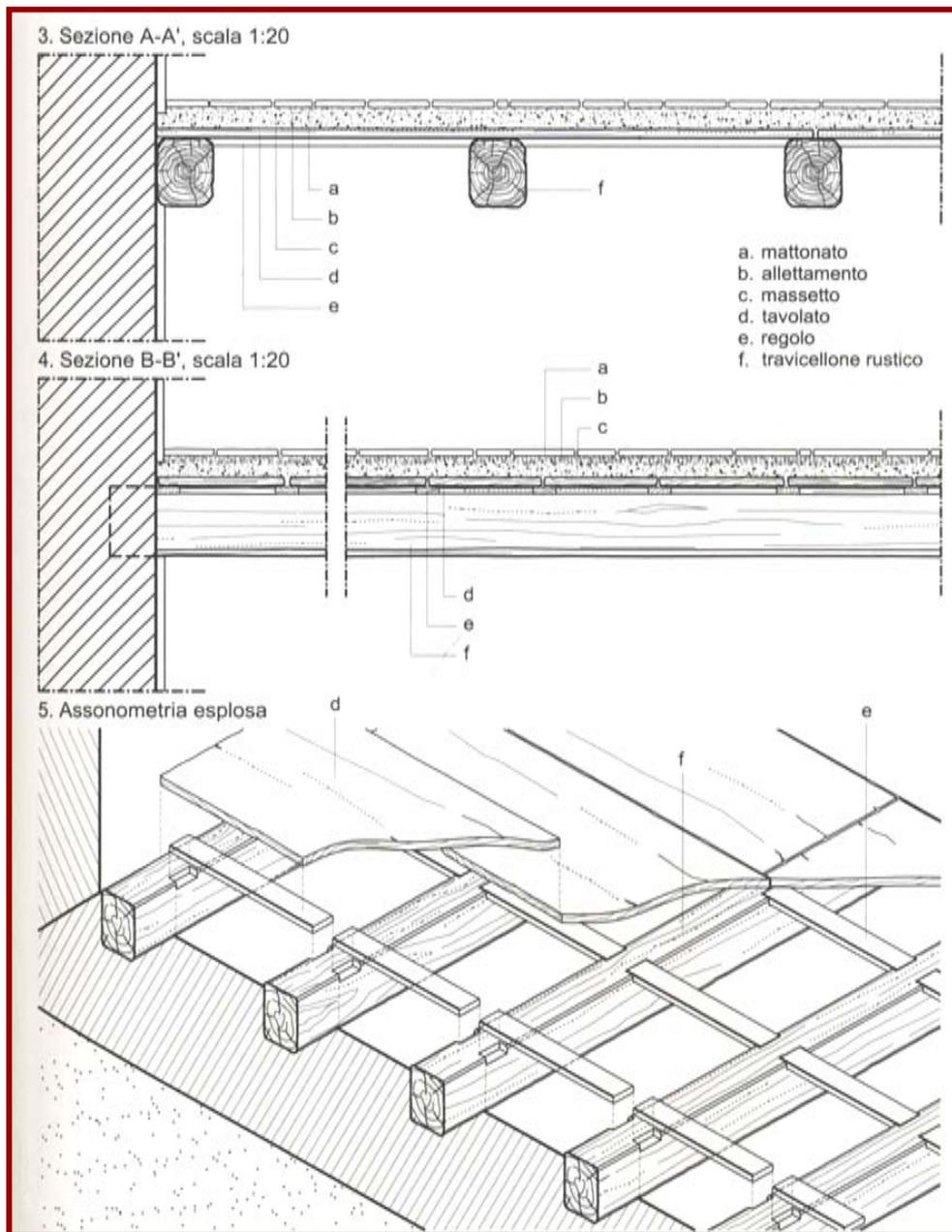
1. Stralcio pianta piano primo



2. Vista dall'alto: pianta delle orditure



Solaio rustico di travicelloni con tavolato e regolo per convento



Il solaio rustico descritto, presumibilmente frutto di una ristrutturazione ottocentesca, a copertura di un ambiente del mezzanino, adotta travicelloni non riquadrati di varie dimensioni, posti ad interasse variabile, con incassi all'estradosso per l'alloggiamento dei regoli.

Sopra questi ultimi è disposto il piano di tavole, realizzato con elementi di varie larghezze e spessore circa 2,5 cm. Il solaio è completato con il massetto, generalmente poco coeso e leggero, e con l'allettamento del mattonato.

Solaio rustico di travicelloni con tavolato e regolo per convento

6. Vista degli appoggi dei travicelloni al setto murario



7. Vista ravvicinata che evidenzia l'incasso nei travicelli per accogliere i regoli



Solaio rustico di travicelloni (dal Manuale del recupero di Roma I edizione)

UBICAZIONE

Roma, casa di proprietà della Soprintendenza archeologica di Roma (già del Conservatorio di S. Caterina della Rosa), Via delle Botteghe Oscure 19, piano ammezzato.

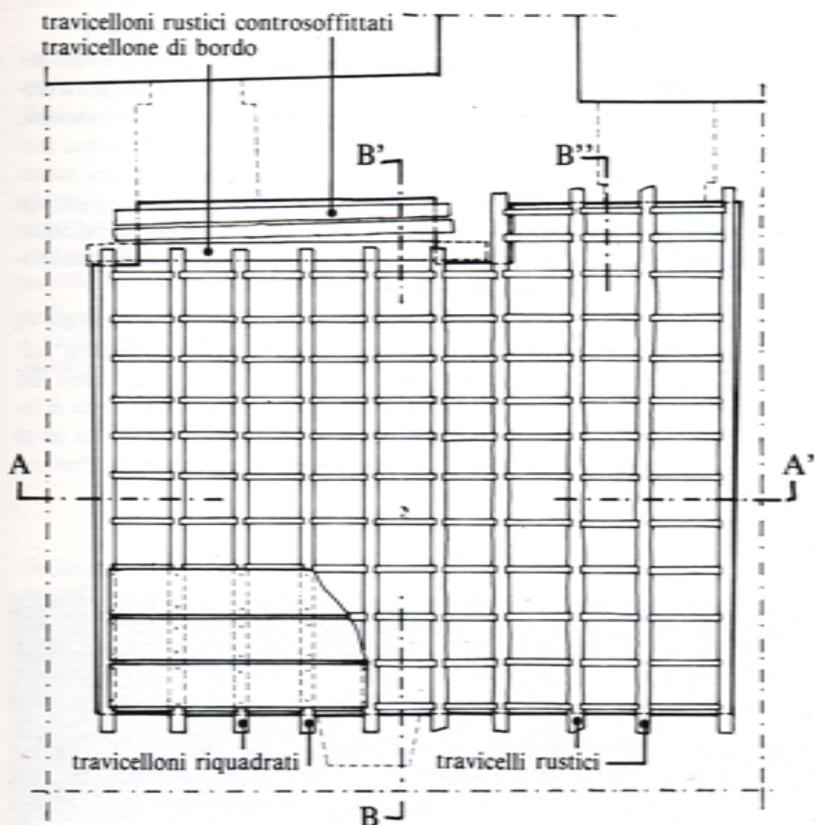
ELEMENTI

Travicelli: (rustici e squadri) luce netta *m* 3,70 e 4,20; interasse *cm* 55 ÷ 65; sezione (rustici) *cm* 13 ÷ 18 × 12,5 ÷ 14,5

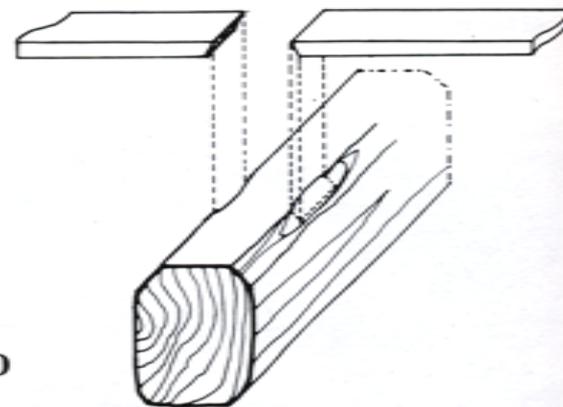
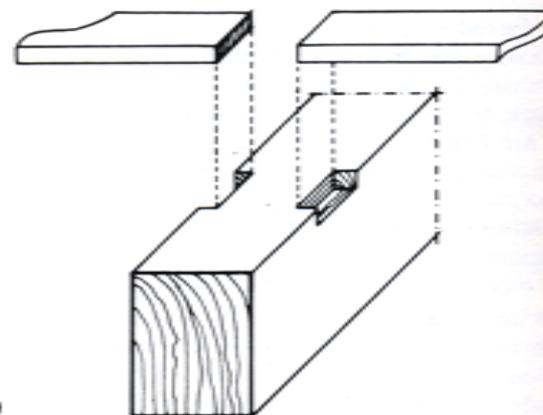
(riquadri) 18 × 13 ÷ 14.

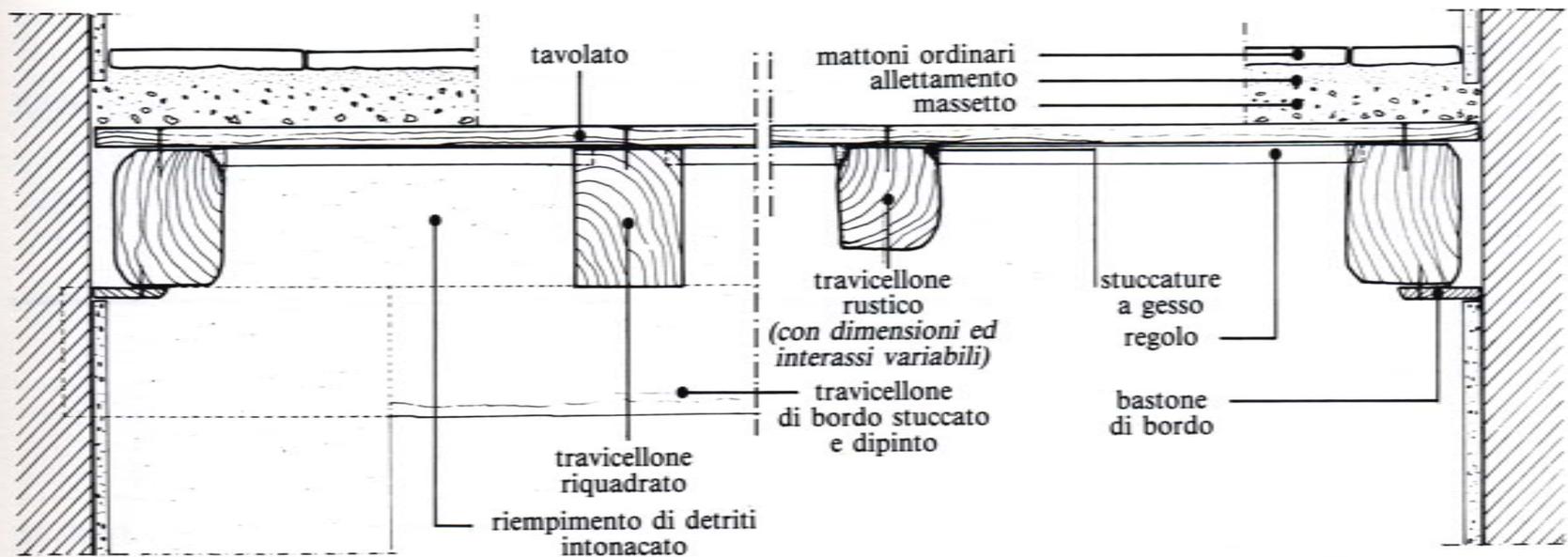
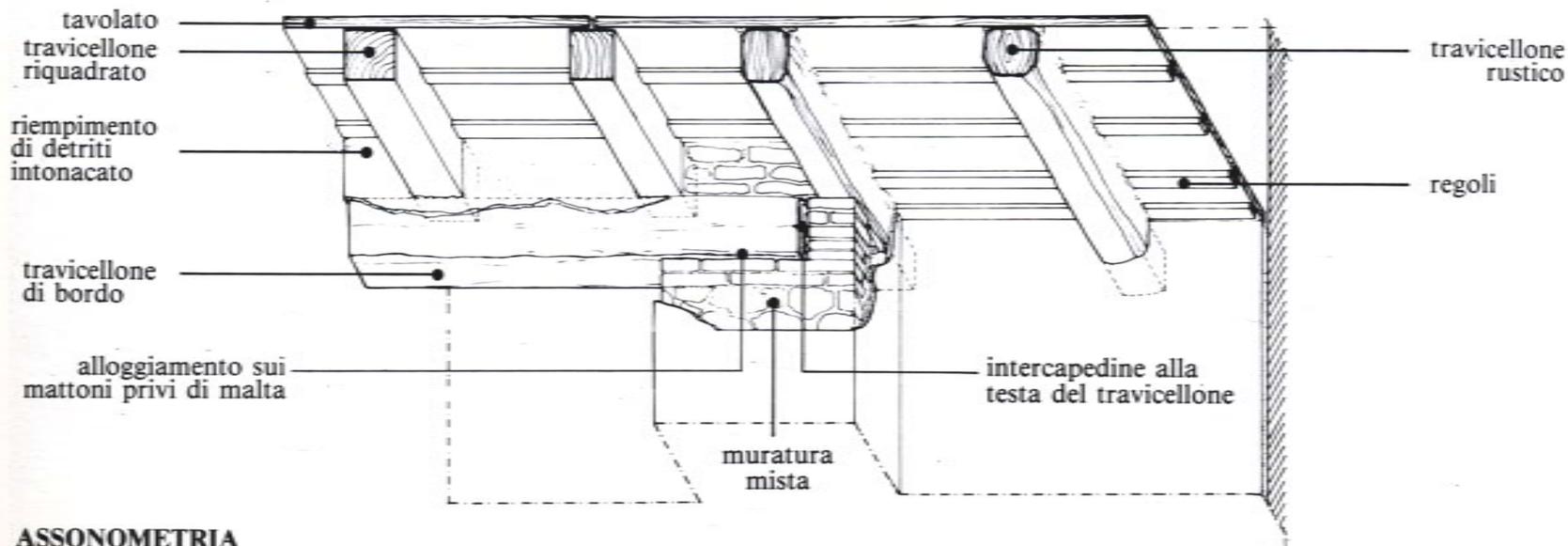
Regoli: interasse *cm* 35 circa; sezione *cm* 2,5 × 6,5.

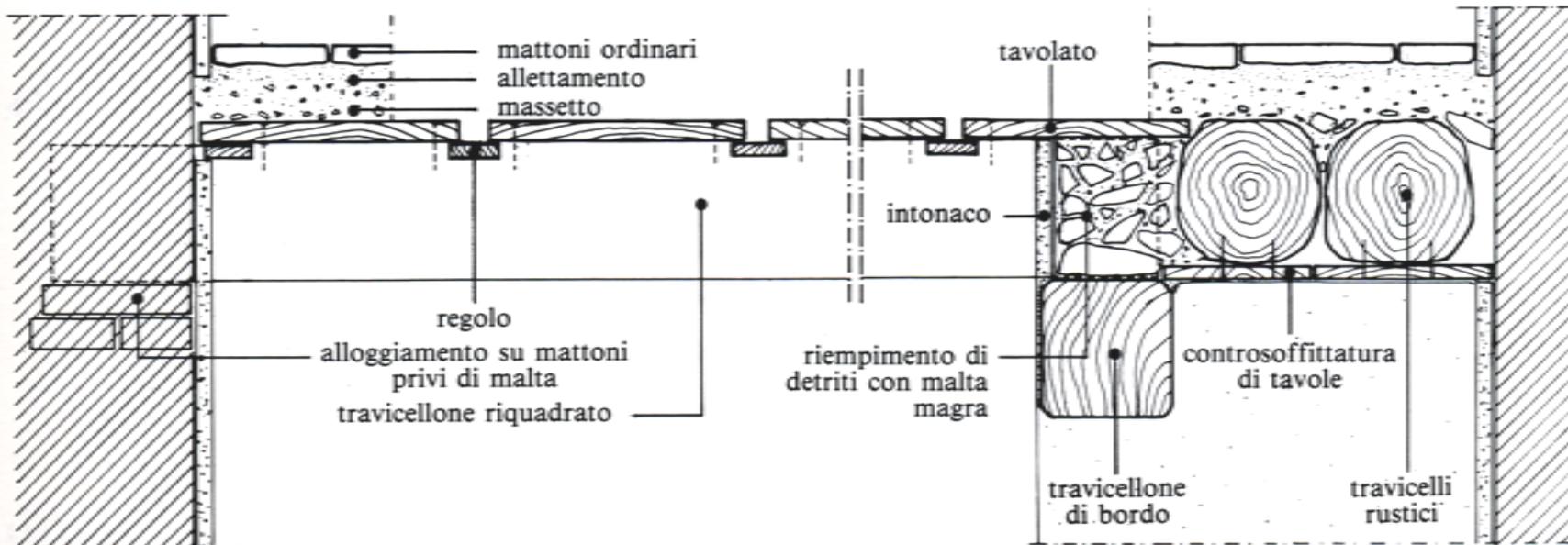
Tavole: rustiche di varie dimensioni, spessore *cm* 3.



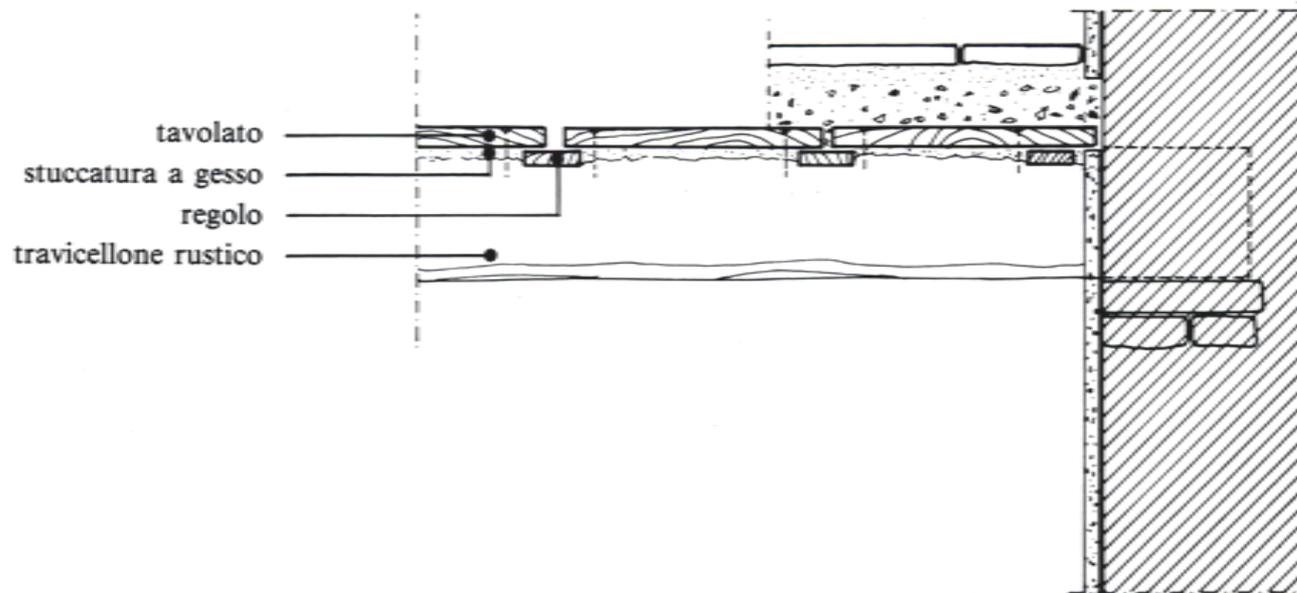
SCHEMA DELLE ORDITURE (rapp. 1:70)
(vista dall'alto)







SEZIONE BB' (rapp. 1:10)



SEZIONE BB'' (rapp. 1:10)

Solaio rustico a doppia orditura di travi e travicelli con tavolato e regolo per convento

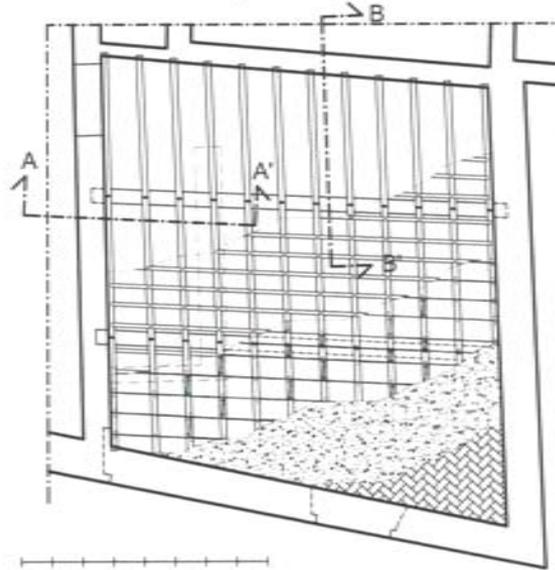
Roma, Palazzo Pozzi, via di Monserrato (XV-XIX sec.)

