

è impiegata la tenacità della malta, come avviene negli archi in pietra da taglio, il disarmo può farsi subito dopo il compimento dell'arcata. Per gli archi laterizi invece si deve lasciar luogo alla presa della malta, e disarmare dopo un periodo sufficiente, ma non eccessivamente lungo, affinché la muratura sia convenientemente assodata per reggersi, ma la presa non sia ancora tale, da impedire che avvenga senza rottura dei giunti di malta, il lieve cedimento che l'arcata subisce all'atto del disarmo per l'interno definitivo assettamento. Gli archi laterizi a tutta montà e di piccola corda, specialmente se eseguiti con malte idrauliche, si possono disarmare dopo un periodo di tempo, consigliato in ciascun caso dalla pratica, meno lungo di quello che occorra per gli archi a sesto scemo di corda maggiore, specialmente se fatti con malte ordinarie.

Per disarmare le ordinarie arcate di fabbrica, prima si allentano le centine in modo che si discostino gradualmente e leggermente dall'intradosso dell'arco, e poi si rimuovono; si è già detto che le centine appoggiano sui ritzi di sostegno coll'interposizione di una coppia di cunei di legno forte, disposti l'uno sull'altro colle punte in senso opposto; battendo questi cunei a piccoli colpi col martello in modo da produrre ad ogni colpo la diminuzione di qualche mm. di spessore, si ottiene il graduale uniforme abbassamento dell'armatura.

Chiodi o catene. — Si costruisce efficacemente alla spinta che le arcate esercitano sui piedritti, per mezzo delle chiodi da muro, esse sono sbarre di ferro terminate in un occhio che forma la testa della chiave (fig. 129), si pongono orizzontalmente attraverso l'arco, e si incastrano agli estremi nella struttura murale, fermate per mezzo di una spranghetta rettilinea di ferro detta capo-chiave, *paletto*, o *bolzone*. Il paletto viene impegnato nel muro in prossimità della faccia esterna, e prima del disarmo viene serrato con cunei battuti entro l'occhio della chiave. Questa è della massima efficacia se messa a due terzi circa della montà sopra l'imposta negli archi a tutto sesto, ad un terzo circa negli archi a sesto molto ribassato, ed a metà dell'altezza nelle piattabande. Quando non si vuole che la chiave resti in evidenza, essa viene posta con minor efficacia al vertice dell'intradosso dell'arco; allora è utile far discendere il bolzone sin sotto il piano d'imposta, e farne entrare l'estremità (fig. 130) nella testa di una seconda chiave, la quale è messa orizzontalmente nell'interno di ciascuno dei piedritti di imposta, ed è tenuta ferma da

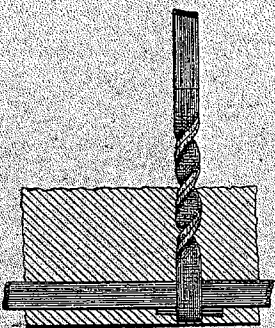


FIG. 129.

un bolzone più piccolo conficcato nell'altra testa di cui la chiave è munita.

Ricordando quanto si è detto sulla stabilità dei muri sollecitati da spinta, è chiaro che si conferisce maggiore stabilità ai piedritti di un arco, non solo facendo contrasto alla spinta per mezzo della catena, ma anche aumentando le dimensioni (e quindi il peso) dei piedritti stessi, ed allargandone la base d'appoggio. Talora il contrasto alla spinta è ottenuto per mezzo di *archi rampanti*, che dall'altra parte si impongono su pilastri più bassi di quelli da consolidare.

Spessori delle ordinarie arcate. — Tenuto conto dei carichi di cui ordinariamente sono gravate le arcate di mattoni nelle costruzioni edi-

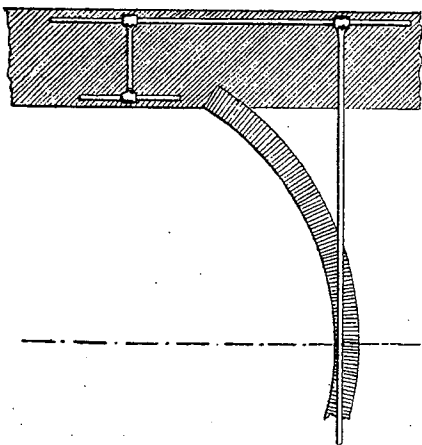


Fig. 130.

lizie, lo spessore degli archi si può praticamente determinare secondo le seguenti norme:

Se la luce dell'arco non supera m. 1,50 (come avviene per le ordinarie porte interne) lo spessore è di due teste (m. 0,25); se la corda va da m. 1,50 a m. 2,50 lo spessore è di due o di tre teste (m. 0,25 o m. 0,38) a seconda dei carichi sovrastanti; se la corda è di m. 2,50 a m. 4 lo spessore è, a seconda dei carichi, di tre o di quattro teste (m. 0,38 o m. 0,50); infine per corde di m. 4 a m. 5,50 lo spessore è di quattro o di cinque teste (m. 0,50 o m. 0,62). Questi spessori vanno bene per archi a tutta monta, o leggermente ribassati; per archi aventi monta minore di un quarto della corda è consigliabile aumentare lo spessore di una testa. La piattabanda portante non si fa mai di spessore minore di tre teste, e per corde di m. 2 a m. 2,50 si porta lo spessore a 4 teste.

Quando il vano da coprirsi superiormente in orizzontale ha ampiezza superiore a m. 2,50, si sostituiscono alle piattabande laterizie quelle in cemento armato.

Anche in edifici con muri di struttura ordinaria, se già si eseguono in cemento armato le strutture di solai, scale, balcone, ecc., oggidì si fanno pure in cemento armato tutte le piattabande, risparmiandosi mano d'opera in confronto all'esecuzione delle comuni piattabande di mattoni, ed eliminandosi ogni spinta sulle spalle dei singoli vani.

III.

VOLTE.

63. Principali forme di volte. — La volta è, come l'arco, una struttura murale curva, costituita di elementi disposti e riuniti in modo da reggersi per mutuo contrasto; essa serve a coprire gli spazi compresi fra muri, o fra muri ed archi. La nomenclatura è la stessa che per gli archi.

Svariatissimi sono i tipi di volte, a seconda della forma geometrica dell'intradosso e di quella della pianta coperta; anzitutto si distinguono le volte in *semplici* e *composte*, secondochè l'intradosso consta di una sola o di più superficie, e quindi non presenta o presenta spigoli; le volte composte risultano dall'unione di più parti di volte semplici.

Volte semplici. — Sono volte semplici di uso più comune le seguenti:

a) *Volte cilindriche od a botte.* — In esse l'intradosso è una superficie cilindrica generata da una retta (*generatrice*) la quale partendo dalla posizione corrispondente all'imposta, si muove parallelamente a se stessa, in modo da lambire costantemente una data curva (*direttrice*); tali volte si distinguono in *rette* ed *oblique*, secondochè il piano della curva direttrice è, o no, normale alla direzione delle generatrici, e quindi gli archi di testa sono o no normali alla direzione dei piedritti. La volta cilindrica retta (fig. 131), la quale in sé non differisce dall'arco ordinario che per avere corda maggiore e linee d'imposta più estese, serve a coprire vani di pianta rettangolare, mentre quella obliqua serve per piante parallelogrammiche.

A seconda della natura della curva direttrice, la volta cilindrica è a sesto circolare intero o scemo, ovvero a sesto ellittico, o polcentrico; a somiglianza dell'arco, la volta cilindrica dicesi *rampante* quando le rette d'imposta sono inclinate all'orizzonte, e dicesi *zoppa* od a *collo d'oca* quando le due rette d'imposta sono orizzontali e situate a diversa altezza, e la curva direttrice è un arco zoppo che va dall'una all'altra.

Se si immagina che i piedritti di un'ordinaria volta a botte si incurvino in modo che le loro facce piane diventino cilindriche e concentriche, e di conseguenza le rette d'imposta situate in uno stesso piano orizzontale s'incurvino pur esse, conservandosi parallele fra di loro, si dà luogo alla *volta annulare*; se la stessa trasformazione s'immagina in una volta a botte rampante, le rette d'imposta salienti diventano eliciche, e si ha la *volta annulare elicoidale* (fig. 132) ormai fuori uso.

b) *Volte a bacinio.* — Le volte a bacinio di uso più comune sono

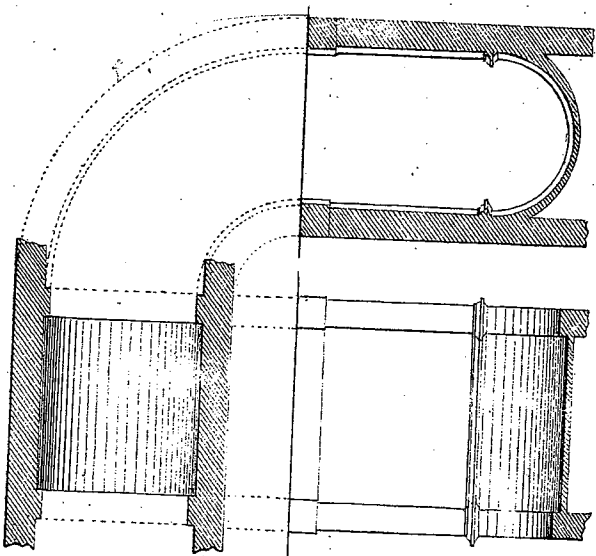


FIG. 131.