1. Stralcio pianta piano primo



0 1 5 10 m

2. Vista dall'alto: pianta delle orditure



0 0.5 1 2 3 4 m

3



3., 7., 8. Le immagini mostrano le due orditure portanti che costituiscono il solaio, l'andamento dei regoli per convento, disposti superiormente, e l'appoggio dei travicelli in cui si notano ancora gli incassi delle bussolle, originariamente presenti e poi rimosse

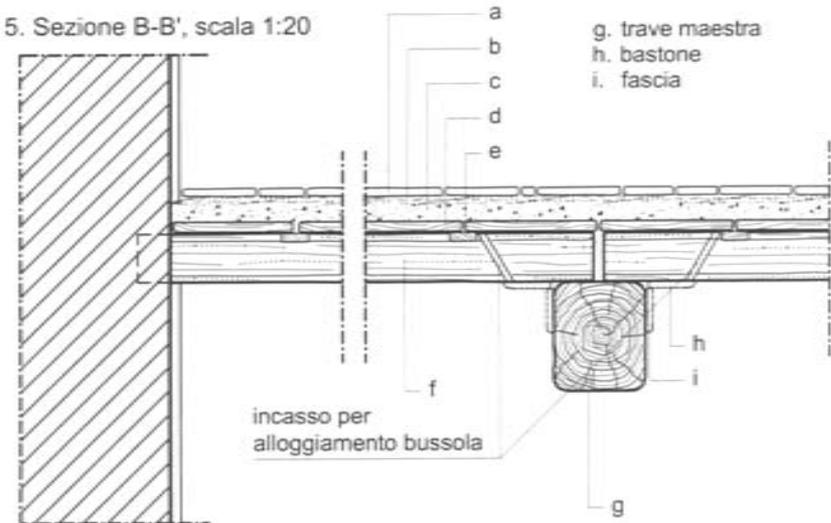
4. Sezione A-A', scala 1:20



- a. mattonato
- b. allettamento
- c. massetto
- d. tavolato
- e. regolo
- f. travicellone rustico

interstizio in origine coperto con bussola e poi riempito con malta e pezzame laterizio

5. Sezione B-B', scala 1:20



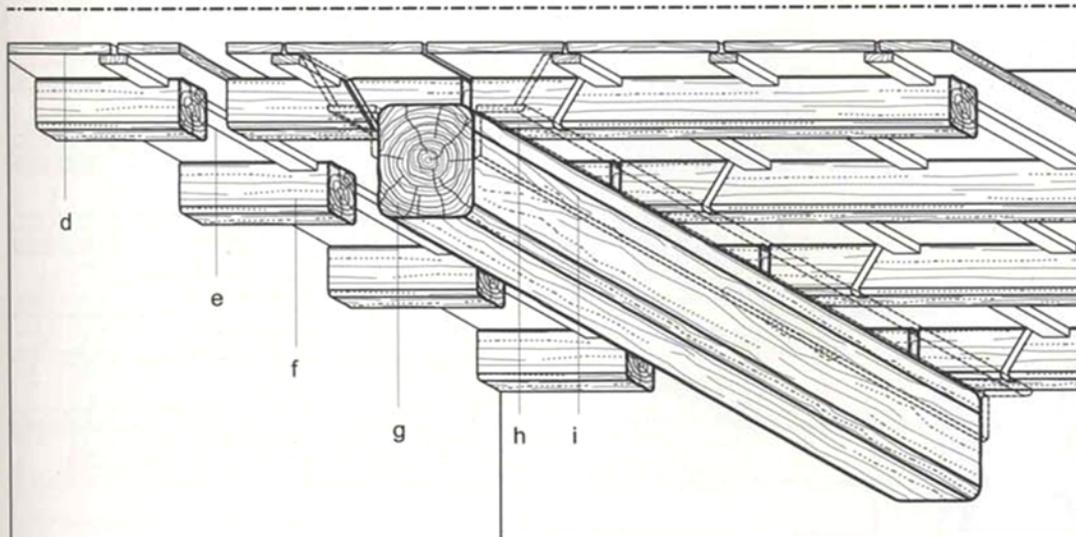
- g. trave maestra
- h. bastone
- i. fascia

incasso per alloggiamento bussola

Solaio rustico a doppia orditura di travi e travicelli con tavolato e regolo per convento

Il solaio rustico rilevato presenta l'orditura principale costituita da due travi sommariamente riquadrate (luce netta 4,20 m) e l'orditura secondaria di travicelli, anch'essi appena riquadrati (luce media 0,60 m), con incassi all'intradosso per l'alloggiamento dei regoli. Sulle facce dei travicelli, in corrispondenza degli appoggi, sono visibili intagli che dovevano, in origine, accogliere le bussole lignee adottate per coprire l'interstizio attualmente riempito grossolamente con muratura; bastone e fascia completavano la finitura.

6. Sezione assonometrica



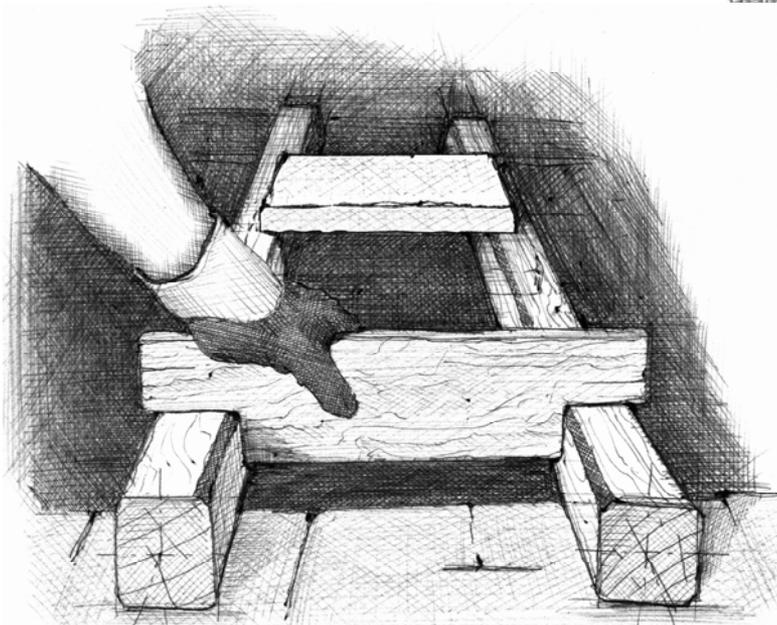
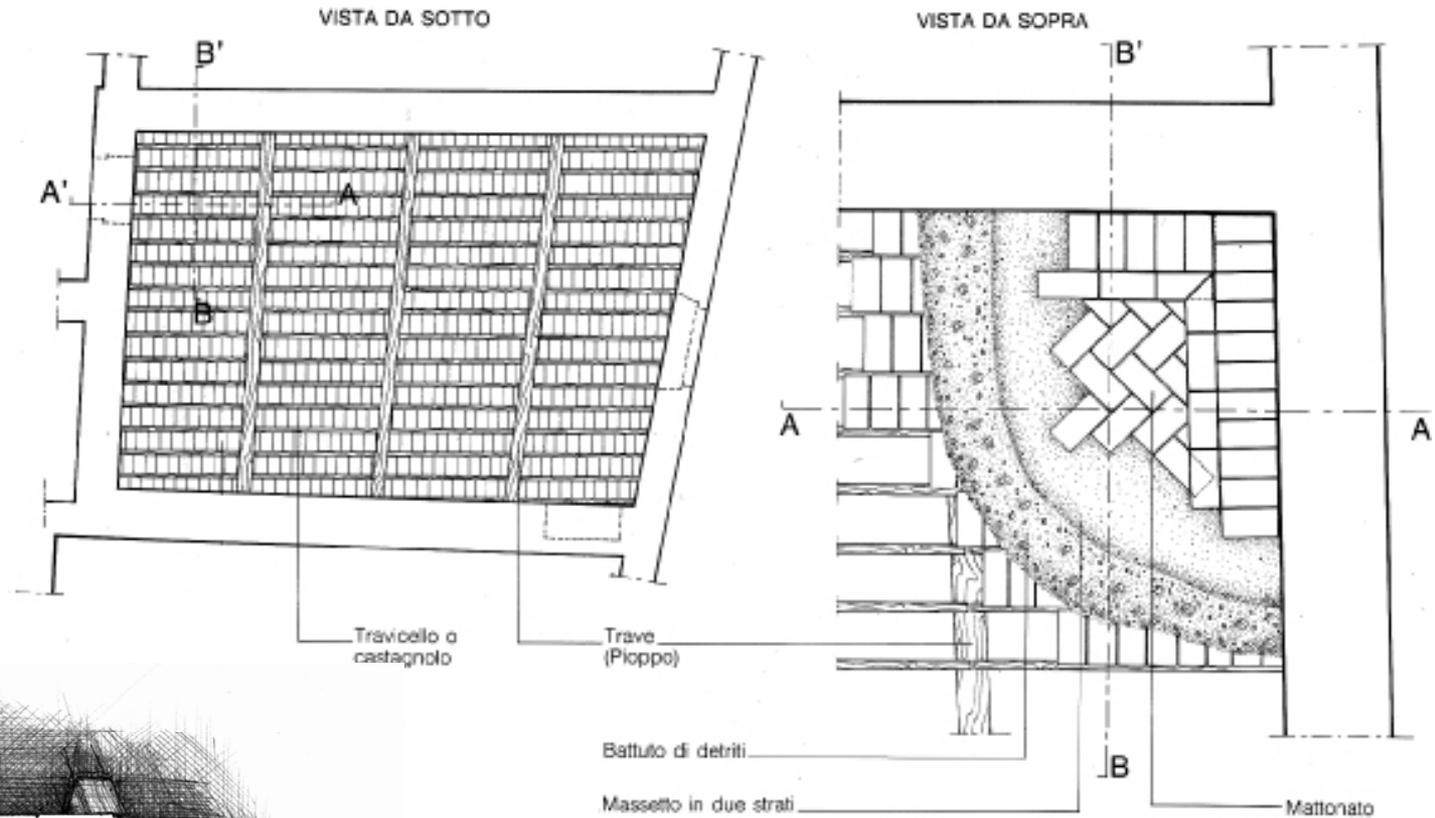
7



8

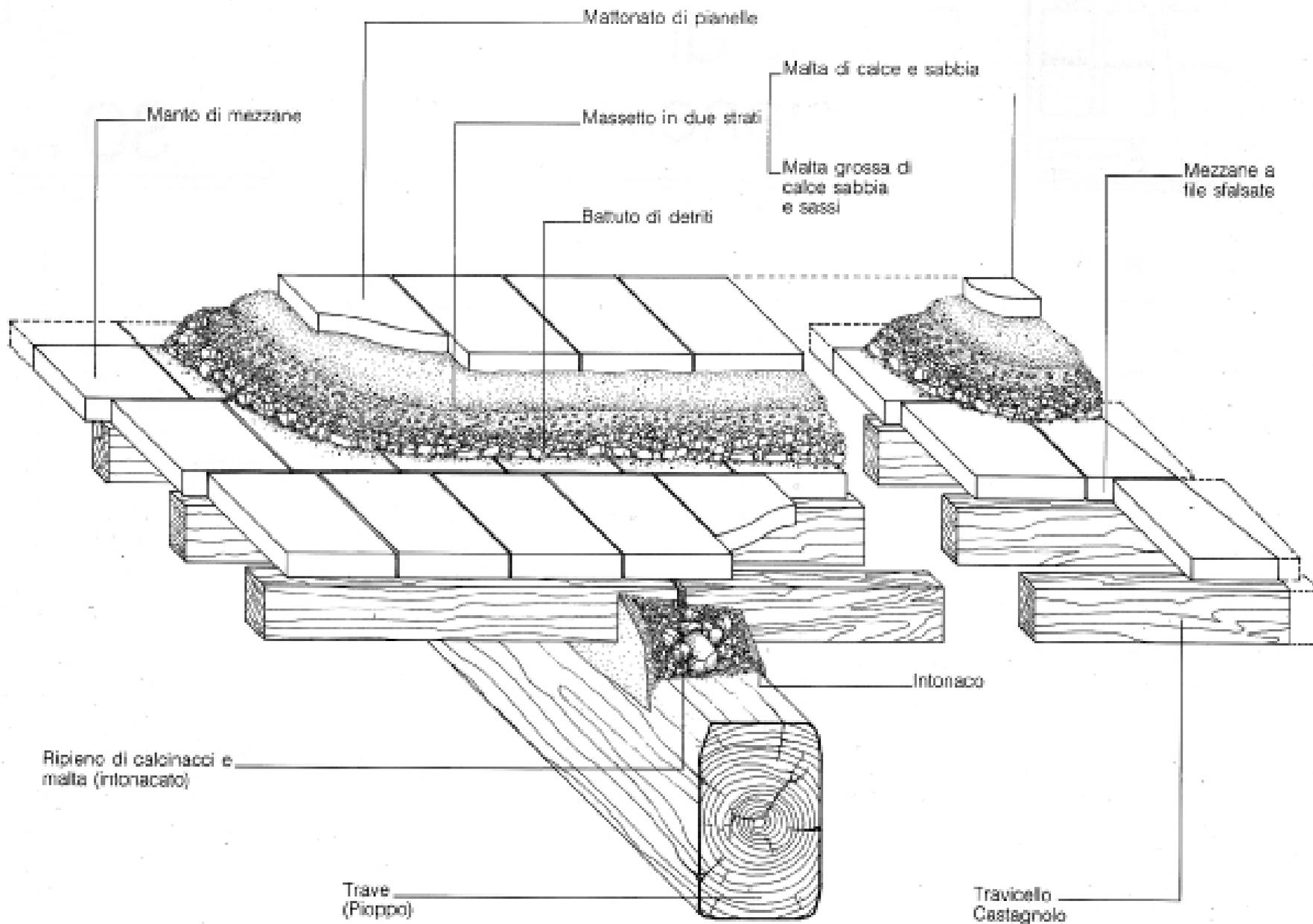


Solaio a doppia orditura con scempiato di mezzane

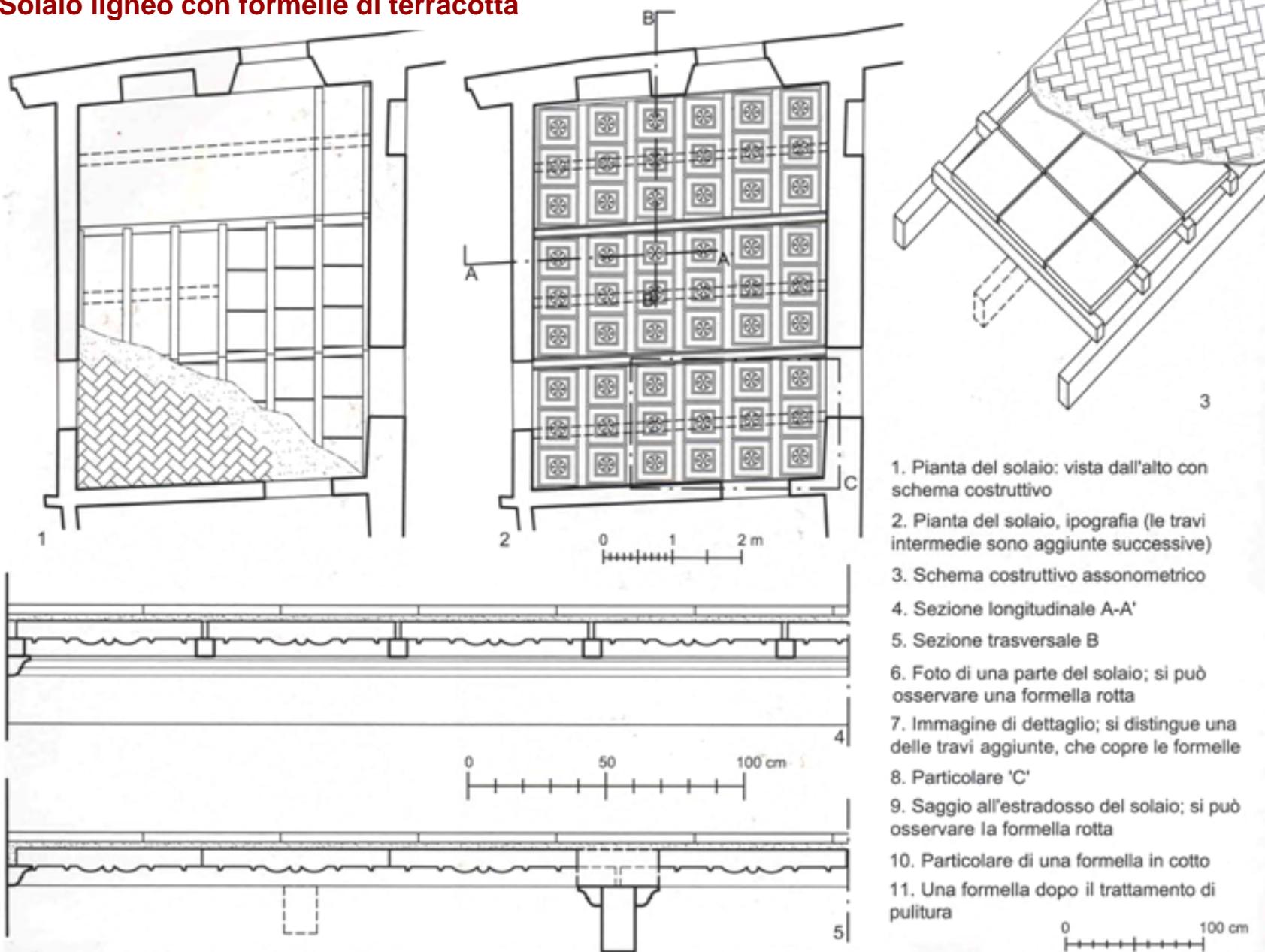


Distanziatore per travicelli nei solai di mezzane

Solaio a doppia orditura con scempiato di mezzane



Solaio ligneo con formelle di terracotta



1. Pianta del solaio: vista dall'alto con schema costruttivo
2. Pianta del solaio, ipografia (le travi intermedie sono aggiunte successive)
3. Schema costruttivo assonometrico
4. Sezione longitudinale A-A'
5. Sezione trasversale B
6. Foto di una parte del solaio; si può osservare una formella rotta
7. Immagine di dettaglio; si distingue una delle travi aggiunte, che copre le formelle
8. Particolare 'C'
9. Saggio all'estradosso del solaio; si può osservare la formella rotta
10. Particolare di una formella in cotto
11. Una formella dopo il trattamento di pulitura

Solaio ligneo con formelle di terracotta

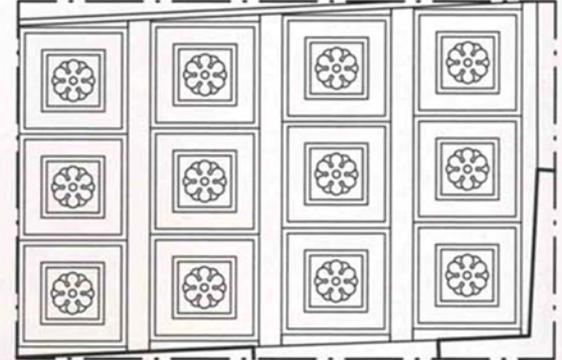
6



7



8



9



10



11



Solaio rustico di travi e travicelli con tavolato e regolo per convento

UBICAZIONE

Roma, convento delle Teresiane di proprietà del Comune di Roma, Via Francesco Crispi 24, piano primo.

ELEMENTI

Travi: (rustiche) luce netta $m\ 4,20$; sezione $cm\ 20 \times 17$.

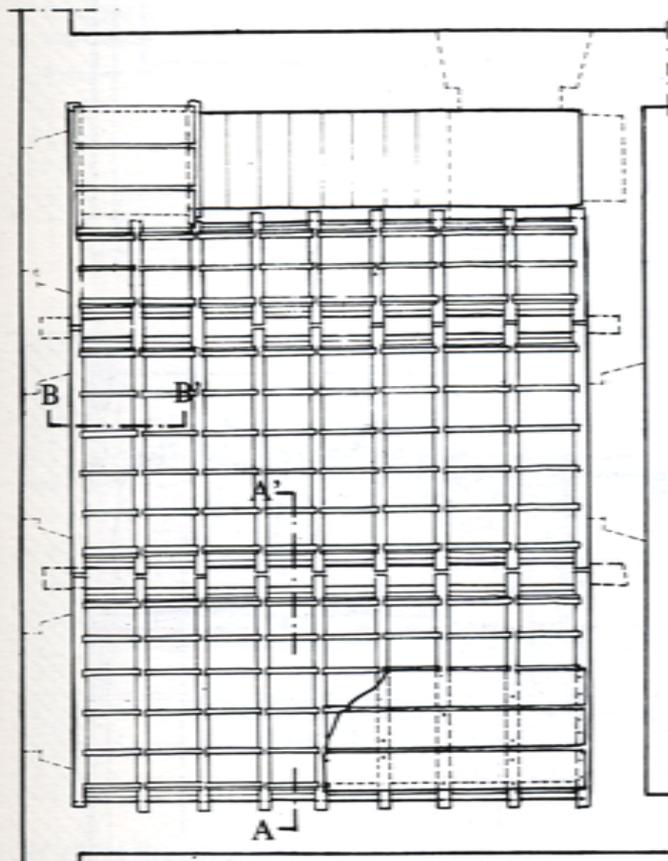
Travicelli: (rustici) luce netta $m\ 1,60$; interasse $cm\ 50$ circa; sezione $cm\ 10 \times 9$.

Regoli: interasse $cm\ 30$ circa; sezione $cm\ 2,5 \times 6$.

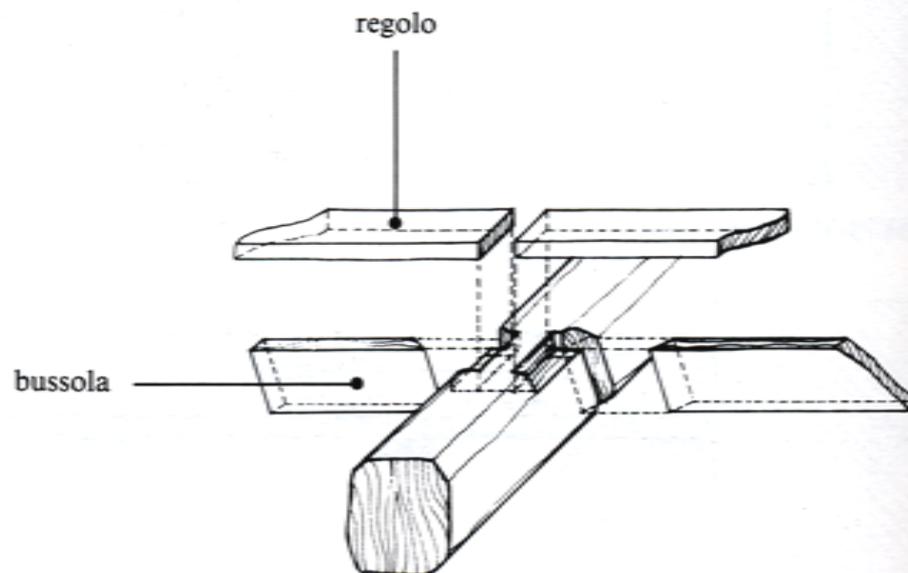
Tavole: lunghezza $m\ 2,00$; sezione $cm\ 2,2 \times 32$.

Bussole, fasce, bastoni: ricavati da tavole di spessore $cm\ 1,5$.

8

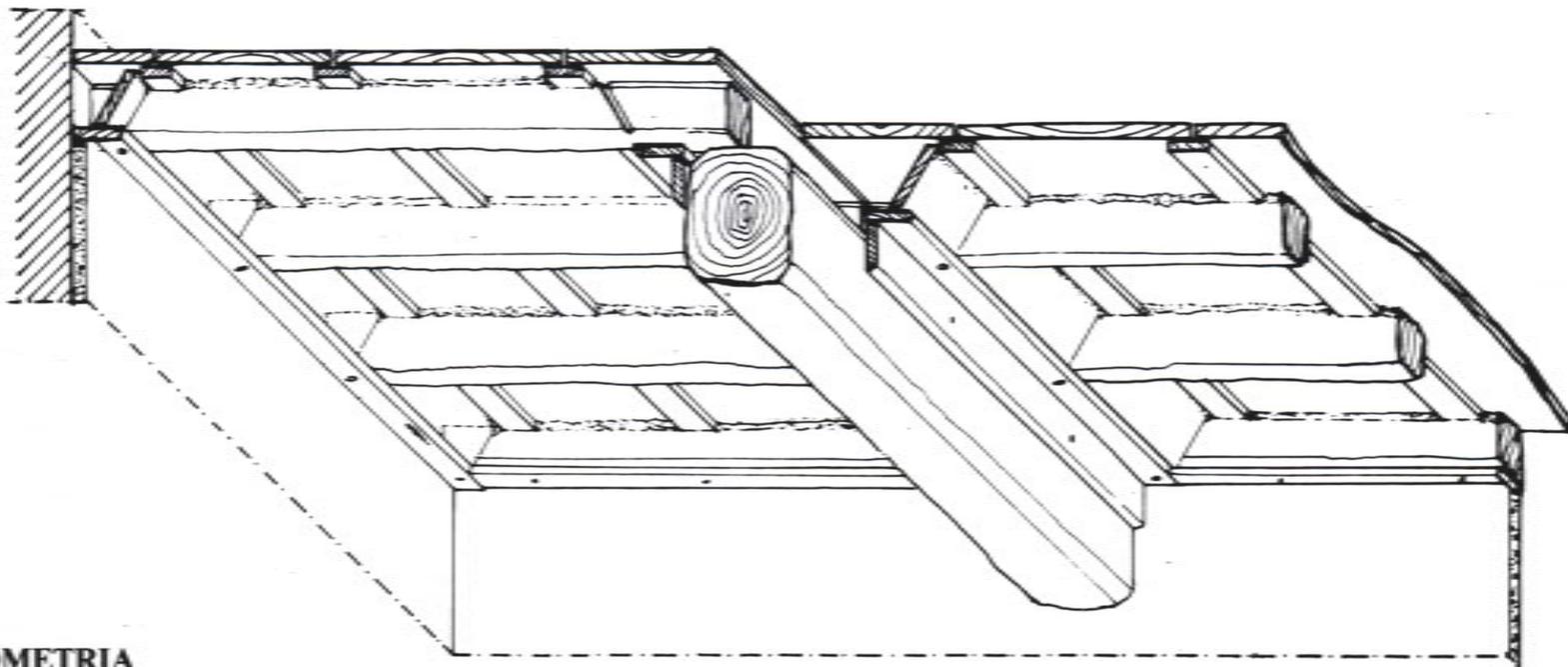


SCHEMA DELLE ORDITURE (rapp. 1:70)
(vista dall'alto)



INCASTRO BUSSOLA-TRAVICELLI

Solaio rustico di travi e travicelli con tavolato e regolo per convento



ASSONOMETRIA

Il « solaio a regolo per convento » denota propriamente l'impalcato di travicelli e di tavole sotto alle quali il falegname pone un listello di legno (regolo) a coprire il giunto (convento = giunto, commessura), onde evitare che le oscillazioni della struttura elastica provochino la caduta dei detriti dal massetto soprastante.

Solo in ambienti di limitata luce questo solaio viene utilizzato come orditura primaria, adoperando di preferenza elementi di sezione maggiore: è il caso del solaio rustico di travicelloni raffigurato nella tav. 1, costituito da un'eterogenea fornitura di travi di recupero.

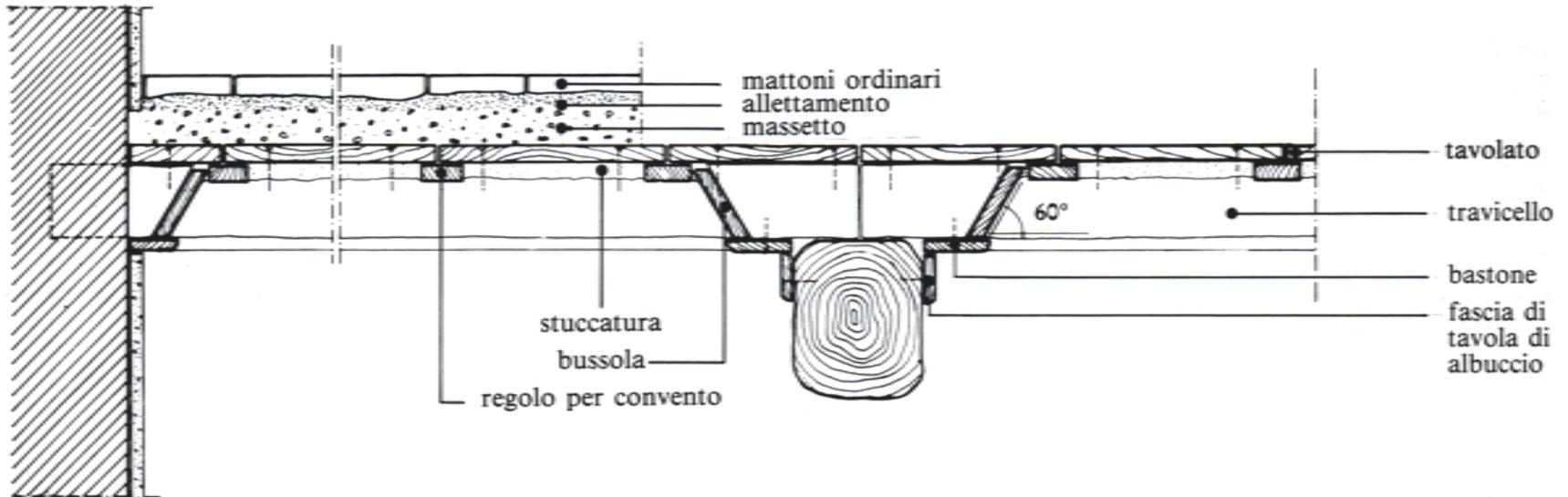
Più frequentemente questo tipo costruttivo (opera di pertinenza del falegname) viene utilizzato come orditura secondaria, poggiante sopra una o più travi principali, poste in opera dal muratore mano a mano che questi procede ad innalzare i muri.

La qualità del solaio è rappresentata dalla qualità delle sue finiture, che si manifestano in due aspetti.

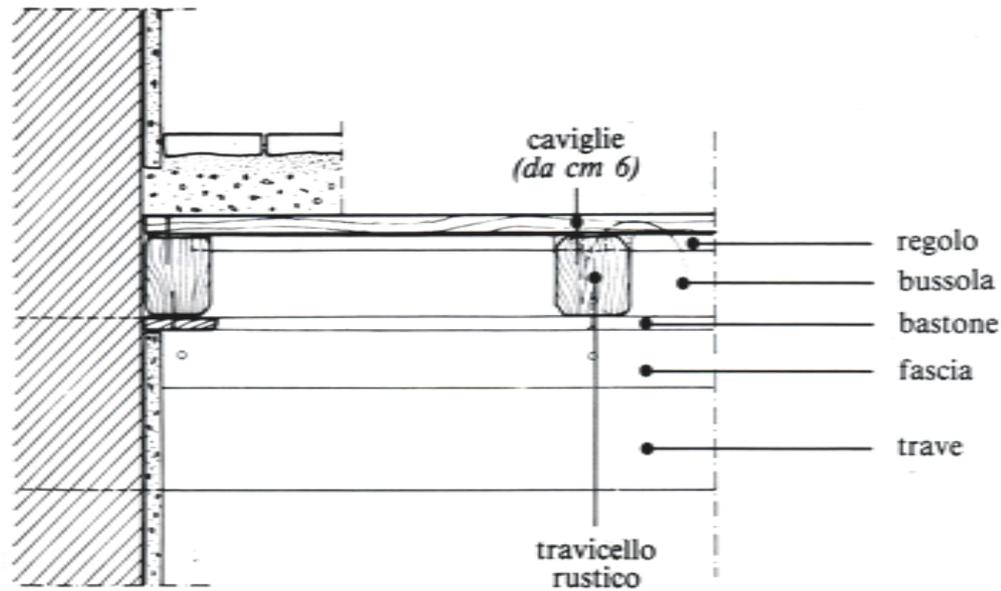
Il primo è costituito dal grado di lavorazione di travi e travicelli, che possono essere rustici, cioè lavorati con l'ascia e con angoli irregolari (come nel solaio rustico a regolo per convento raffigurato nella tav. 2), oppure riquadrati a spigoli vivi rifilati con la sega (come nell'esemplare della tav. 4). La differenza appare inoltre evidente nel confronto tra i due tipi di travicelloni di recupero illustrati nella tav. 1, dove si notano anche le modalità alternative per realizzare l'alloggiamento del regolo: un incasso regolare realizzato nello spessore del travicello oppure una sgusciatura ricavata sommariamente con un colpo d'ascia e da rifinirsi poi con lo stucco.

Il secondo fattore è costituito dal numero di elementi e dalla qualità della lavorazione dell'apparecchio di legno dolce che raccorda le travi principali al tavolato, destinato ad occultare il vuoto corrispondente all'altezza dei travicelli. Costituito negli esemplari più rustici da una semplice fascia, più comunemente esso è composto dalla sequenza fascia-bussola-bastone (cfr. gli esemplari delle tav. 2, 3, 4, 5), ma può risultare anche più elaborato, come nel solaio a doppia bussola della tav. 6, dove l'apparecchio, finemente modanato, è inoltre ripetuto nel perimetro della stanza in funzione decorativa.

Solaio rustico di travi e travicelli con tavolato e regolo per convento



SEZIONE AA' (rapp. 1:10)



SEZIONE BB' (rapp. 1:10)

Solaio a regolo per convento con trave incamiciata

UBICAZIONE

Roma, convento delle Teresiane di proprietà del Comune di Roma, Via Francesco Crispi 24, piano terreno.

ELEMENTI

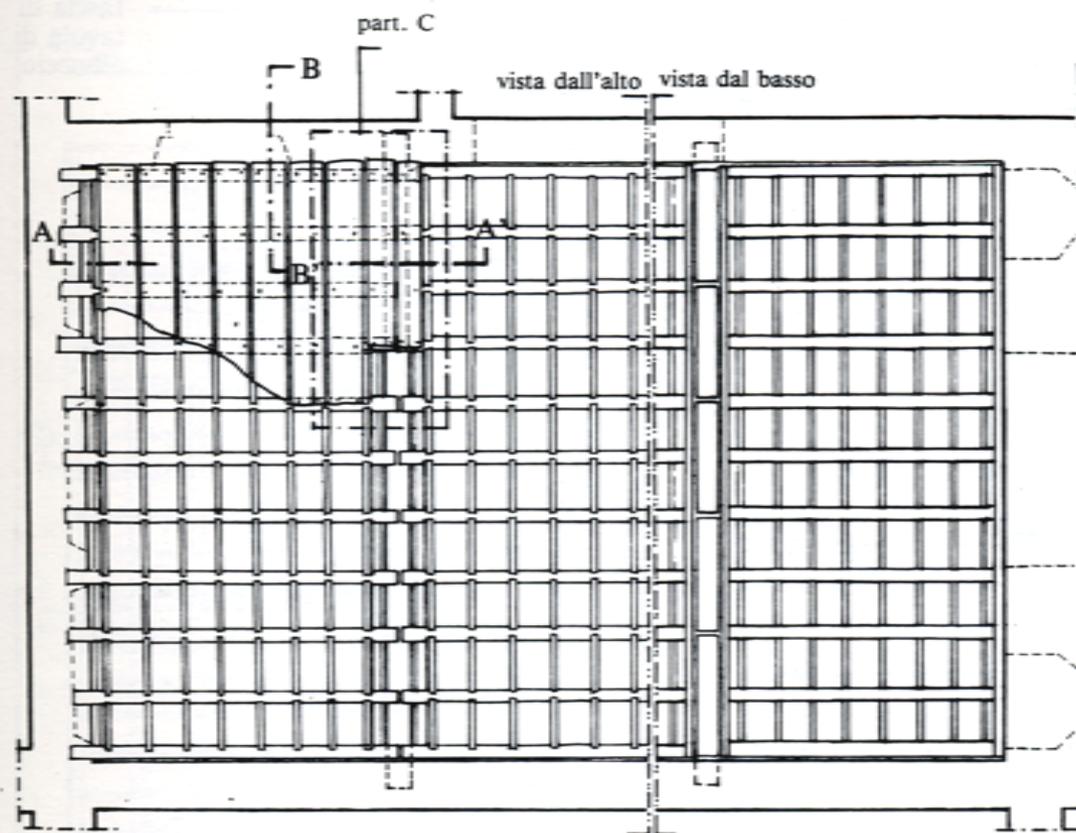
Travi: (incamiciate) luce netta $m\ 5,00$; sezione $cm\ 18 \times 18$.

Travicelli: (riquadrati) luce netta $m\ 2,00$; interasse $cm\ 48$ circa; sezione $cm\ 12 \times 10$.

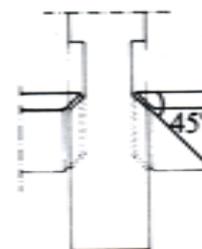
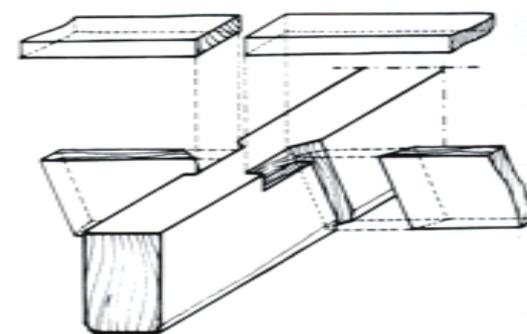
Regoli: interasse $cm\ 32$; sezione $cm\ 2 \times 4,5$.

Tavole: lunghezza $m\ 2,00$; sezione $cm\ 2,2 \times 31$.

Bussole, fodere, bastoni, fasce: ricavati da tavole di spessore $cm\ 2$.

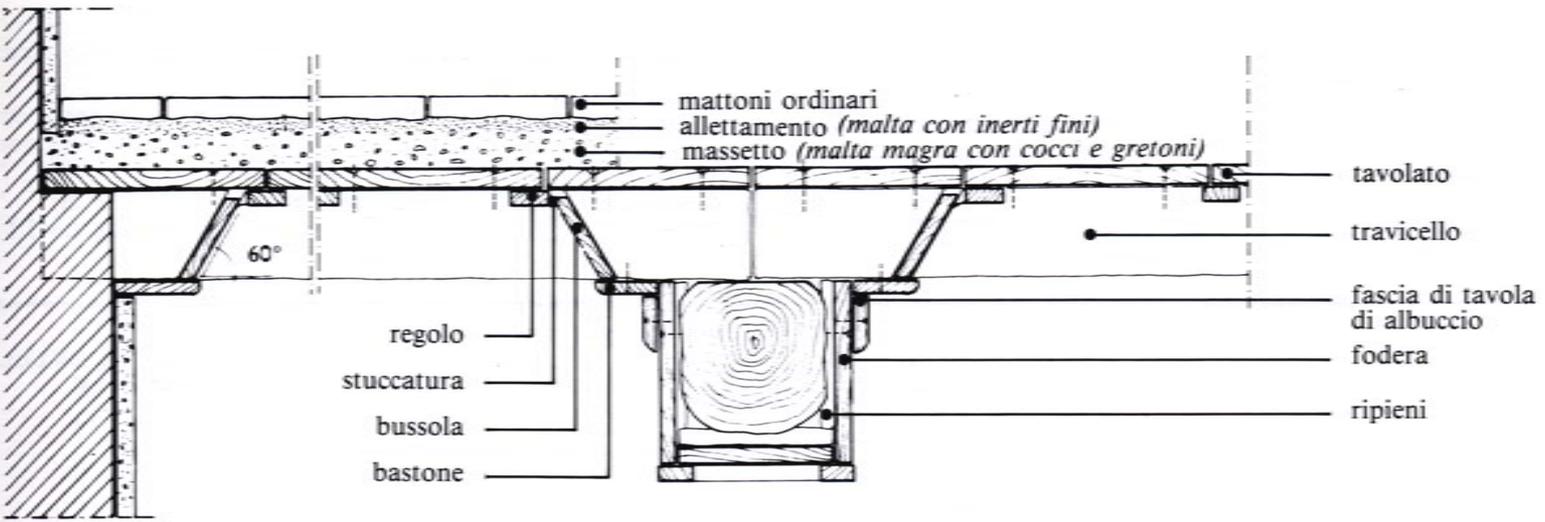
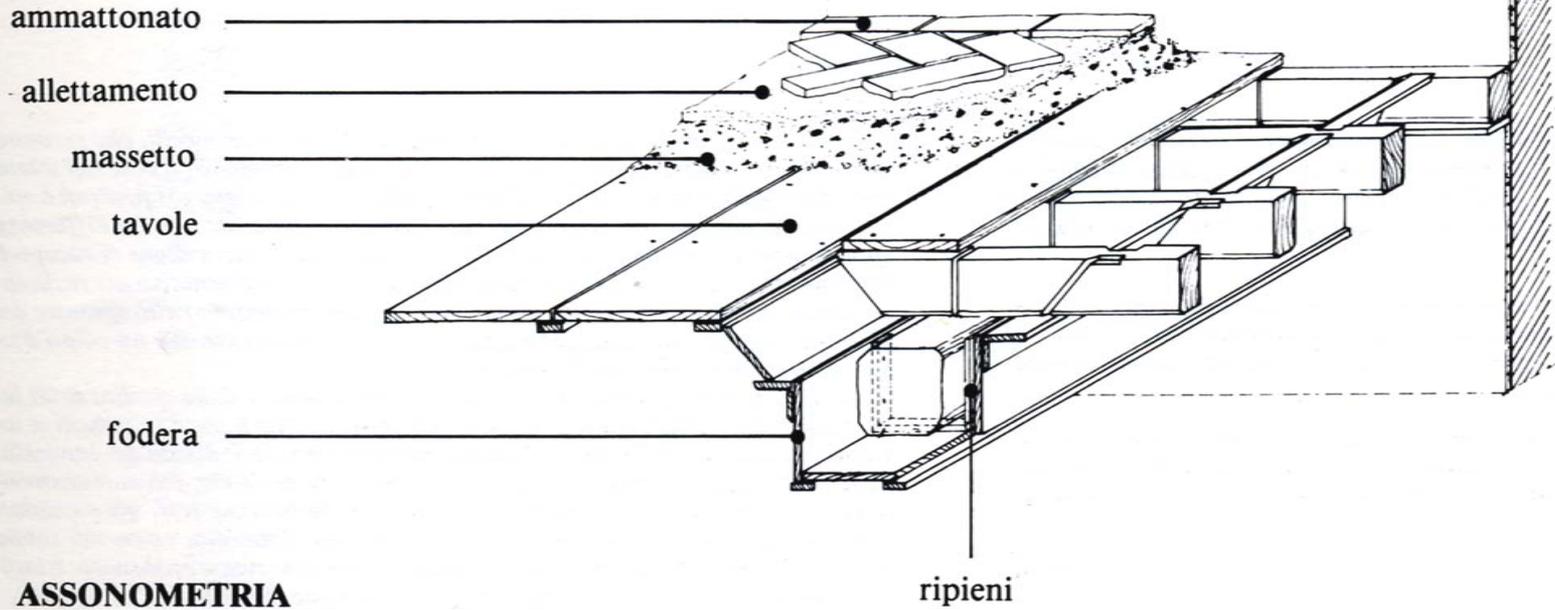


SCHEMA DELLE ORDITURE (rapp. 1:70)

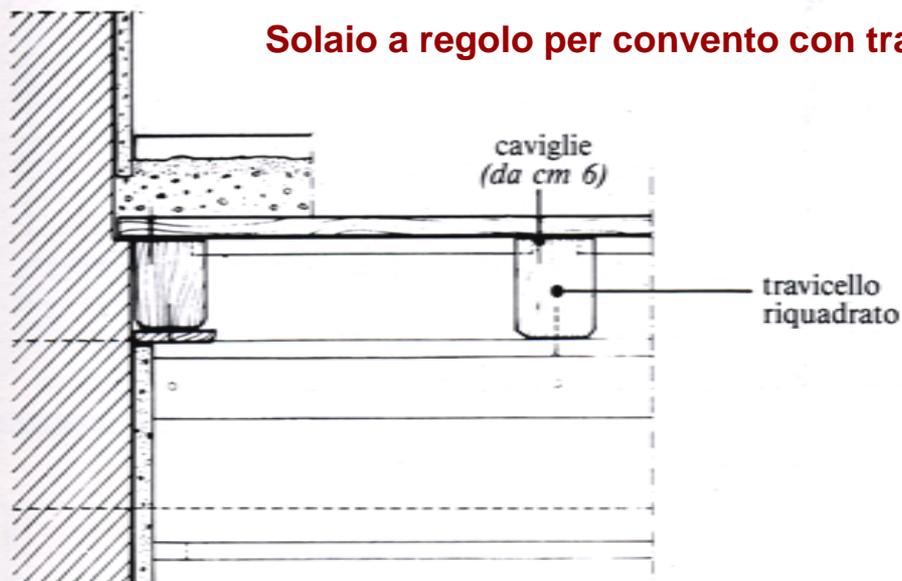


INCASTRO BUSSOLA-TRAVICELLI

Solaio a regolo per convento con trave incamiciata



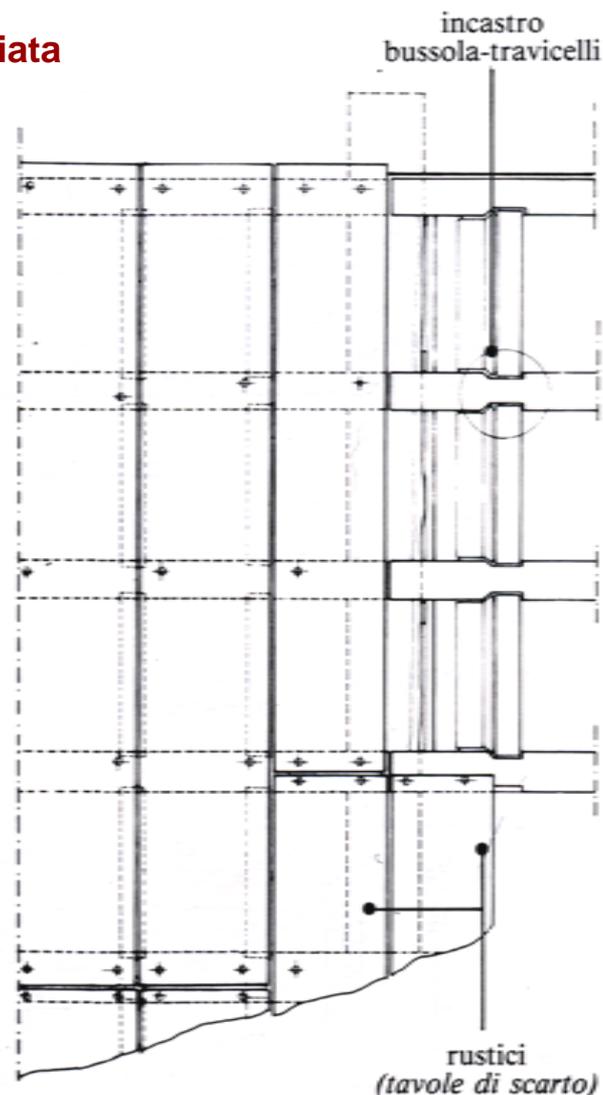
Solaio a regolo per convento con trave incamiciata



SEZIONE BB' (rapp. 1:10)

L'applicazione delle fodere di rivestimento conferisce al solaio un aspetto regolare mentre evita la rifilatura delle travi maestre, permettendo così di risparmiare preziosi fasci di fibre periferiche del legno. Al tempo stesso essa però impedisce, come osserva Valadier nel suo trattato di architettura pratica, di poter sorvegliare nel corso degli anni lo stato di salute della trave, impedendo così di cogliere per tempo i sintomi incipienti di un collasso.