quelle il cui intradosso è una superficie di rivoluzione ad asse verticale, sicchè l'area coperta è un cerchio, il cui contorno segna un parallelo della superficie, e costituisce la curva orizzontale d'imposta. La volta a bacinio su pianta circolare è *sferica*, a tutto sesto (fig. 133) od a sesto scemo, quando la curva generatrice è un quarto di cerchio od un arco di cerchio minore, e l'intradosso è quindi un emisfero od una calotta sferica; essa è invece ellissoidica od ovoidale, se la curva che ruotando genera l'intradosso è un arco di ellipse o di ovale polacentrica.

Si ha poi la volta a bacinio su pianta ellittica, la cui superficie d'intradosso è quella di un mezzo *ellissoide* coi due assi orizzontali

corrispondenti a quelli dell'elisse che serve di base alla volta, ed il semisse verticale uguale alla monta della volta stessa.

La volta a bacinio, di uso poco frequente negli ordinari edifici, è invece un elemento notevole nelle costruzioni di maggior importanza architettonica, poichè permette di ottenere *cupole* di copertura di grandi vani (quali quelle del Pantheon e di S. Pietro in Roma), e mezze cupole di copertura di sfondi semicircolari e di nicchie.

c) *Volle a vela*. — Se nella curva proiezione orizzontale di una volta a bacinio si inscrive un poligono, e pei lati di questo si condu-

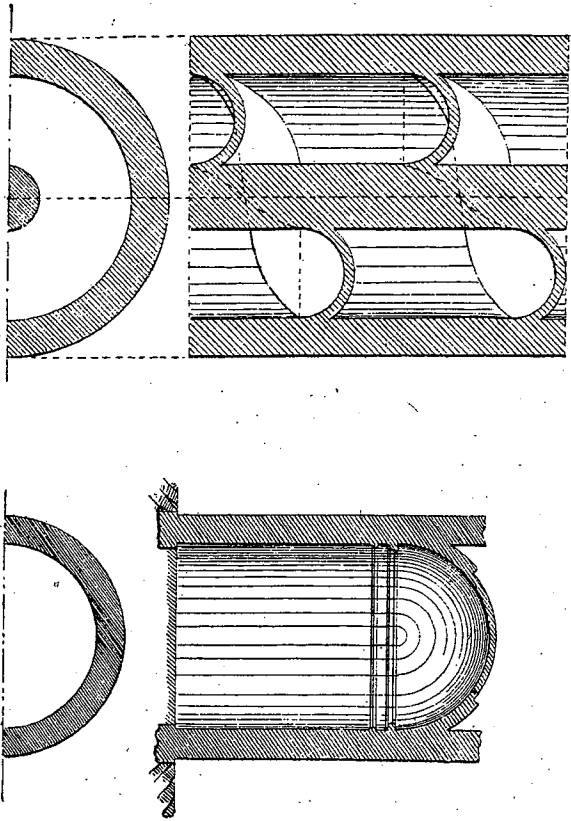


Fig. 132.

Fig. 133.

cono dei piani verticali sino a tagliare la volta, la porzione di questa che rimane insistente sulla pianta poligonale dicesi *volta a vela*; essa ha quindi tanti archi d'impоста quanti sono i lati del poligono, e ciascun lato di questo segna la corda del rispettivo arco. La forma geometrica della volta a vela è perciò connessa con quella della volta a bacinio da cui deriva, e colla forma del poligono di pianta. Le vele di uso più comune e di più facile costruzione sono quelle con intradosso appartenente ad una superficie sferica, e con pianta quadrata o rettangola; se la pianta è quadrata i quattro archi d'impоста sono eguali, e risultano semicerchi od archi di cerchio, secondochè l'intradosso è a tutto sesto o a sesto scemo; se invece la pianta è rettangola, si hanno

due archi d'impоста maggiori e due minori. La volta a vela può impostarsi, tanto su muri continui, che su pilastri ed archi, e si impiega perciò assai sovente a coprire porticati e gallerie; la curva d'impоста contro gli archi generalmente non si fa coincidere colla loro linea di sesto, ma si tiene a questa un po' superiore, in modo da lasciare in vista una porzione frontale degli archi stessi, detta *mostra*.