Non sempre la foderatura rappresenta il segnale di una lavorazione di qualità elevata (come vale per il raffinato esemplare di soffitto della tav. 6). Frequentemente invece, ed in modo particolare nel caso di solai realizzati nell'Ottocento in regime di crescente costo del legname, questo espediente costituisce il modo per regolarizzare una fornitura di travi male assortite (come nell'esemplare della tav. 3).



PARTICOLARE DELL'ORDITURA - C (vista dall'alto)
(rapp. 1:20)



Solaio a regolo per convento con trave incamiciata – Roma, Casale della Cervelletta

Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole

UBICAZIONE

Roma, casa di proprietà della Soprintendenza Archeologica di Roma (già del Conservatorio di S. Caterina della Rosa), Via dei Delfini 14.

ELEMENTI

Travi: (squadrate) luce netta *cm* 4,70; sezione *cm* 35 × 31.

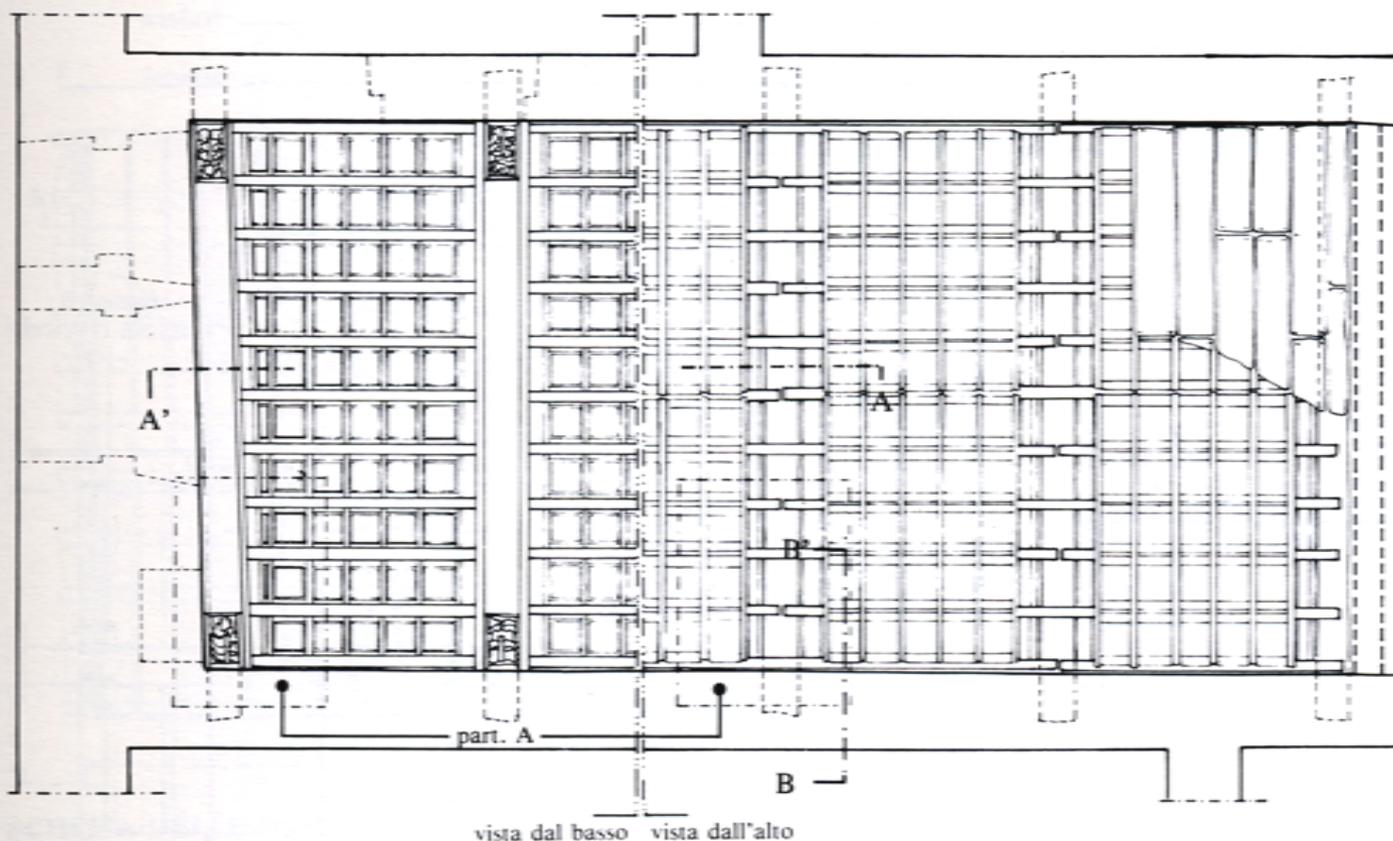
Mensole: aggetto *cm* 75 circa; sezione *cm* 32 × 35 circa.

Travicelli: (riquadri) luce netta *m* 1,75; interasse *cm* 45 circa; sezione *cm* 14 × 9.

Regoli: (per convento) interasse *cm* 30 circa; sezione *cm* 1,5 × 4,8; (controregoli) lunghezza *cm* 25; sezione *cm* 1,5 × 4,8.

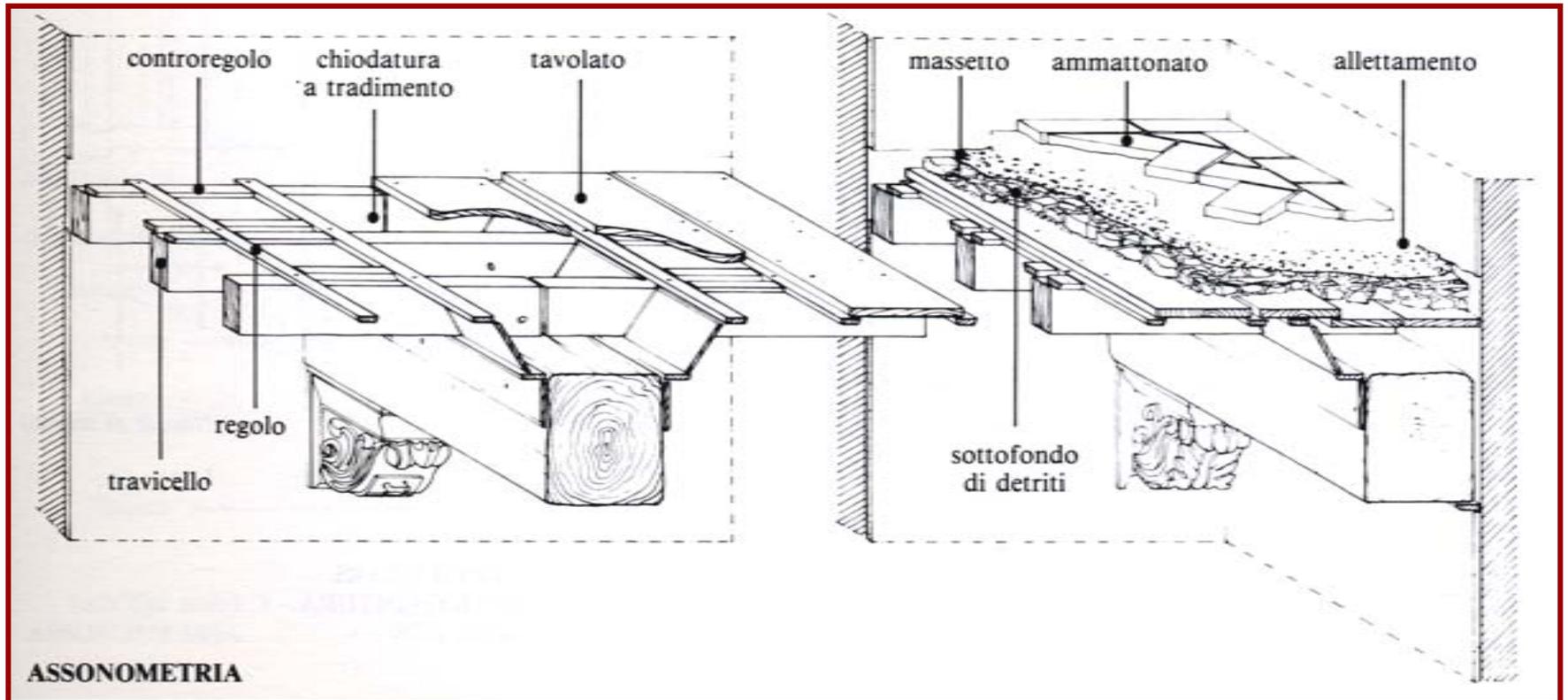
Tavole: lunghezza 1,80 circa; sezione *cm* 1,5 ÷ 2 × 26.

Bussole, fasce, bastoni: ricavati da tavole di spessore *cm* 1,5.

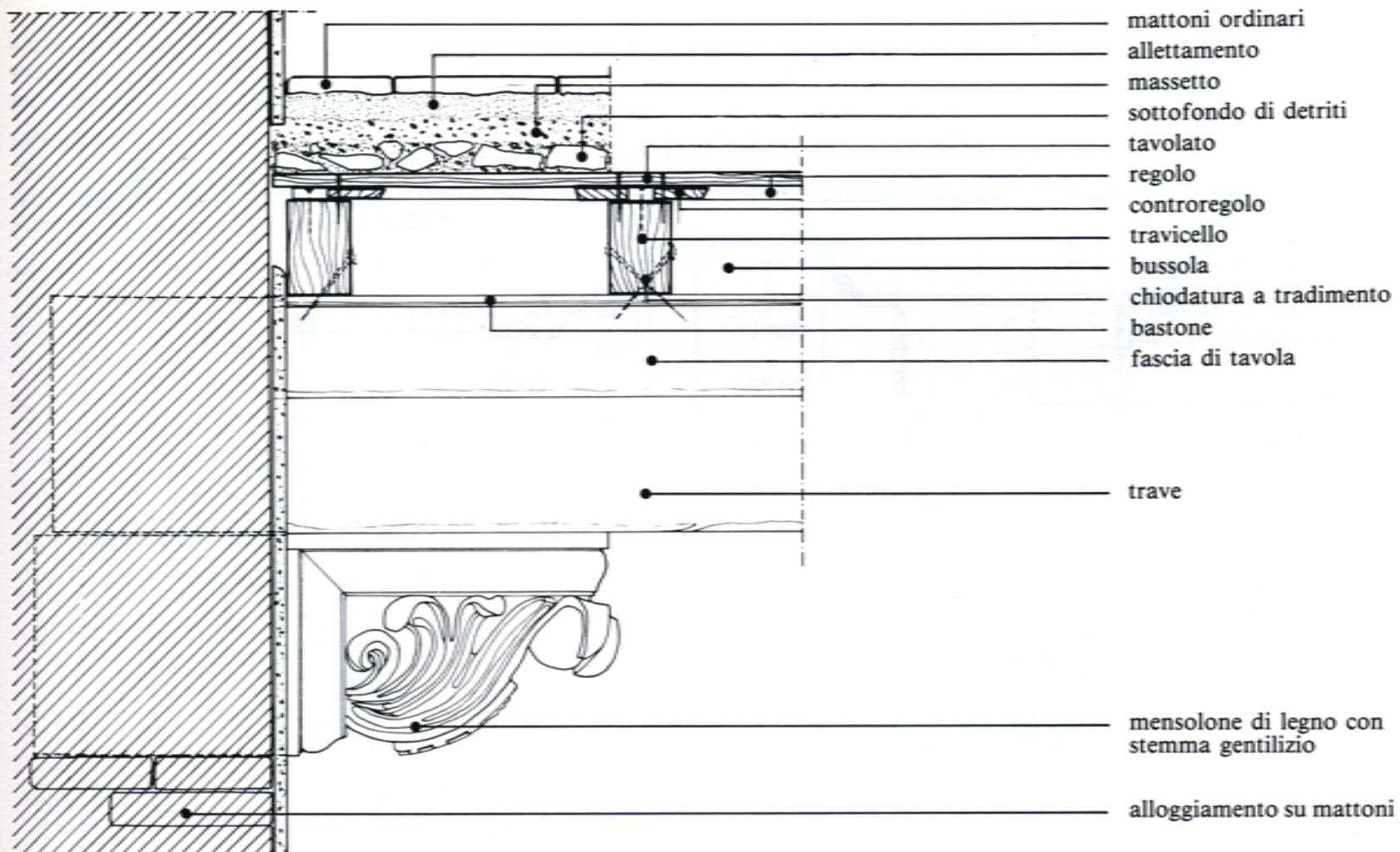


SCHEMA DELLE
ORDITURE
(rapp. 1:70)

Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole

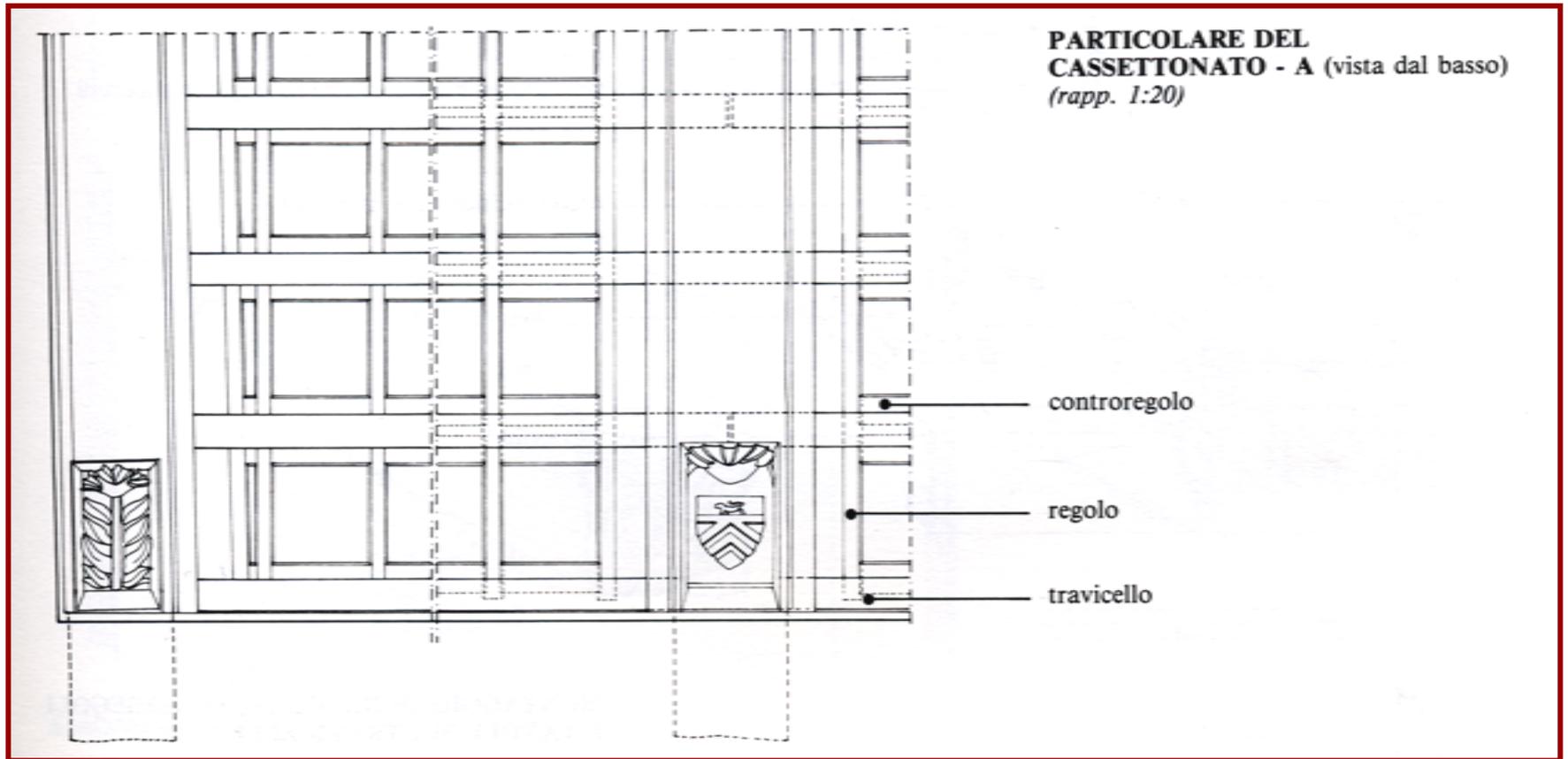


Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole

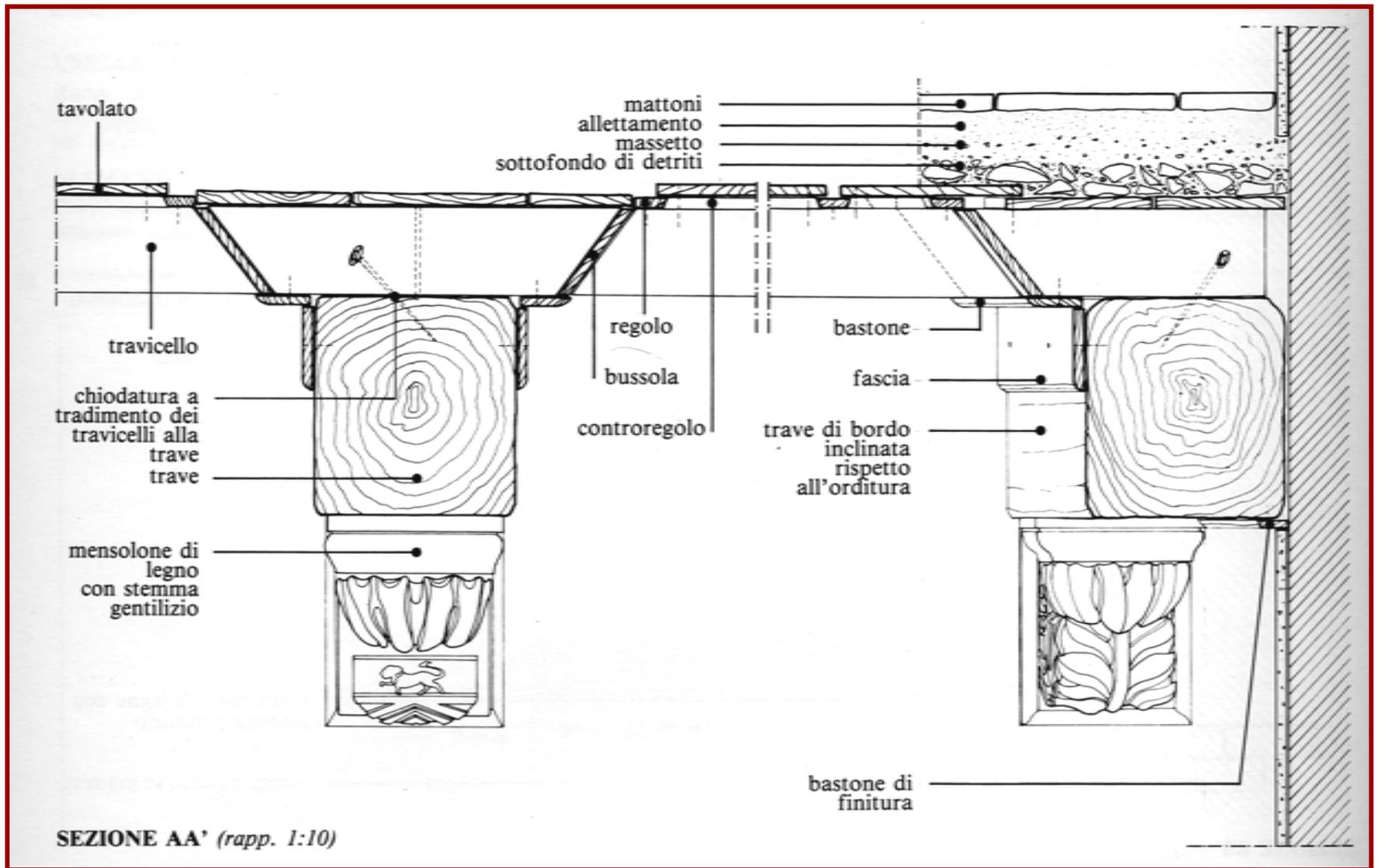


SEZIONE BB' (rapp. 1:10)

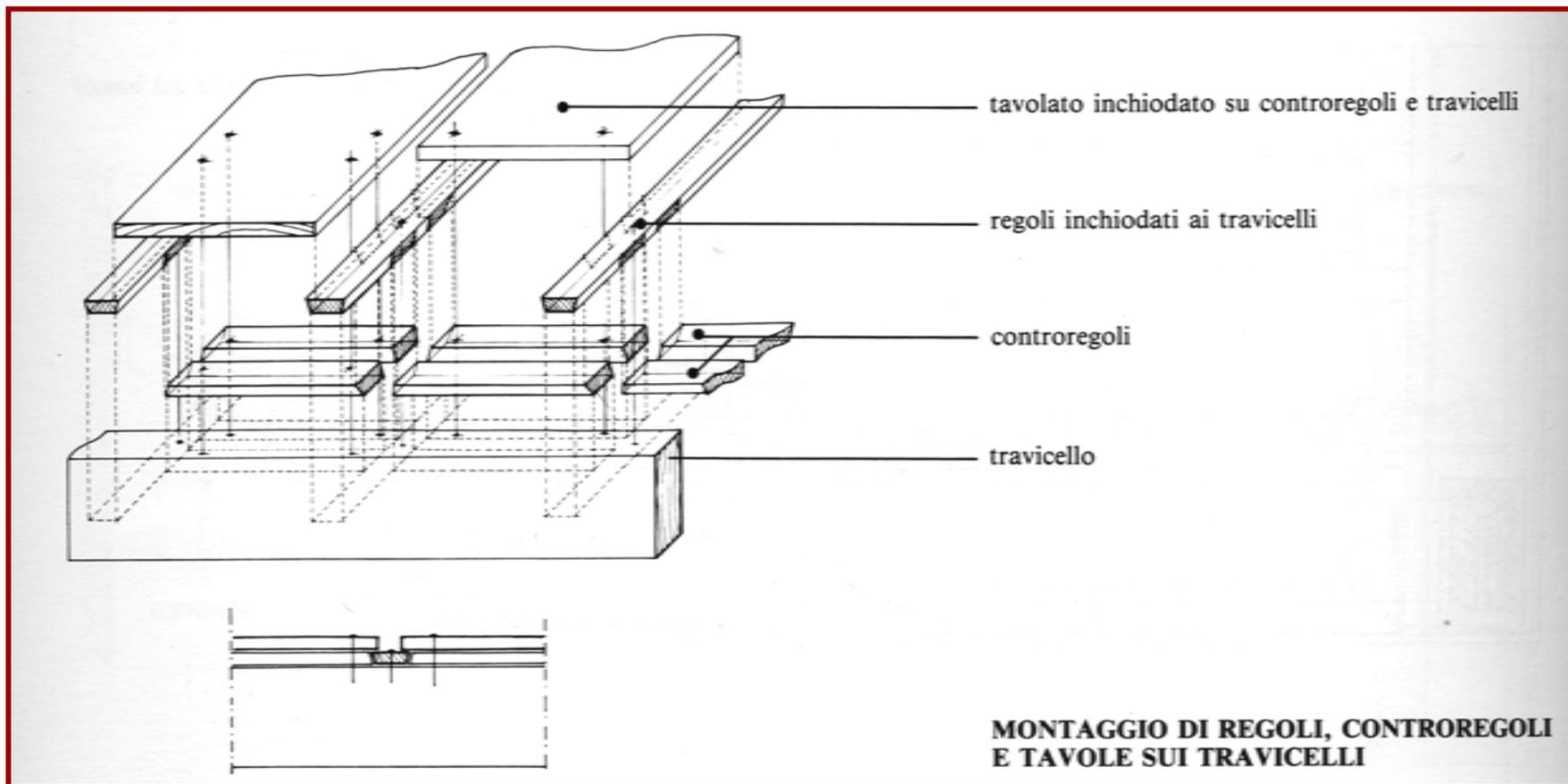
Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole



Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole



Solaio a regolo per convento a cassettoni con mensole



Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola

UBICAZIONE

Roma, convento del Buon Pastore di proprietà del Comune di Roma, Via della Penitenza 37, primo piano, lato nord-est.

ELEMENTI

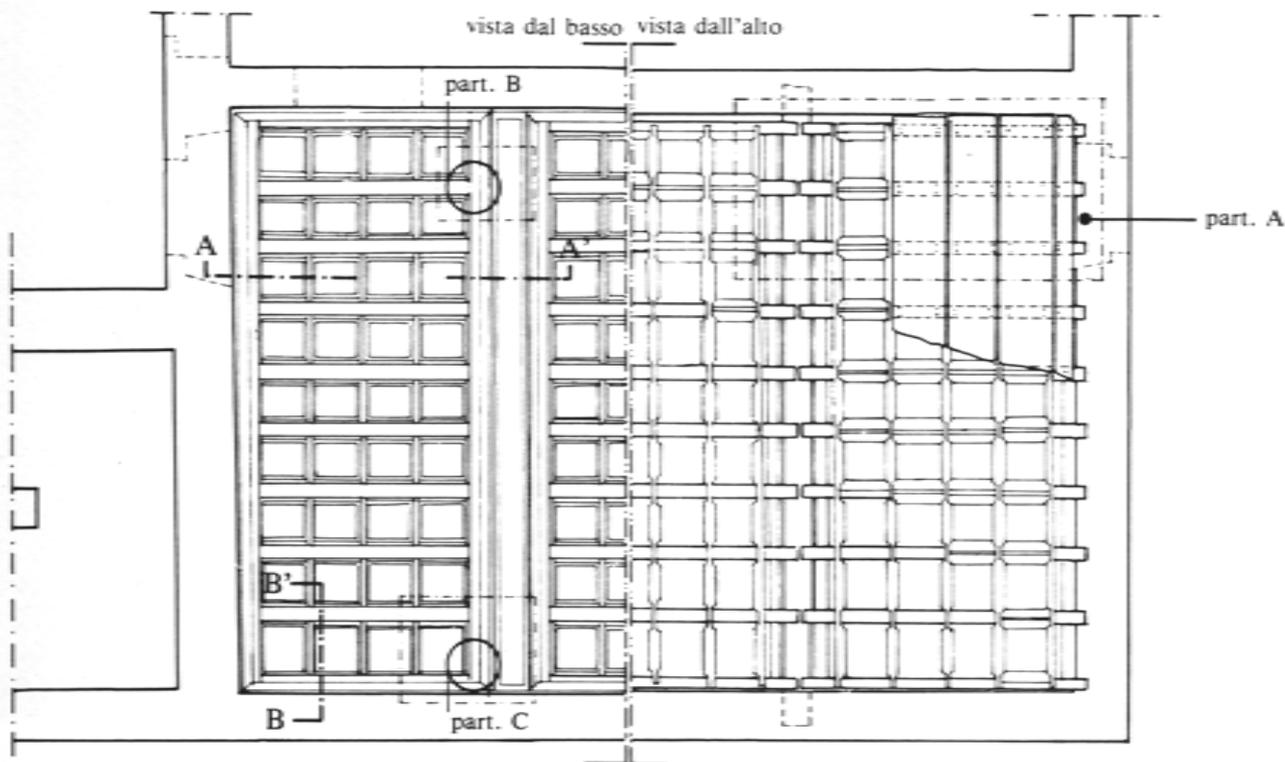
Travi: (incamiciate) luce netta $m\ 4,80$; sezione $cm\ 32 \times 23$.

Travicelli: luce netta $m\ 2,00$ circa; interasse $cm\ 50$ circa; sezione $cm\ 11 \times 9$.

Regoli: (per convento) interasse $cm\ 40$ circa; sezione $cm\ 2 \times 7,5$; (controregoli) lunghezza $cm\ 36$ circa; sezione $cm\ 2 \times 7,5$.

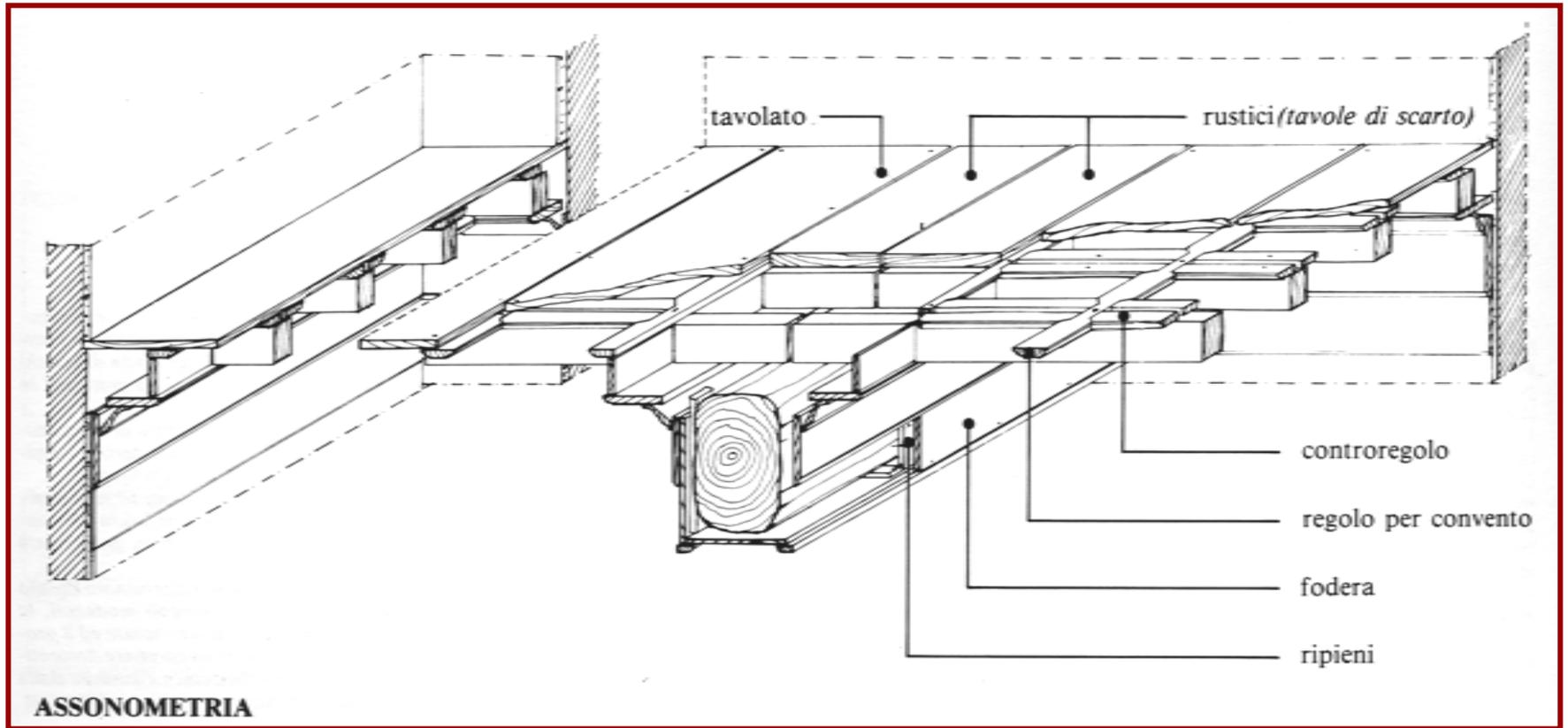
Tavole: lunghezza variabile; sezione $cm\ 2 \times 40$.

Bussole, fasce, bastoni, fodere: ricavati da tavole di spessore $cm\ 2$.

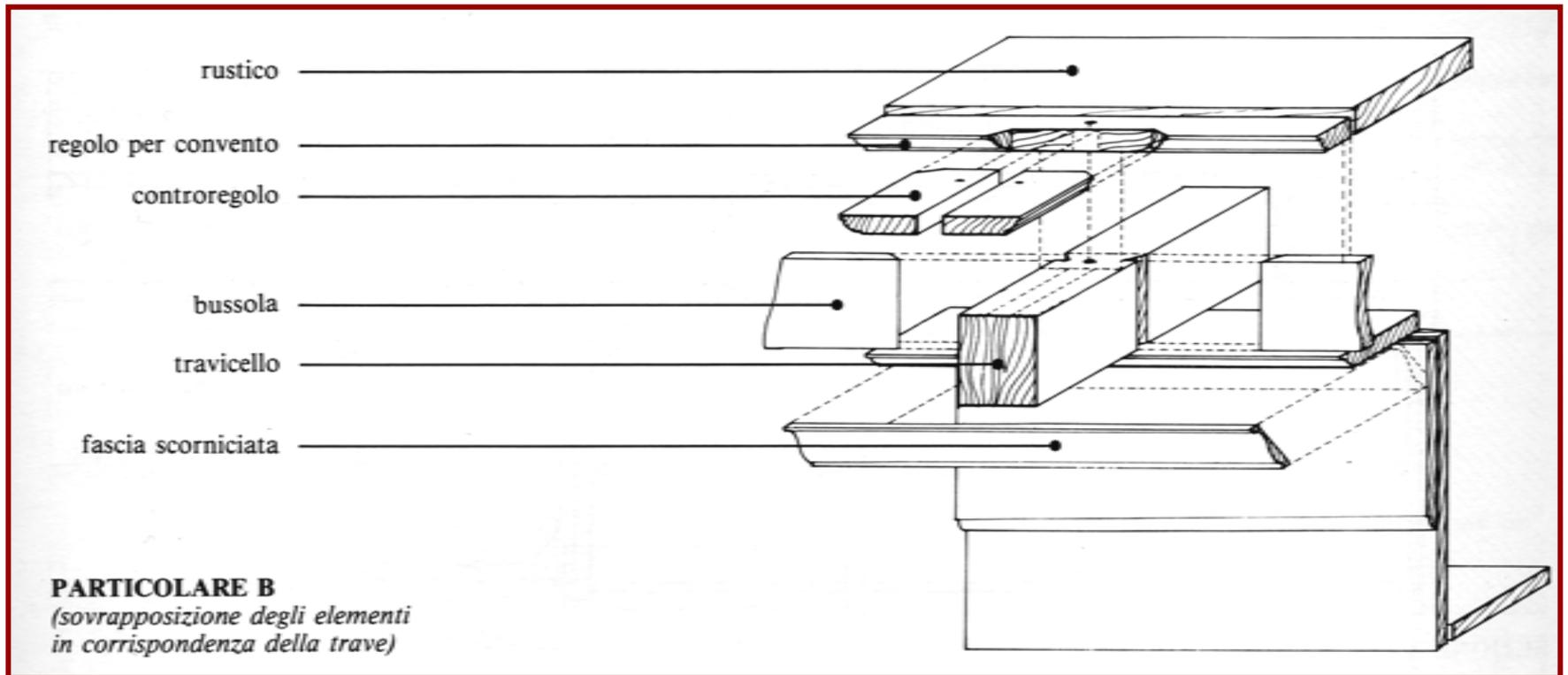


**SCHEMA DELLE
ORDITURE** (rapp. 1:70)

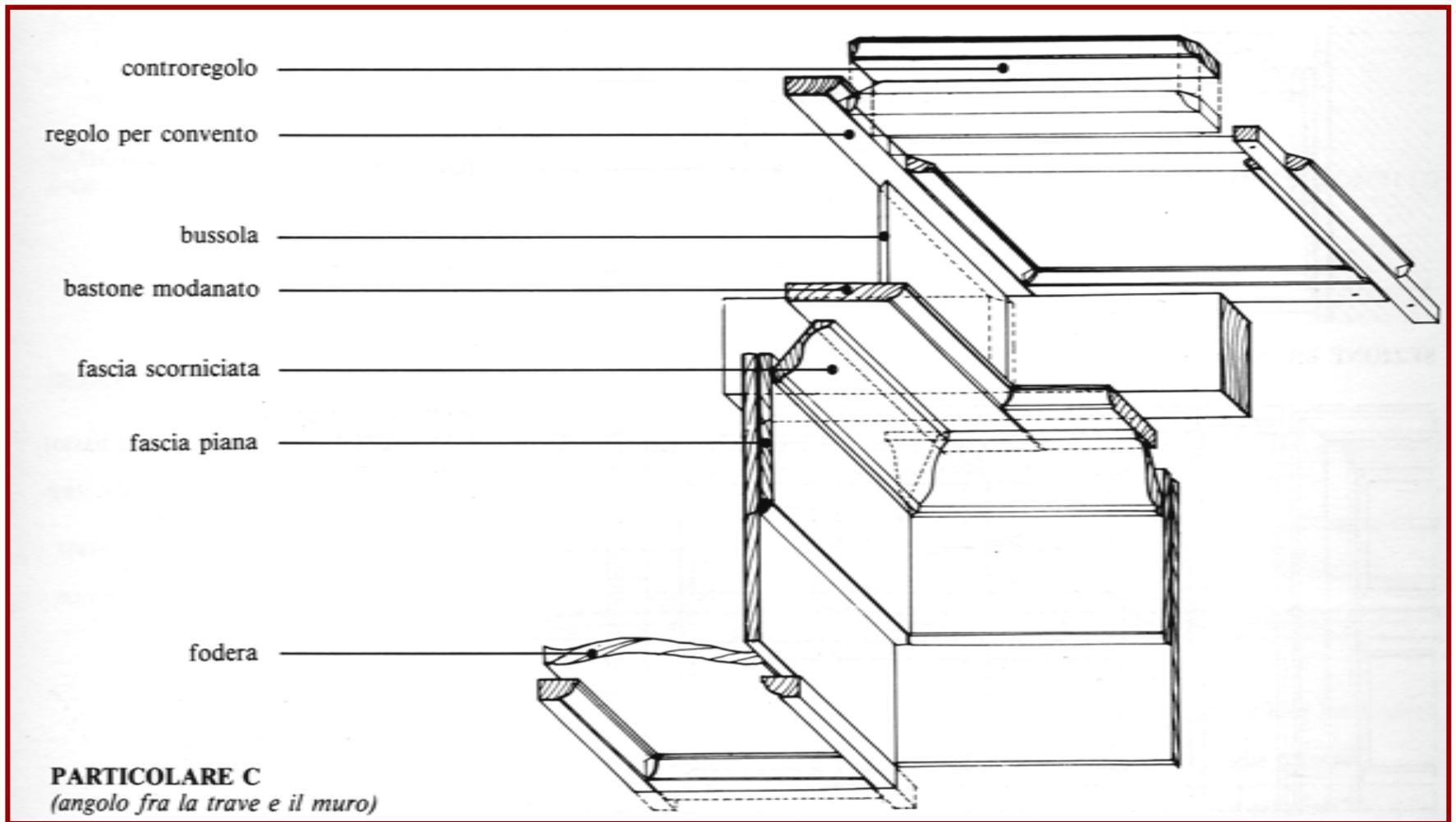
Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola



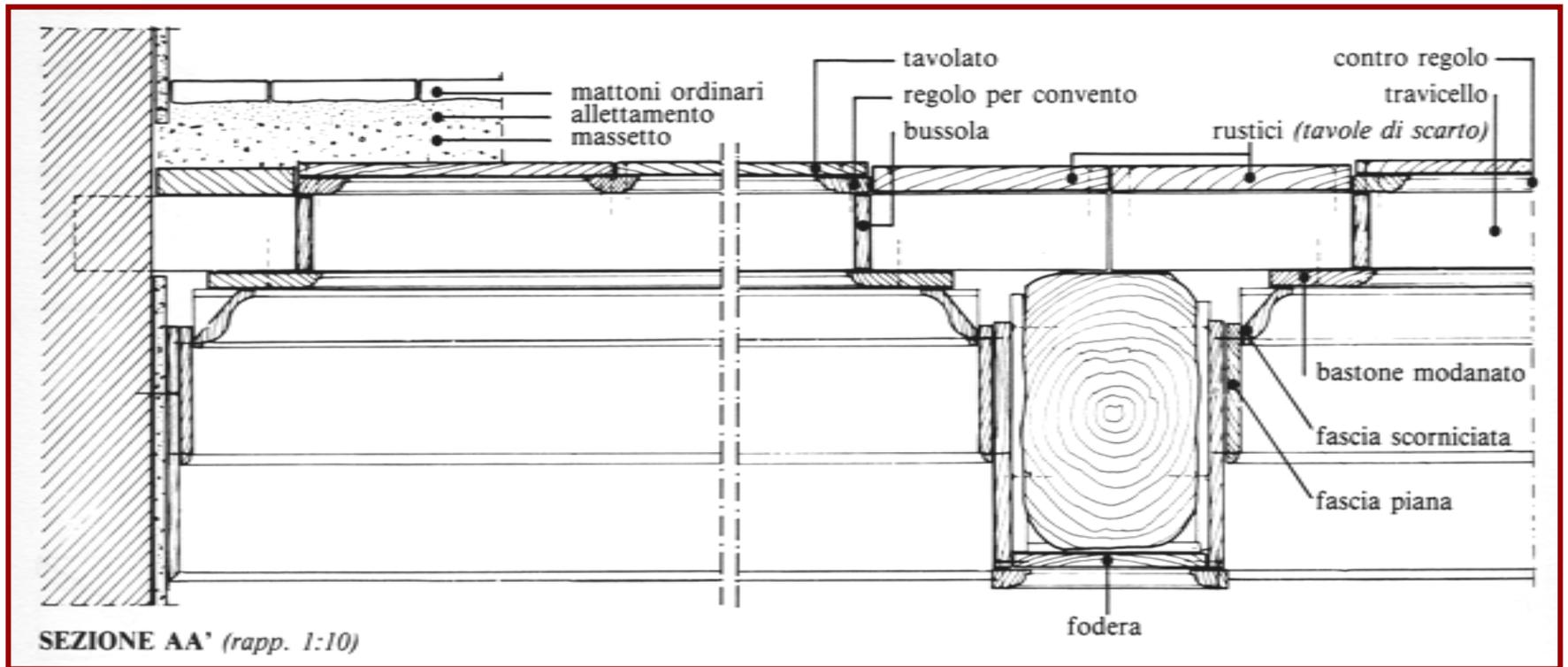
Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola



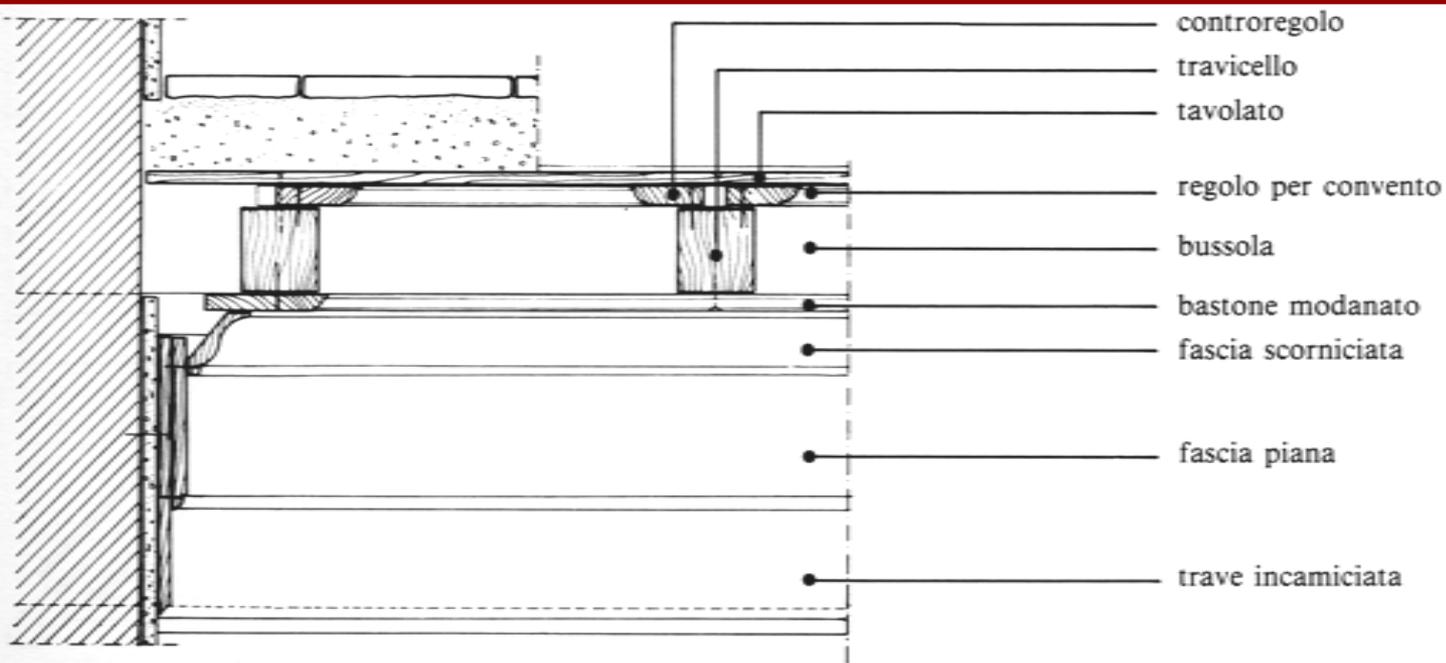
Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola



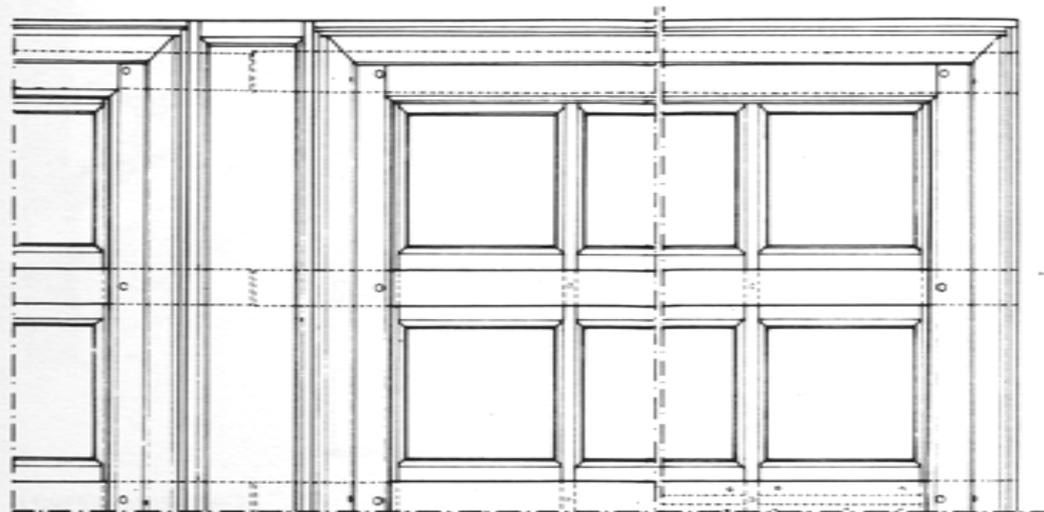
Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola



Solaio a regolo per convento a cassettoni con doppia bussola



SEZIONE BB' (rapp. 1:10)

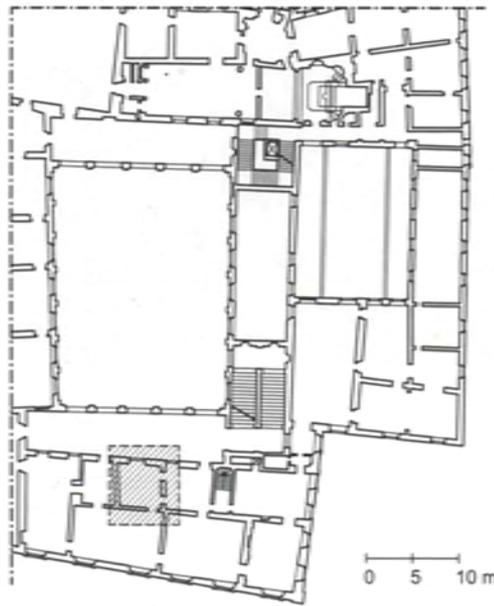


PARTICOLARE DEL
CASSETTONATO - A (vista dal basso)
(rapp. 1:20)

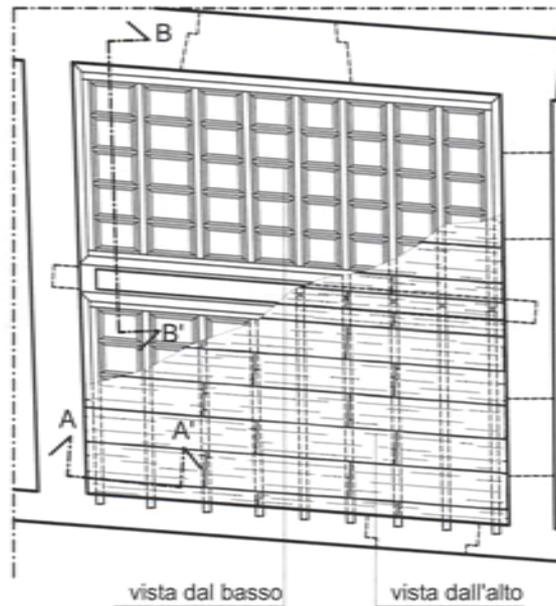
Solaio di travi rivestite e travicelli con tavolato e regolo per convento, a "cassettoni"

Roma, palazzo Altemps (seconda metà XVII sec.)

1. Stralcio pianta piano primo

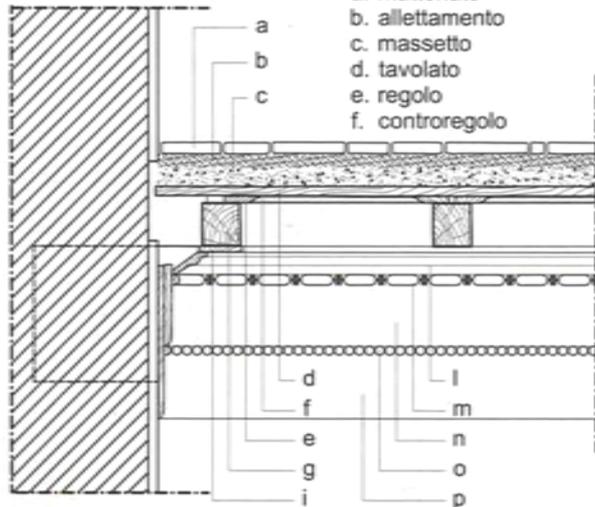


2. Schema delle orditure, scala 1:100



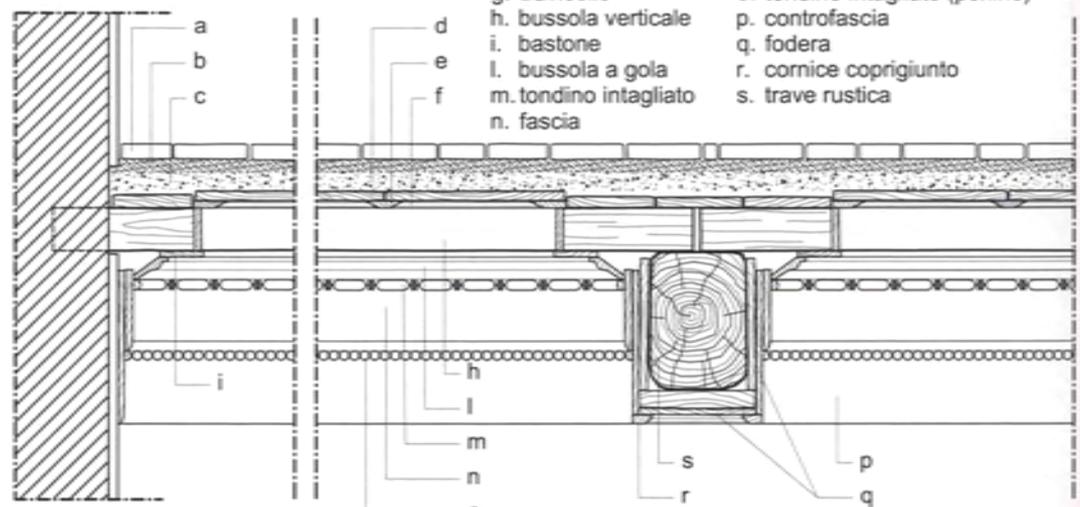
3. Trave principale foderata, vista in prossimità dell'appoggio; si notano gli elementi di raccordo e di finitura

4. Sezione A-A', scala 1:20



- a. mattonato
- b. allettamento
- c. massetto
- d. tavolato
- e. regolo
- f. contoregolo

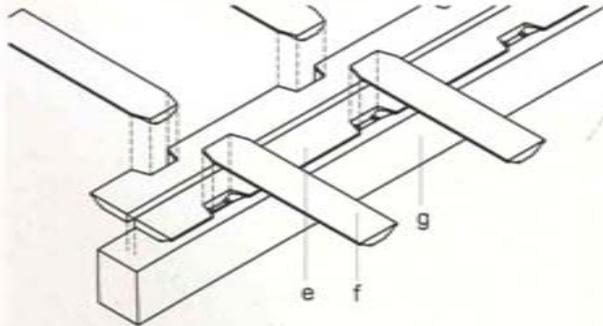
5. Sezione B-B', scala 1:20



- g. travicello
- h. bussola verticale
- i. bastone
- l. bussola a gola
- m. tondino intagliato
- n. fascia
- o. tondino intagliato (perline)
- p. controfascia
- q. fodera
- r. cornice coprigiunto
- s. trave rustica

Solaio di travi rivestite e travicelli con tavolato e regolo per convento, a “cassettoni”

6. Incastro regoli-controregoli e travicelli

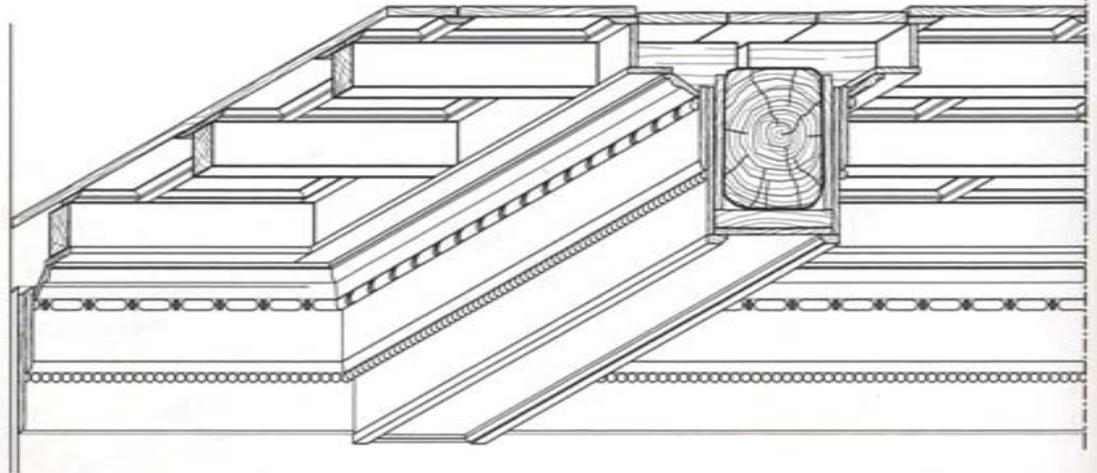


7. Mezzeria della trave portante



Per questo solaio a cassettoni, sovrastante una saletta al piano primo, è stata adottata una travatura principale rustica foderata per regolarizzarne l'aspetto, travicelli riquadrati e manto di tavole a sostegno del massetto e della pavimentazione. Regoli e controregoli definiscono il motivo dei cassettoni; bussole verticali lisce modanate e a gola rovescia, bastoni e fasce sono gli elementi di raccordo che costituiscono la finitura del solaio, completata con decorazioni intagliate a perline e fuseruole.

8. Sezione assonometrica



i controsoffitti

Solaio con controsoffitto di tavole e regoli correnti

UBICAZIONE

Roma, convento del Buon Pastore di proprietà del Comune di Roma, Via della Penitenza 37, primo piano, lato sud-est.

ELEMENTI

Travi: luce netta *m* 4,50; sezione *cm* 24 × 20.

Travicelloni: (di rinforzo alle travi) luce netta *m* 4,50; sezione *cm* 15 × 12.

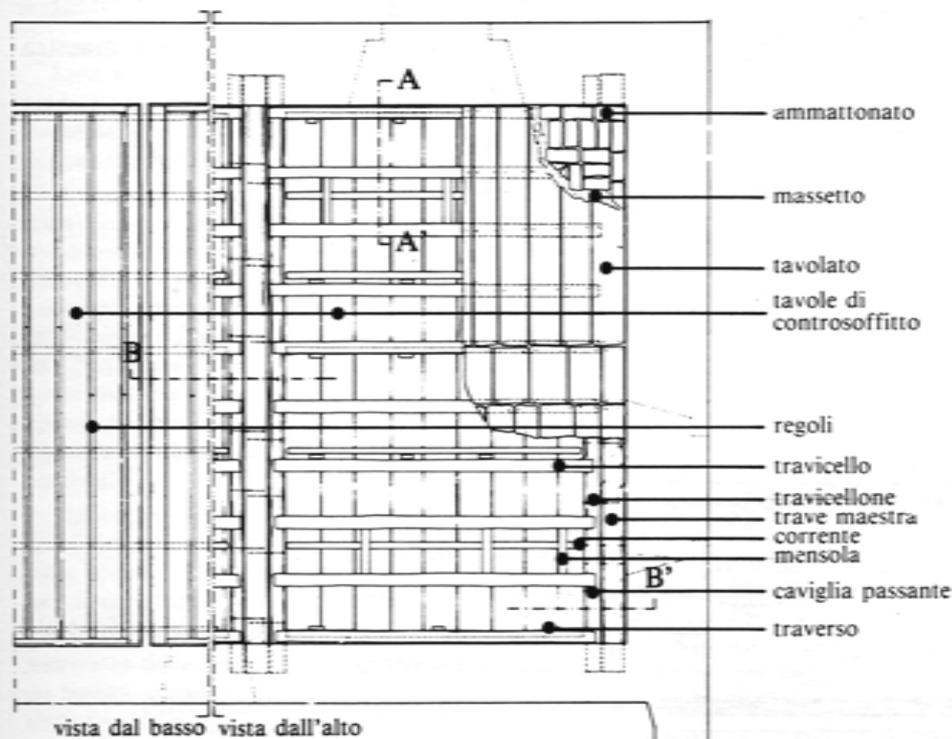
Travicelli: luce netta *m* 2,45; interasse *cm* 50 circa; sezione *cm* 12 ÷ 14 × 10.

Correnti: interasse *cm* 80 circa; lunghezza *m* 2,40; sezione *cm* 5 ÷ 7 × 7; (traversi di collegamento) interasse *m* 1,00 circa.

Tavole: rustiche di varie dimensioni; spessore *cm* 4.

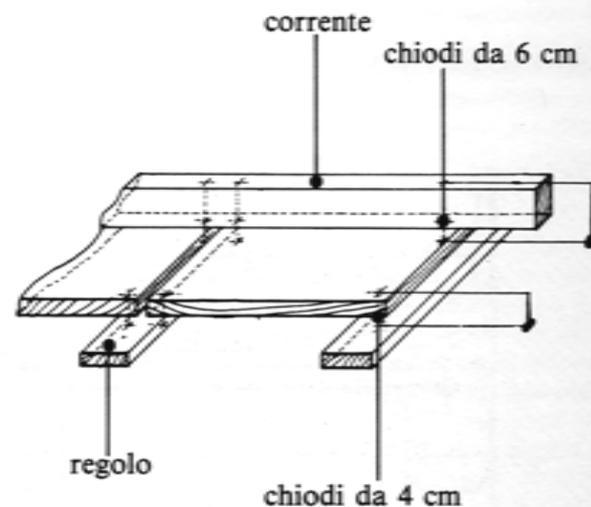
Controsoffitto: (tavole) lunghezza *m* 2,00 ÷ 2,40; sezione *cm* 2 × 25 circa.

Regoli: lunghezza *m* 2,50; sezione *cm* 2 × 5,5.



SCHEMA DELLE ORDITURE

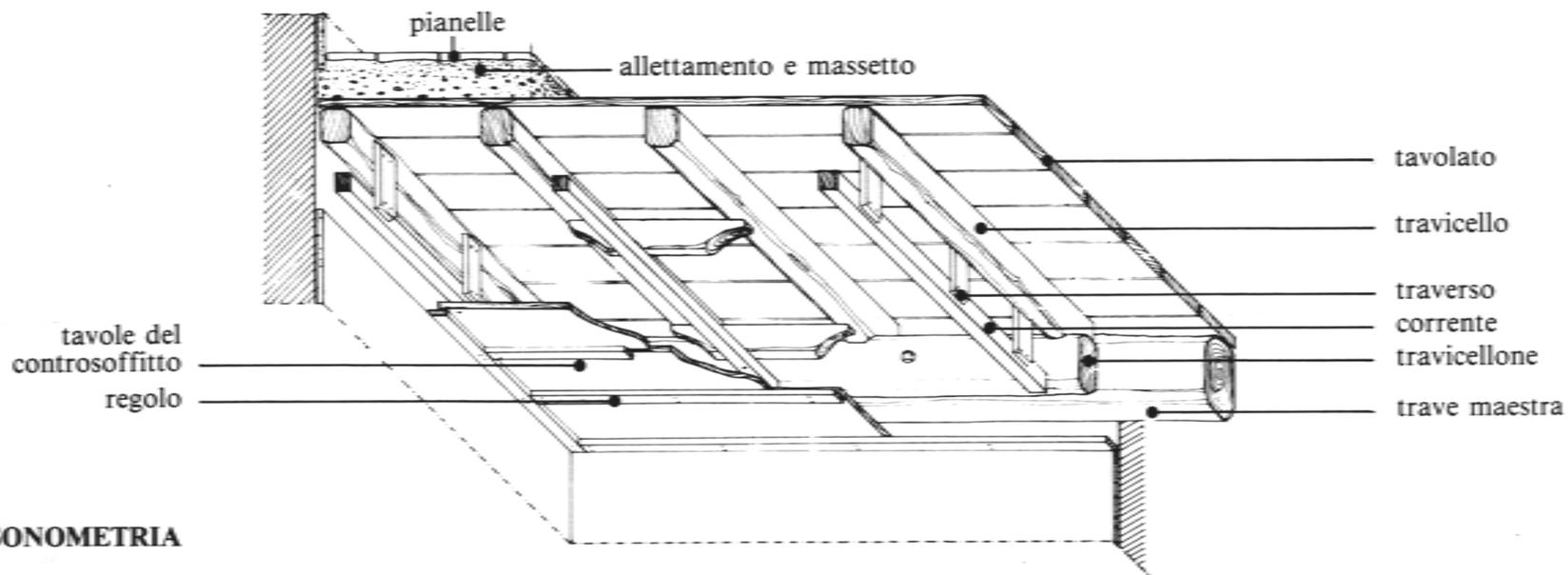
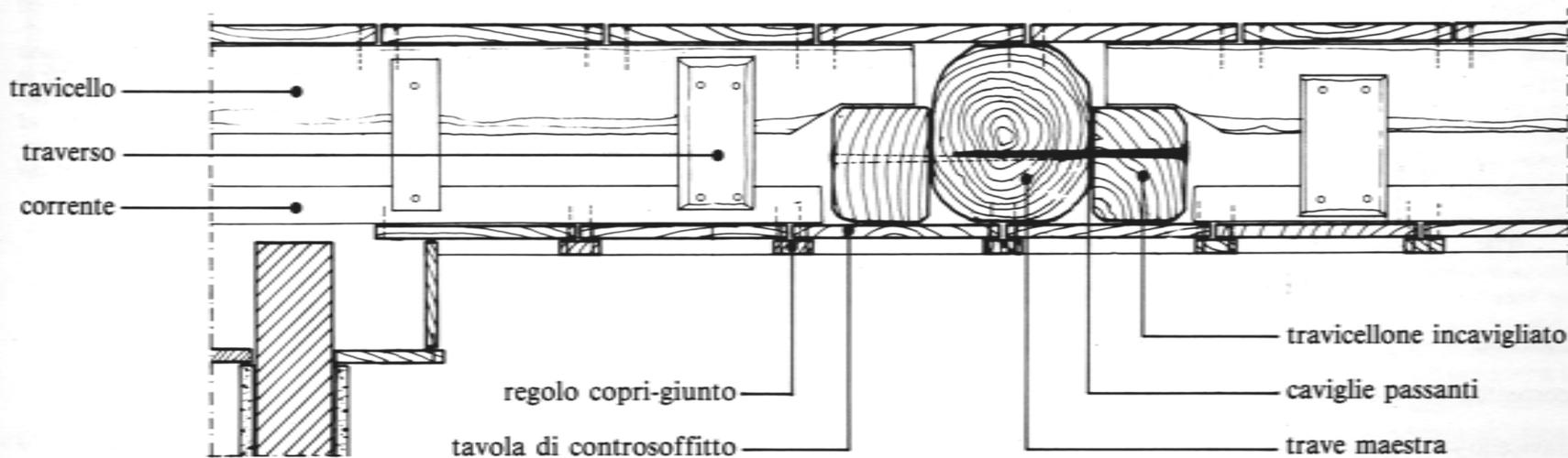
(rapp. 1:70)