La fig. 134 rappresenta in pianta e sezione una volta a vela sferica a tutto sesto su pianta quadrata; uno degli archi semicircolari che limitano la volta è veduto di fronte, ed i due normali a questo sono veduti in sezione. La curva d'intradosso in corrispondenza della sezione mediana della volta è un arco di cerchio, porzione del corrispondente meridiano della volta a bacinio sferica cui la vela appartiene, sicchè la si ottiene tracciando tale meridiano (di cui si hanno centro e raggio) ed arrestandolo contro gli archi d'impоста. A cagione della lesena che ciascuno dei pilastri ed il muro frontale presentano per dare nascimento agli archi limitanti la volta, questi hanno raggio un po' minore delle curve secondo cui effettivamente la volta s'imposta, sicchè rimane in vista per ciascun arco una striscia (*mostra*) dell'arco stesso.

La fig. 135 rappresenta invece, in pianta e sezioni secondo *MN* e *PQ*, una volta a vela sferica a tutto sesto su pianta rettangola; dei quattro archi semicircolari limitanti la volta, i due corrispondenti ai lati *AB* e *CD* hanno raggio minore; le curve d'intradosso lungo le sezioni mediane si disegnano tracciando il corrispondente meridiano di centro *O* e raggio *OA*, ed arrestandolo contro gli archi d'impоста.

Le porzioni inferiori della volta a vela, tra i quattro archi d'impоста, si dicono i *peducci* della vela. La fig. 128 mostra, oltre al *pulvino* su cui s'impostano gli archi di una volta a vela, i peducci della volta stessa.

Volle composte. — Se una volta cilindrica viene tagliata con due piani verticali condotti per le diagonali del rettangolo di base (fig. 136), questi dividono la botte in quattro parti. Le due parti che si appoggiano sulle linee d'impоста della volta si dicono *juste cilindrici*, hanno per direttrice la curva dell'imbotte, e le generatrici orizzontali e parallele

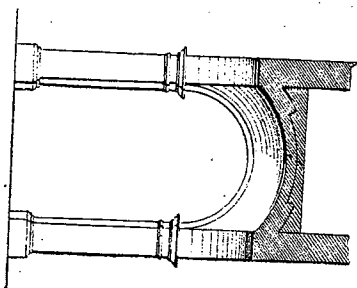


Fig. 134.

alla linea d'imposta; le altre due parti, comprendenti gli archi di testa della volta si dicono *unglie cilindriche*, ed hanno generatrici orizzontali e perpendicolari a detti archi. Ciascuno dei fusi e delle unghie si proietta in pianta in un triangolo, e la distanza fra la rispettiva sommità e ver-

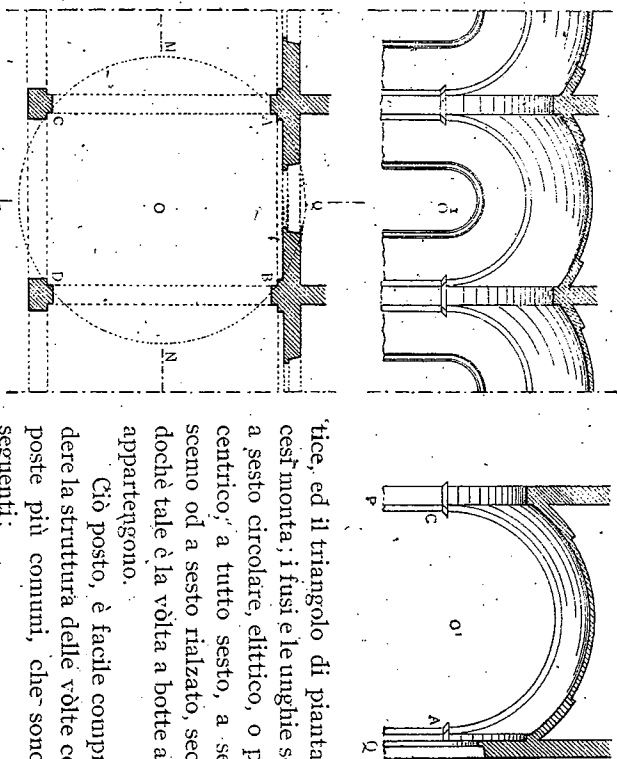


Fig. 135.

rice, ed il triangolo di pianta di essi monta; i fusi e le unghie sono a sesto circolare, ellittico, o polacentrico; a tutto sesto, a sesto scemo od a sesto rialzato, secondo che tale è la volta a botte a cui appartengono.

Ciò posto, è facile comprendere la struttura delle volte composte più comuni, che sono le seguenti:

a). *La volta a padiglione.* —

L'intradosso si compone di tanti fusi cilindrici, che si impostano su ciascuno dei lati del quadrato, rettangolo, o poligono regolare che la volta ordina-

riamente ricopre, e si intersecano a due a due secondo spigoli piani ellittici ad angolo rientrante. Se la pianta è regolare, i fusi cilindrici sono tutti uguali fra loro, s'incontrano a due a due nei piani bisettori degli angoli diedri formati dalle pareti consecutive, ed hanno il vertice sulla verticale corrispondente al centro della pianta.

La volta a padiglione su pianta poligonale regolare viene in generale adoperata per cupole di copertura di grandiosi vani (per es. S. Maria del Fiore in Firenze, mole Antonelliana in Torino); negli edifici ordinari si impiega più comunemente la volta su pianta rettangola.

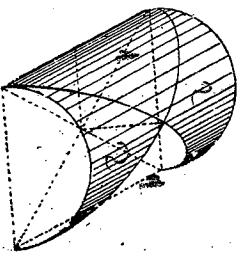


Fig. 136.

La volta a padiglione su pianta quadrata o rettangola si può considerare come risultante dalla intersezione di due botte cilindriche le quali si incontrino ad angolo retto, e composta delle porzioni di queste sottostanti alle linee secondo cui avviene l'intersezione. Se la pianta è quadrata i quattro fusi sono uguali, poichè appartengono a due botte cilindriche identiche, mentre invece se la pianta è rettangolare, le due coppie di fusi appartengono a due botte cilindriche diverse, ma di eguale monta, intersecantisi nei piani verticali passanti per le diagonali di pianta.

La fig. 137 rappresenta, in pianta e sezione, una volta a padiglione su pianta quadrata, a sesto ellittico o polacentrico, essendo la semicorda della rispettiva botte. Evidentemente, le proiezioni verticali delle linee di spigolo diagonale della volta si contondono colla proiezione della linea di sezione mediana che ne dà, il sesto, perchè i punti corrispondenti di dette linee appartengono alle stesse generatrici del cilindro, dirette perpendicolarmente al piano di proiezione verticale.

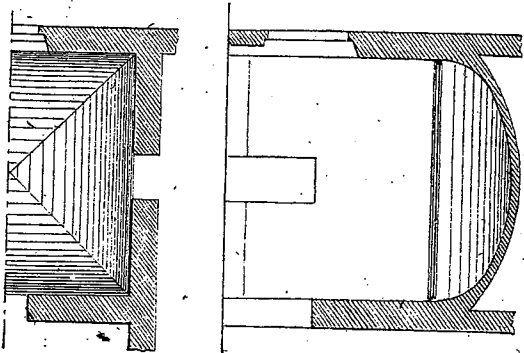


Fig. 137.

La fig. 138 rappresenta invece, in pianta e sezione longitudinale, una volta a padiglione su pianta rettangolare. I due fusi impostati sui lati più lunghi appartengono alla volta a botte cilindrica circolare a tutta monta di corda ab , di cui è ribaltata in aVb la linea del sesto; gli altri due fusi appartengono ad altra volta a botte cilindrica che, avendo la stessa monta della precedente e corda maggiore, necessariamente è a sesto scemo, e tale che le generatrici corrispondenti dei fusi hanno la stessa altezza sul piano d'imposta, e s'incontrano a due a due sugli spigoli diagonali. Perciò per avere la curva direttrice, ossia la sezione longitudinale mediana di tale volta, basta segnare su ab alcuni punti, quali 1, 2, 3, 4 ecc., determinare in OV , $1m$, $2n$, $3p$... le altezze delle rispettive generatrici della botte di sesto aVb , dai punti V , 1, 2, 3... corrispondenti dello spigolo VB condurre le rette che determinano in corrispondenza sulla proiezione verticale i punti A' , $1'$, $2'$, $3'$..., e da questi prendere i segmenti $A'V'$, $1'm'$, $2'n'$... rispettivamente uguali ad OV , $1m$, $2n$ ecc. Si ha così per punti la elisse di sesto della volta di corda maggiore, ossia la sezione longitudinale mediana, mentre

la sezione trasversale corrisponde al semicerchio aVb ; evidentemente

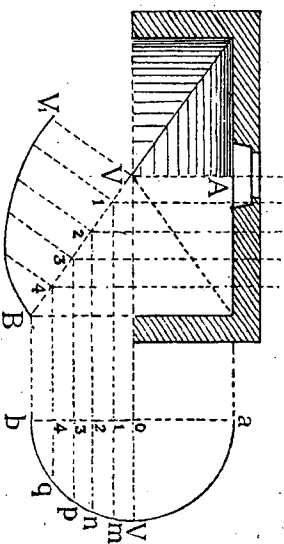
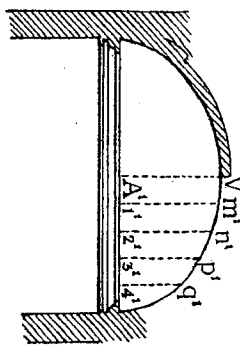