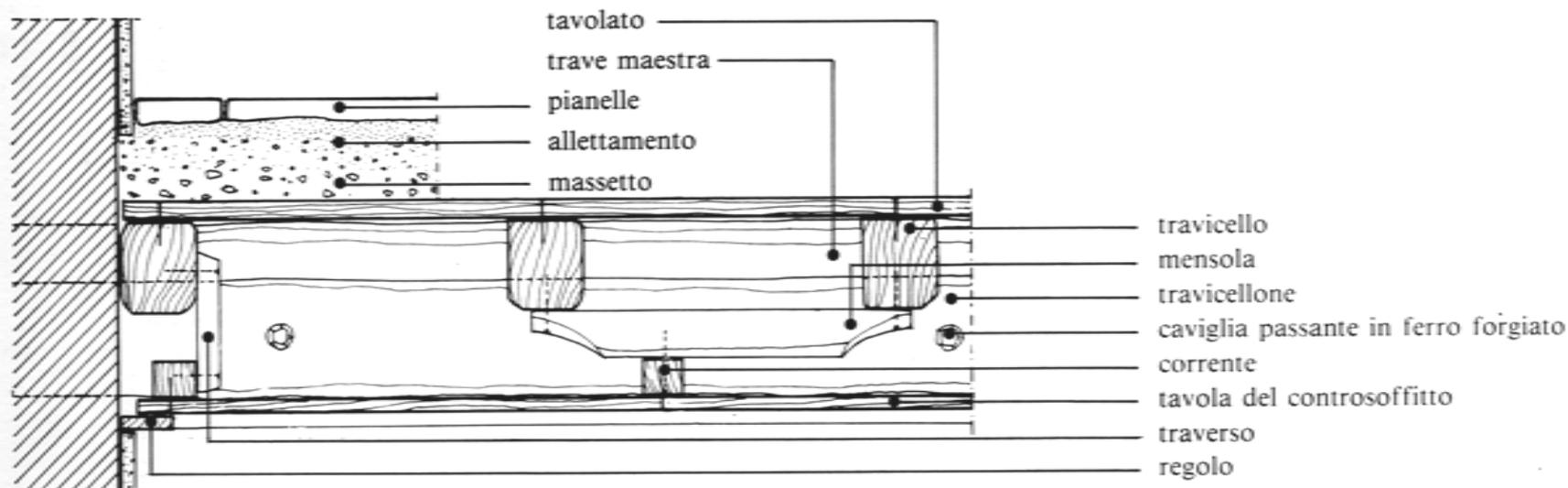


ATTACCO FRA CORRENTI E CONTROSOFFITTO

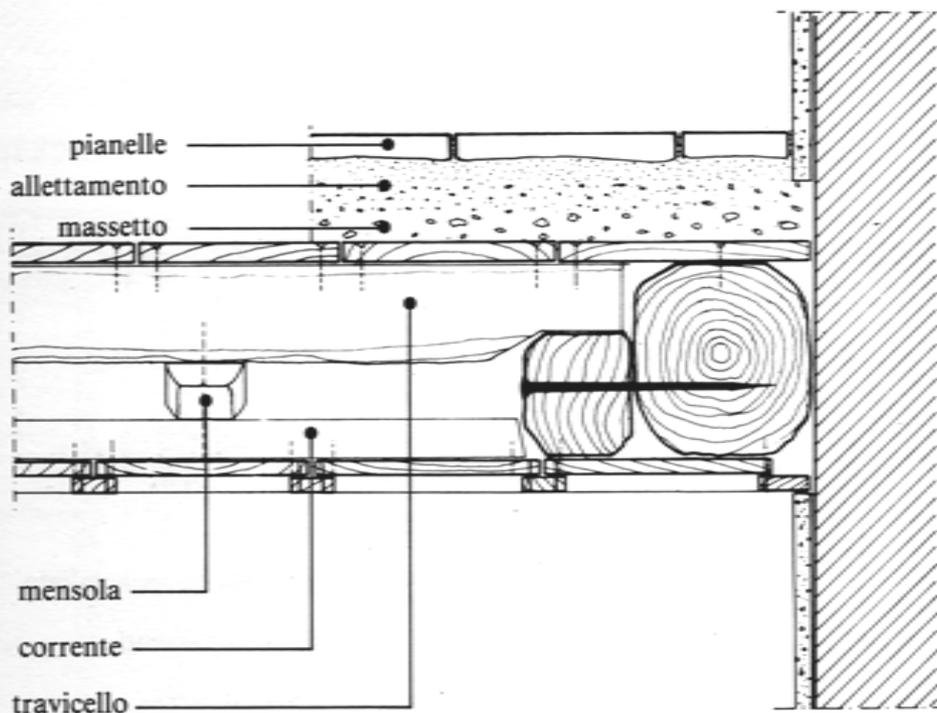
Solaio con controsoffitto di tavole e regoli correnti

SEZIONE BB' (rapp. 1:10)





SEZIONE AA' (rapp. 1:10)

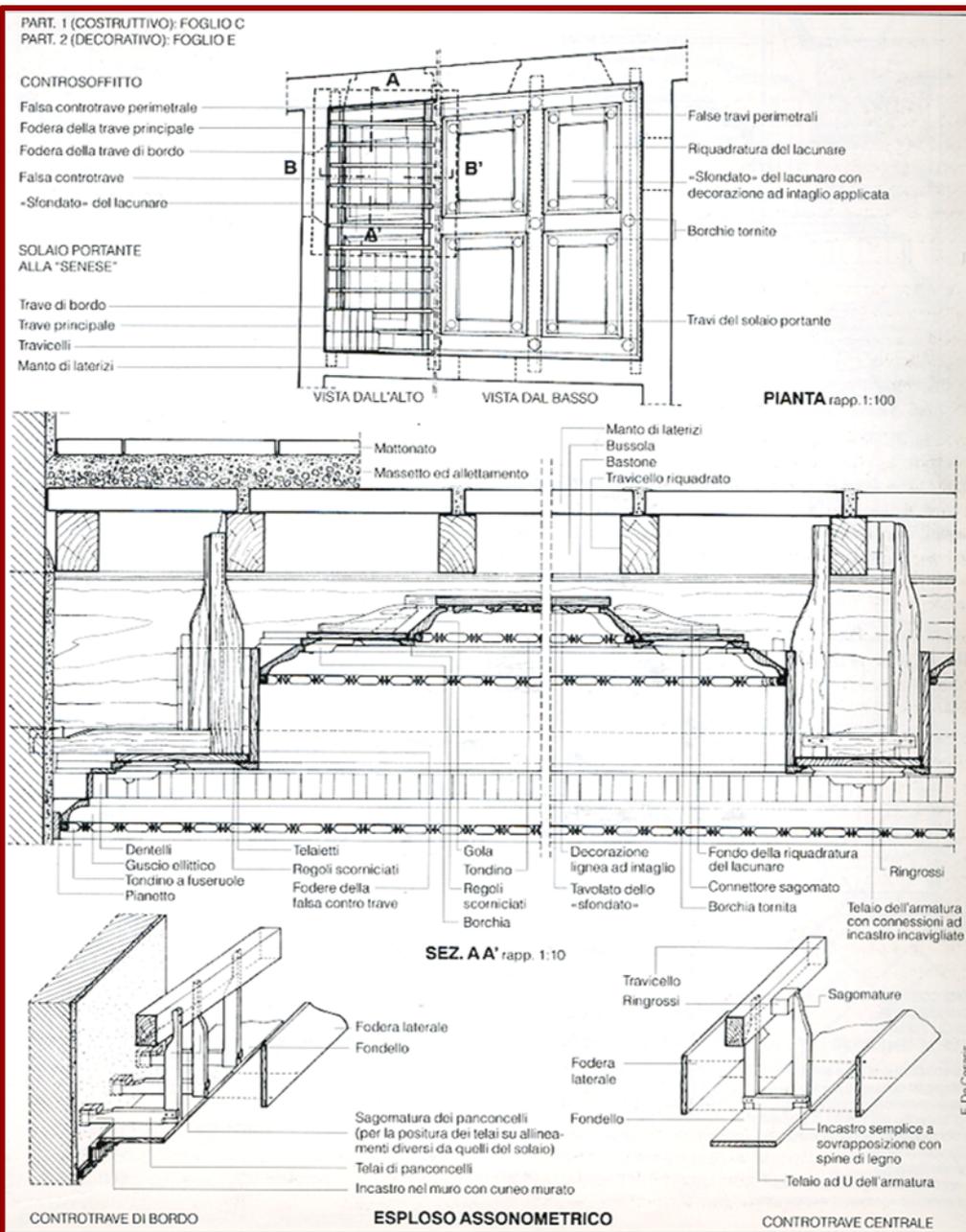


SEZIONE BB' (rapp. 1:10)

Nell'impiego in questione, l'esemplare di solaio della tav. 7 appartiene alle addizioni ottocentesche al Convento, ma esso ha una tradizione più antica: appare infatti, ad esempio, anche nell'ultimo piano del Palazzo Chigi a Formello, ove è applicato alle catene delle capriate (seconda metà sec. XVII).

Trattasi di solaio da carpentiere, più che da falegname: il suo scopo primario è quello di realizzare uno spessore minimo, ed è per questo che i travicelli, invece di appoggiarsi sul dorso della travi, si appoggiano su coppie di travicelloni affiancati alle travi mediante lunghe caviglie in ferro. Il piano del controsoffitto è assicurato ai travicelloni con stiffe in legno rustiche e diseguali, chiodate dal basso; anche il controsoffitto è chiodato dal basso all'ordito così definito, ed i regoli vengono per ultimi, sempre chiodati dal basso, rendendo inutili i regoli a sostegno e protezione dei giunti del tavolato superiore.

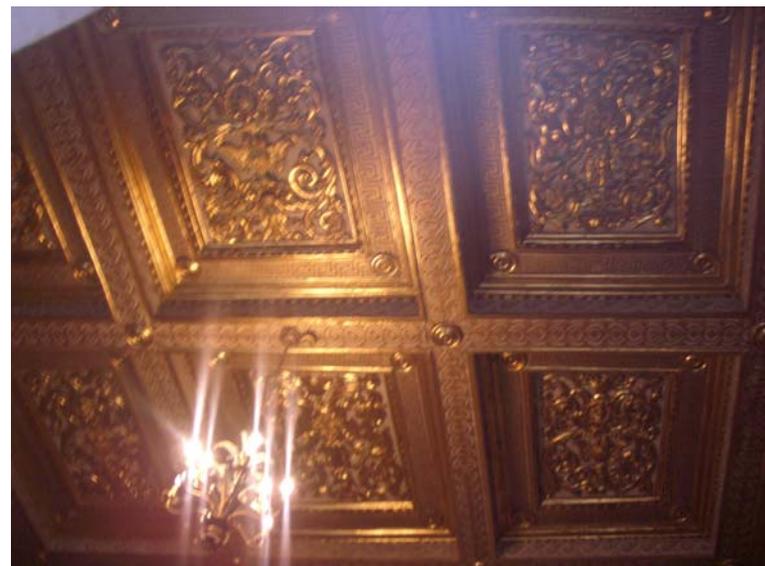
Controsoffitto a lacunari



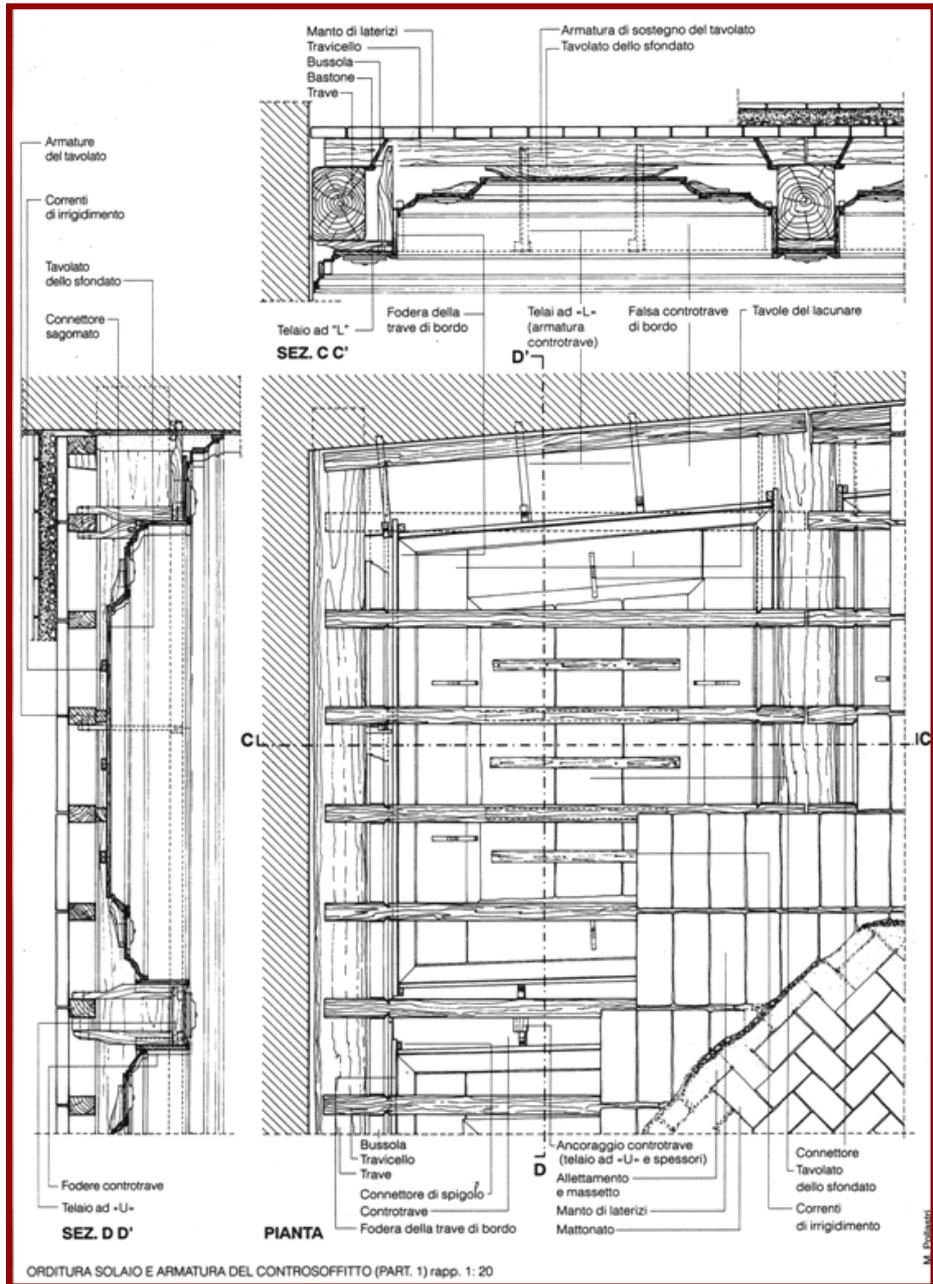
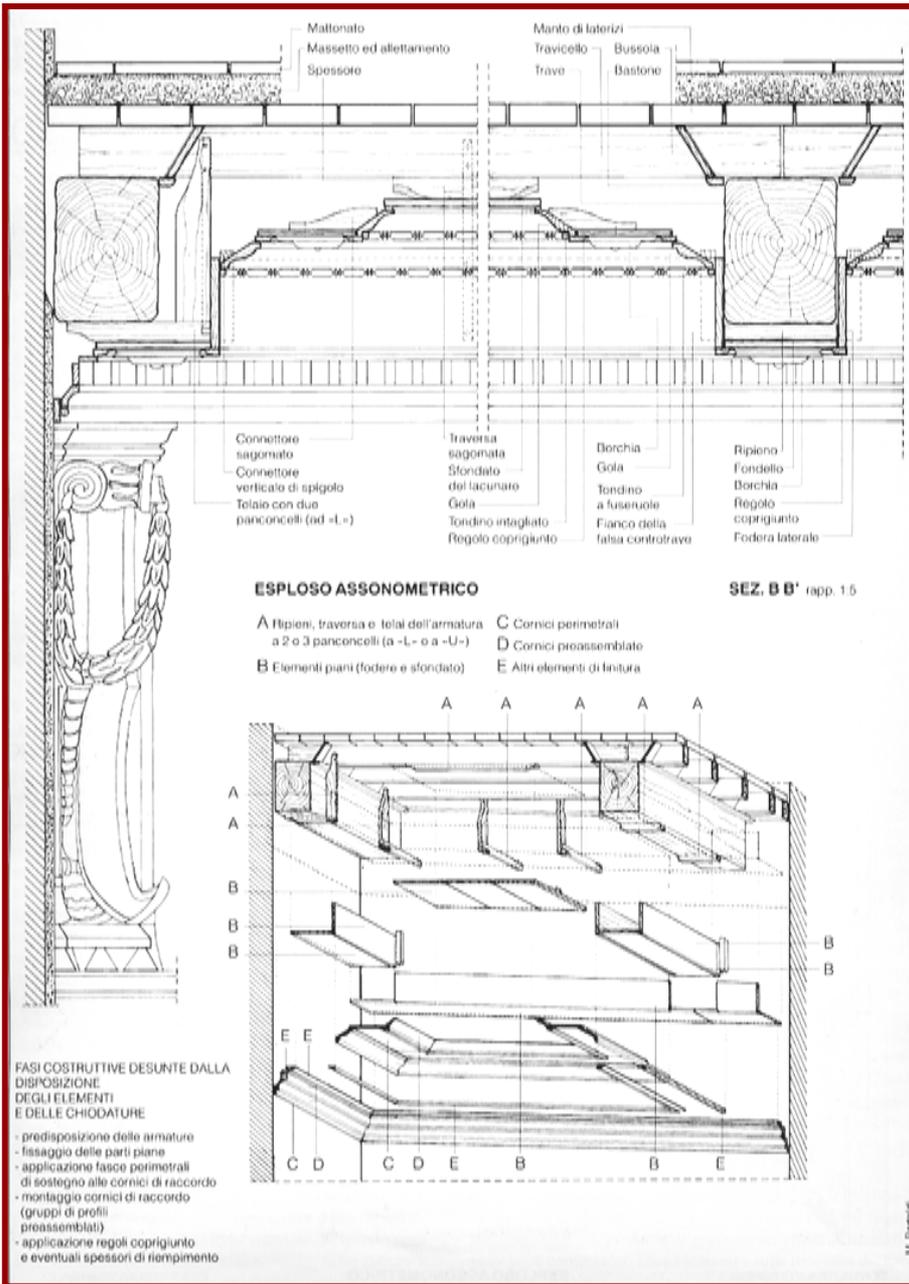
Roma, palazzo Altemps, sala della Duchessa (seconda metà sec.XVII)

Controsoffitto sospeso ad un solaio "alla senese" ed appoggiato ai muri di perimetro. E' suddiviso in sei grandi lacunari perimetrati dalle fodere delle travi di bordo, dalle travi mediane e da false controtravi di bordo e centrali.

Il cielo dei lacunari è costituito da tavolato (spessore 2cm) applicato direttamente al solaio soprastante. Le fodere delle travi sono sostenute da telaietti di panconcelli chiodati ai travicelli ed ammortati ai muri.