Fig. 138.

su pianta ottagonale regolare, e dà la costruzione geometrica per

poi, se dai punti V , $1, 2, 3$, segnati su V/B si conducono le perpendicolari a V/B , e su queste si prendono segmenti di lunghezze rispettivamente uguali ad OV , $1m$, $2m$, ..., si ottiene il ribaltamento, e quindi la vera forma a quarto di ellisse degli spigoli diagonali, i quali non sono visibili nella proiezione verticale.

La fig. 139 rappresenta in pianta e spaccato una volta a padiglione a sesto circolare a tutta monta,

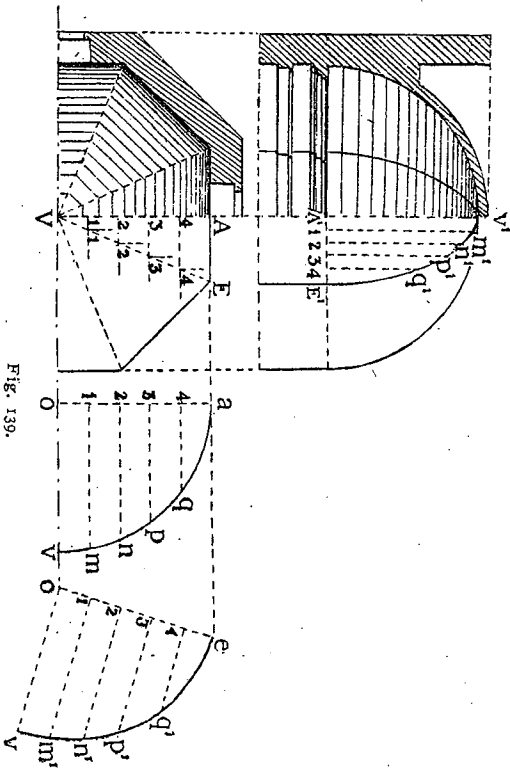


Fig. 139.

determinare la vera forma e la proiezione verticale di uno degli spigoli (VE).

A tale scopo, tracciati in pianta i segmenti oa ed oe e rispettivamente paralleli ed uguali a VA e VE , si disegna il quarto di cerchio (av) che corrisponde al sesto circolare a tutta monta dei fusi del padiglione, quale appare dallo spaccato; si segnano sui segmenti VA , VE , divisione di oa si conducono le perpendicolari $1m$, $2n$, $3p$, $4q$, ecc., piano d'imposta; conducendo dai punti di divisione di AV e di oe le perpendicolari $1m'$, $2n'$, $3p'$, $4q'$, ecc., rispettivamente uguali in lunghezza alle precedenti, si ha per punti in $V'E'$ la proiezione verticale, ed in v la vera forma dello spigolo ellittico, la cui proiezione in pianta è data da $V'E$.

Per coprire le ordinarie stanze di forma rettangolare, è conveniente, ed usata ancor più di frequente che la volta a padiglione, la volta *a botte con teste di padiglione*; essa si compone di una botte cilindrica impostata sui lati maggiori, nella quale sono asportate le due porzioni intercette dai piani bisettori degli angoli delle pareti, e sostituite ciascuna con un fuso cilindrico impostato sulla corrispondente parete minore, ed avente la stessa monta della botte. Tali volte risultano quindi di una parte centrale a botte, e di due parti estreme che sono le metà corrispondenti di una volta a padiglione; nelle comuni fabbriche si usano generalmente con monta ribassata ad $\frac{1}{5} - \frac{1}{8}$ della corda,

qualche volta sino ad $\frac{1}{10}$, sicché gli spigoli corti, montanti a poca altezza, e mascherati dall'intonaco, quasi non si avvertono. La fig. 140 fa vedere una di tali volte, a sesto circolare ribassato di $\frac{1}{5}$; l'arco punteggiato in pianta segna la forma della curva direttrice della botte; nello spaccato longitudinale si vede la parte centrale cilindrica della volta a botte, la testa di padiglione MA , e l'altra ad essa simmetrica; poichè gli spigoli in pianta sono condotti a 45° , la proiezione orizzontale m del vertice M di una *testa* dista dal relativo lato d'imposta di una lunghezza eguale alla metà del lato stesso, sicché ciascuna delle due teste avendo monta e lunghezza di pianta eguale a quella della mezza botte, ha curva direttrice uguale alla metà della curva di sesto della botte; infatti, se colla consueta costruzione si disegna per punti l'arco MA , esso risulta uguale alla metà della curva direttrice disegnata in pianta. Colla consueta costruzione si determina la vera forma dello spigolo. Se nella volta si sopprimesse la parte centrale, le due teste formerebbero una volta a padiglione su pianta quadrata. Se la pianta fosse un rettangolo compreso fra due semipoligoni simmetrici regolari, ciascuna delle teste si comporrebbe di tanti fusi cilindrici uguali, corrispondenti a ciascuno dei lati del semipoligono di pianta.

b) *Volte a crociera*. — L'elemento della volta a crociera è l'*unglia di crociera* (fig. 141), nella quale sono da notarsi l'arco verticale

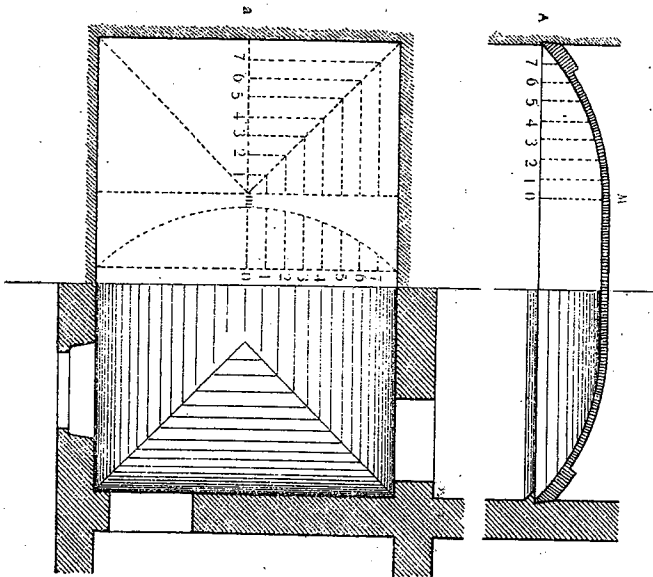


Fig. 140.

(*ADB*) d'imposta, detto *lunetta* dell'unglia, il vertice (*V*), e la monta (*VO*), che segna la distanza fra il vertice ed il piano orizzontale, d'imposta; *AB* dicesi corda dell'unglia, e la perpendicolare condotta da *O* su *AB* è la lunghezza dell'unglia.

La superficie dell'unglia può in generale immaginarsi generata dall'arco circolare di imposta, il quale si sposti parallelamente a se stesso, e si deformi mano in mano in modo, da appoggiare con due punti a due curve direttrici laterali (*VA* e *VB*) tracciate nei piani verticali passanti pei lati (*AO* e *BO*) del triangolo di pianta, e da toccare col punto di sommità la linea direttrice mediana che congiunge il vertice (*V*) dell'unglia col punto di mezzo (*D*) dell'arco d'imposta.

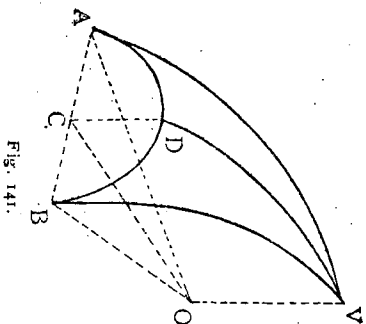


Fig. 141.

L'unglia così generata dicesi comunemente *sferica*, quantunque tale denominazione sia esatta solo nel caso, che le tre curve direttrici siano porzioni di cerchio massimo di una stessa sfera.

Se la monta *VO* è uguale a quella *CD* della lunetta, e se la linea direttrice mediana *DV* è una retta, l'unglia così generata diviene *cilindrica*, ed è identica per forma a quelle che si hanno tagliando una volta a botte con due piani verticali condotti per le diagonali del rettangolo di pianta (fig. 136). Raramente usata è l'unglia *cilindroideica*, in cui *VD* è una retta, ma non è *VO = CD*.