Controsoffitto a lacunari

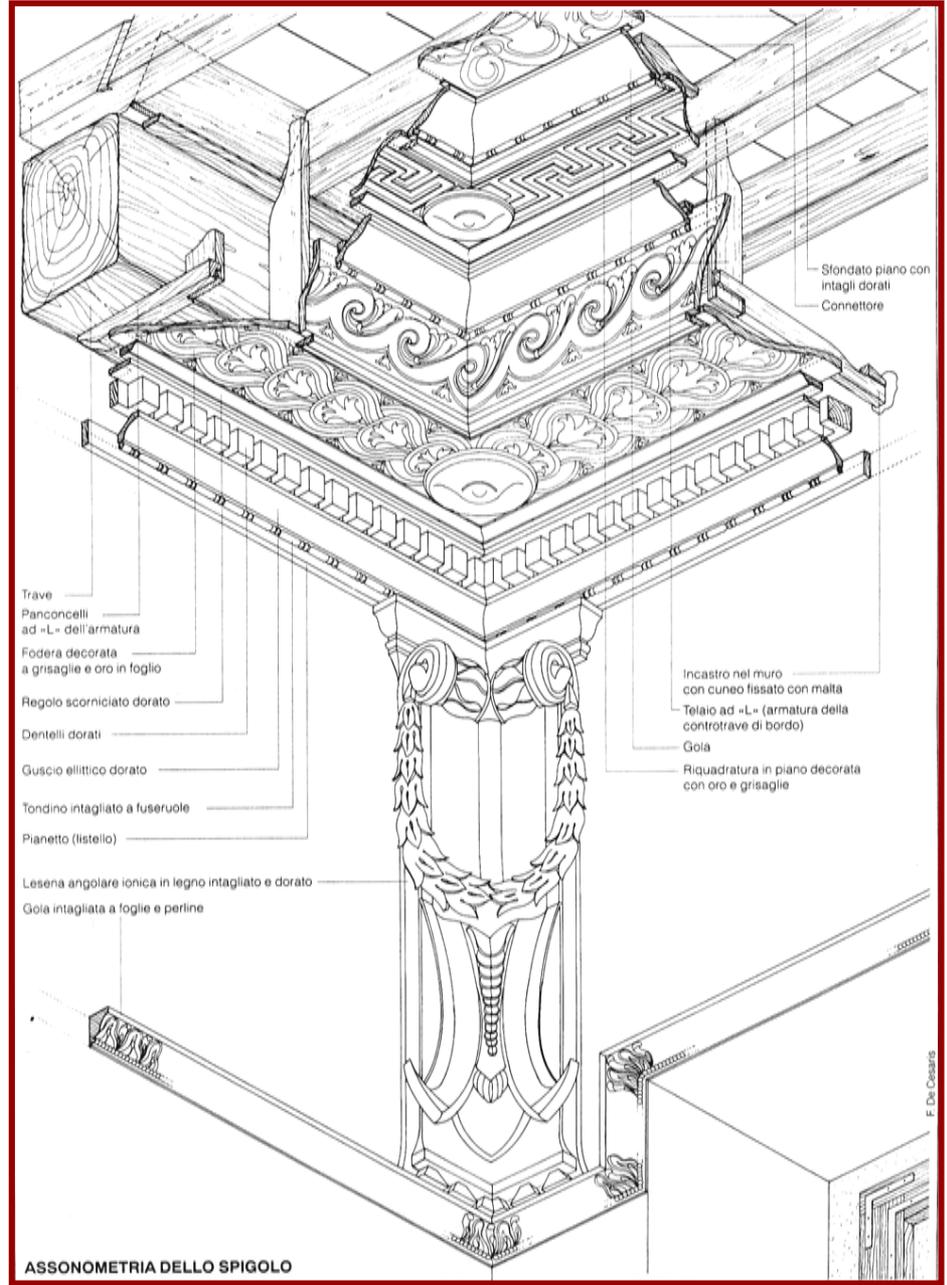
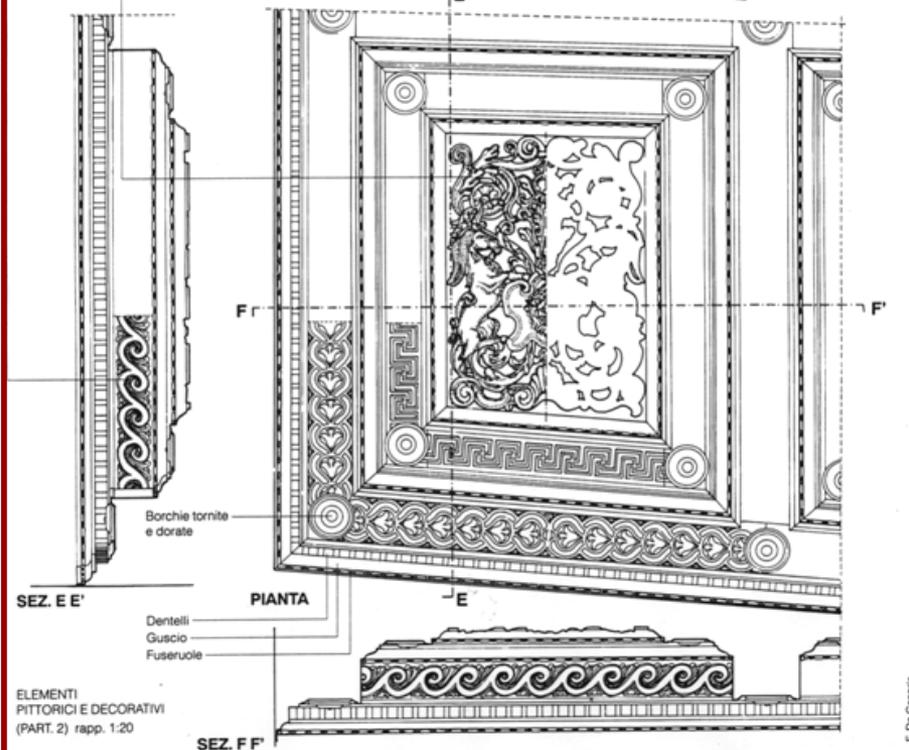
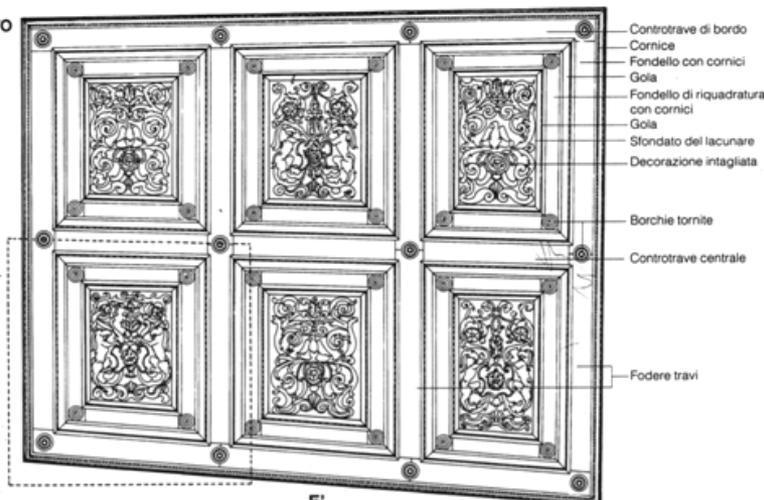


Controsoffitto a lacunari

CONTROSOFFITTO
VISTA DAL BASSO
rapp. 1:50

PART. 2

Decorazione a grisaglia e oro
Decorazione in legno intagliato e dorato applicata allo sfondato



i solai di “transizione”



LE IMPALCATURE DA SOLAIO IN FERRO

Fig. 1 - Un tipo di impalcatura in ferro con voltine scolliti di quarto costruite senza armature.

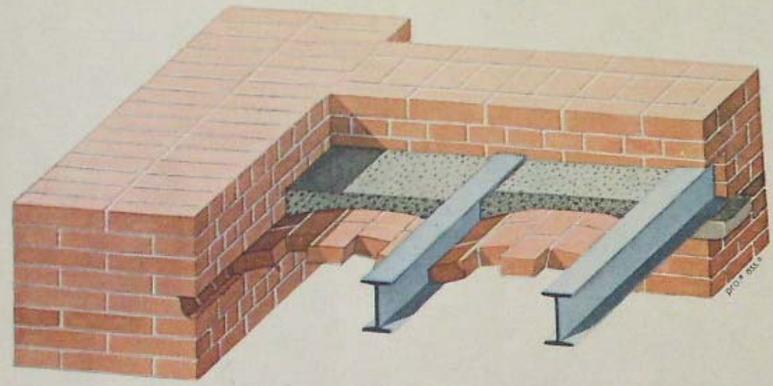


Fig. 3 - Una staffa di ferro uncinata per l'armatura provvisoria.



Fig. 2 - Un tipo di impalcatura in ferro con voltine di quarto, colla armatura provvisoria per la loro costruzione.

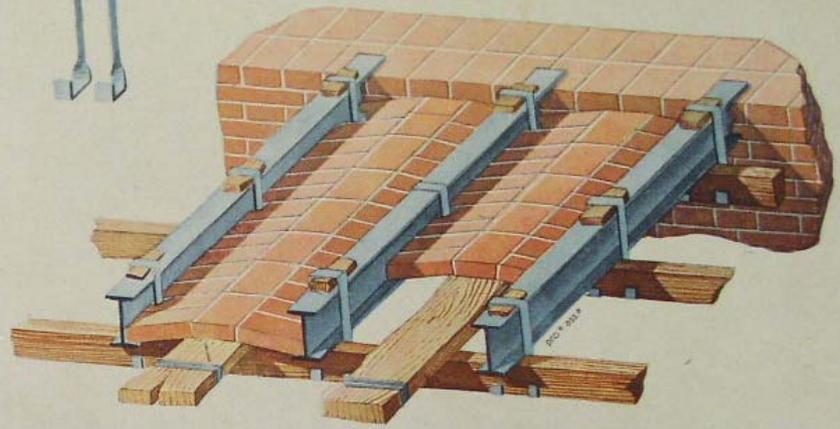
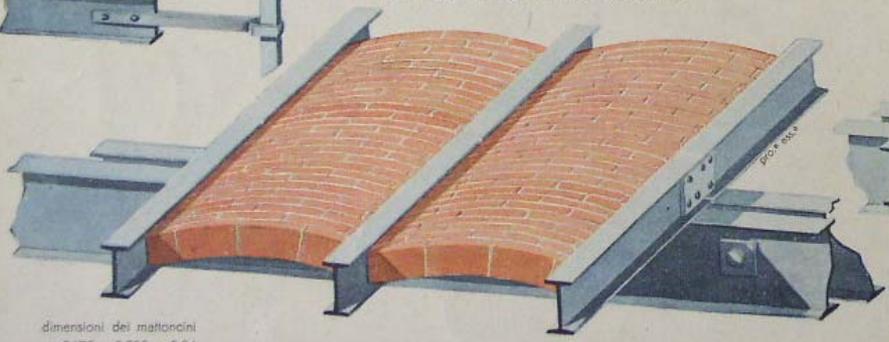


Fig. 5 - Il particolare della stanghina per gli estremi di alcuni travicelli.

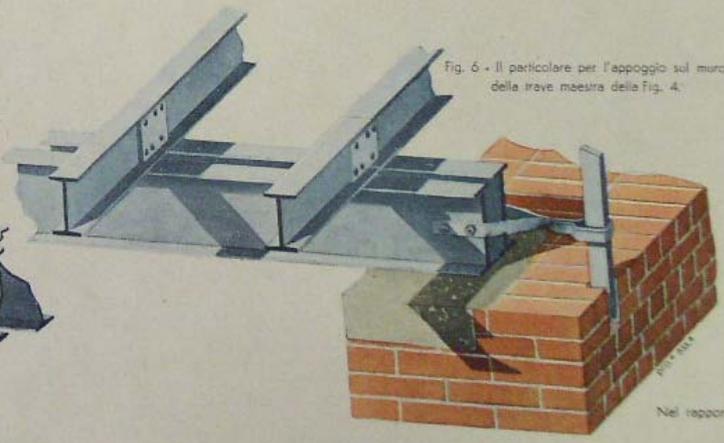


Fig. 4 - Un tipo di impalcatura in ferro a trave maestra con voltine di una festa, costruite senza armature.



dimensioni dei mattoncini
m. 0,175 x 0,085 x 0,04

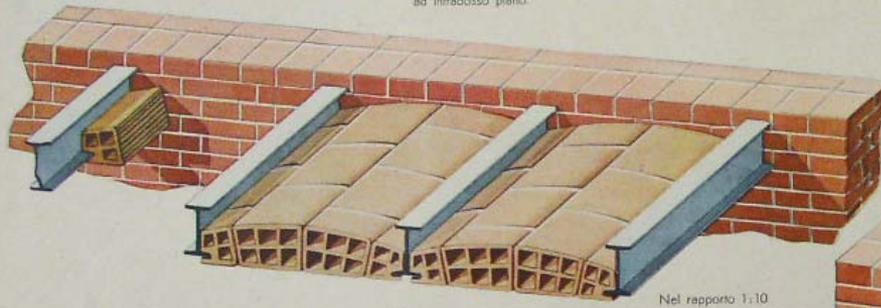
Fig. 6 - Il particolare per l'appoggio sul muro della trave maestra della Fig. 4.



Nel rapporto 1:10



Fig. 5 - Un tipo di impalcatura in ferro con volline di cotto (orecchie ad intradosso pieno).

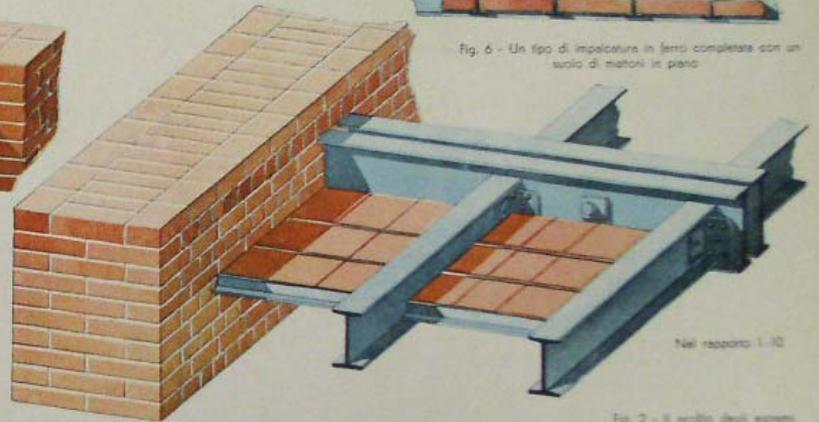


Nel rapporto 1:10

Fig. 7 - La sezione verticale dell'impalcatura delle fig. 6.

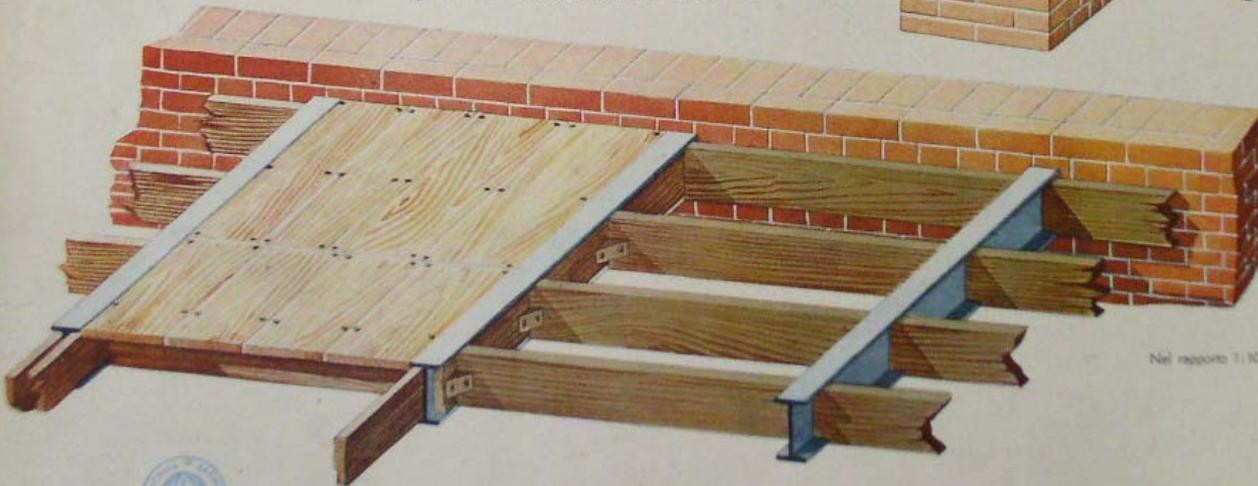


Fig. 6 - Un tipo di impalcatura in ferro completa con un suolo di mattoni in piano.



Nel rapporto 1:10

Fig. 1 - Un tipo di impalcatura mista in ferro e legno del sistema Rozier.



Nel rapporto 1:10

Fig. 2 - Il profilo degli estremi dei panciai di legno.



Nel rapporto 1:3

Fig. 3 - Il chiodo per fissare le tavole ai tralicci.

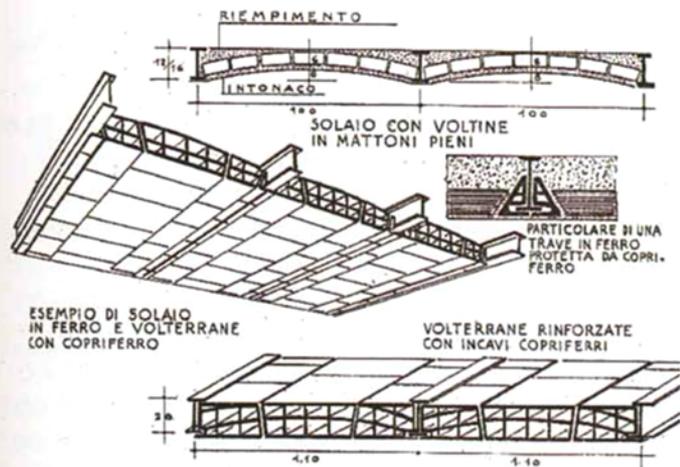
Fig. 4 - Il chiodo per i getelli e per legnami squadrati.



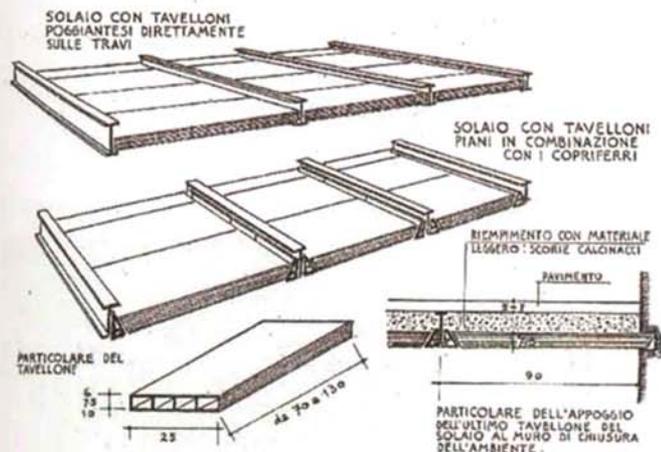
Al ferro



Solai in profilati d'acciaio e laterizi: schema delle tipologie



1. Solai con voltine di mattoni e solai con volterrane curve o piane



2. Solai in tavelloni piani, con e senza copriferri



5. Solaio a voltine con mattoni in piano (Firenze, fine XIX sec.)



7. Particolare di solaio a volterrane curve



6. Solaio a voltine di mattoni con diversa disposizione (Roma, primi XX sec.)



8. Particolare di solaio a volterrane piane

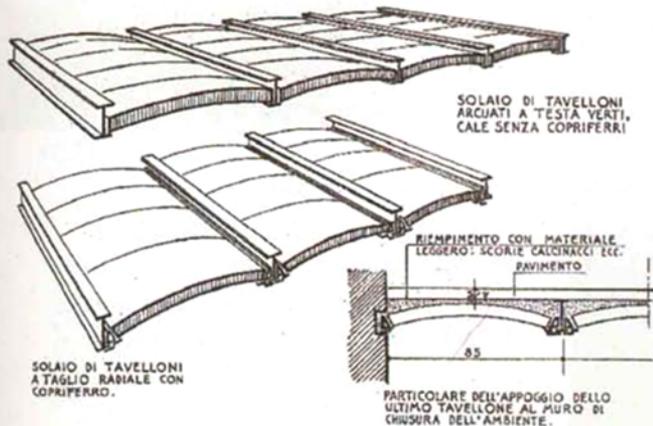


9. Solaio a voltine di mattoni con elementi metallici di irrigidimento trasversale (Roma, fine XIX sec.)

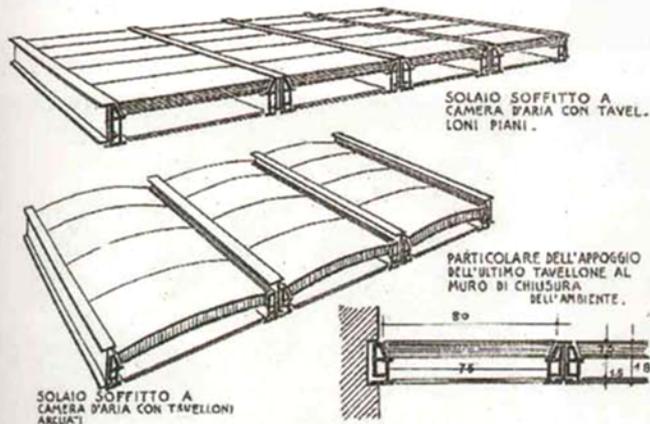


10. Solaio a tavelloni piani (Roma, ristrutturazione metà XX sec.)

Solai in profilati d'acciaio e laterizi: schema delle tipologie



3. Solai in tavelloni curvi, senza e con copriferro



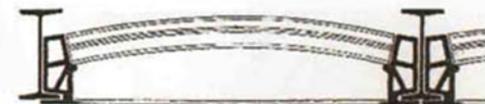
4. Solai in tavelloni e tavelline, a camera d'aria



11

11. Solaio a tavelloni curvi (San Severino Marche, Macerata, ristrutturazione metà XX sec.) (foto di S. Cancellieri)

12. Particolare di solaio a tavelloni curvi e tavellina all'intradosso



L'uso dei solai in ferro viene promosso (dalla fine del XVIII secolo) con lo scopo di limitare la propagazione degli incendi, ma ben presto esso si diffuse determinando una notevole evoluzione del cantiere edile. Un primo modo di realizzare tali solai adotta voltine di mattoni pieni, a sesto molto ribassato, poste tra i profilati metallici 'a doppio T'; questo tipo, però, comportava un intradosso non piano, oltre al problema della disomogeneità dei materiali. La difficoltà di aderenza del rivestimento, infatti, dava spesso origine ad una serie di lesioni sull'intonaco in corrispondenza delle travi metalliche; per ovviare a questo inconveniente vennero prodotti elementi laterizi appositamente sagomati, con la funzione di 'copriferro'. Una soluzione particolare prevede l'uso di 'volterrane', ovvero di speciali laterizi, di foggia diversa, combinati in modo da formare una piattabanda; lo schema statico è ancora quello dell'arco, ma l'intradosso è comunque piano. Le volterrane sostituiscono spesso le voltine in mattoni a causa della loro facilità di impiego e della loro maggiore leggerezza. L'evoluzione successiva si realizza ai primi del XX secolo, con l'uso di tavelloni e tavelle di lunghezza e spessori variabili, sia curvi che piani; all'intradosso può essere disposto un controsoffitto 'a camera d'aria' con l'applicazione di una sottile tavellina, che determina anche un ottimale isolamento termoacustico.