La volta a crociera copre pianta poligonale, e si compone di tante unghie quanti sono i lati del poligono, aventi tutte il vertice in comune, ed incontrantisi a due a due secondo le curve direttrici laterali; la volta presenta in corrispondenza di ciascuno di tali lati una lunetta d'imposta, e si proietta in altrettanti triangoli aventi il vertice in comune; gli spigoli d'intradosso sono salienti, invece che rientranti come nella volta a padiglione. D'ordinario il poligono di pianta è regolare, ed allora tutte le unghie sono uguali fra loro, il vertice corrisponde verticalmente al centro della pianta, e gli spigoli d'intradosso sono situati nei piani bisettori di due pareti consecutive.

Negli ordinari edifici è più usata la crociera ad unghie cilindriche su pianta quadrata, o rettangola; essa può considerarsi come risultante dalla intersezione di due botte cilindriche e composta, a differenza della volta a padiglione, delle porzioni superiori agli spigoli d'intersezione. Se la pianta è quadrata e le botte sono a tutta monta, le quattro unghie risultano eguali, e gli spigoli sono due semilassi diagonali col semiasse minore verticale uguale alla monta, e col semiasse maggiore orizzontale uguale alla diagonale di pianta. Se la pianta è rettangolare, sovente si hanno due unghie cilindriche circolari a tutto sesto impostate sui due lati minori, e due unghie cilindriche a sesto scemo, e di monta uguale a quella delle prime, impostate sui lati maggiori; altre volte invece le due unghie impostate sui due lati maggiori sono cilindriche a tutto sesto, e le altre due aventi uguale monta delle prime e impostate sui lati minori, sono sferiche.

Evidentemente la volta a crociera può usarsi in tutti quei casi in cui serve la volta a vela, avendo in comune con questa la proprietà di impostarsi su archi; essa si impiega quindi particolarmente per la copertura di portici e loggiati.

La fig. 142 rappresenta in pianta e sezione una volta a crociera su pianta quadrata, con quattro unghie cilindriche circolari a tutta monta; la sezione mediana, di una delle botte cilindriche è un rettangolo, generalmente superiore alle chiavi degli archi limitanti la volta per una stretta sfaccia corrispondente alla *monta*. La fig. 143 rappresenta, in pianta

e due sezioni secondo MN e PQ , una volta a crociera su pianta rettangolare, con le due unghie impostate su AB e CD cilindriche circolari a tutto sesto, e le due impostate su AC e BD cilindriche a sesto scemo, ellittico o policentrico. Nella sezione fatta secondo MN è veduto il semicerchio d'imposta su $A B$, e sono sezionati i due archi a sesto ellittico, o policentrico, aventi per corda $A C$ e $B D$, e monta uguale alla metà di $A B$. Poiché le generatrici a due a due corrispondenti nelle due cop-

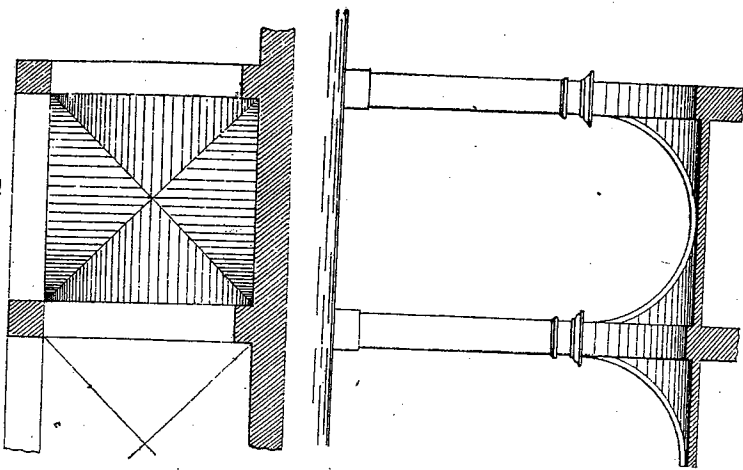


Fig. 142.

pie di unghie hanno la stessa altezza sul piano d'imposta e s'incontrano sugli spigoli diagonali, evidentemente per avere la curva direttrice delle dette unghie cilindriche impostate su $A C$ e $B D$, basta segnare nel prospetto su $A N$ alcuni punti $1, 2, 3, 4$, determinare nelle perpendicolari $1 m, 2 n, \dots$, le altezze delle generatrici corrispondenti, riportare i detti punti in pianta su $A N$ e poi su $A O$, e quindi segnare su $A' O'$ (nella sezione secondo $P Q$) i punti così ottenuti, e riportare in corrispondenza le relative altezze $1 m, 2 n$, ecc. Riportando perpendicolarmente ad $A N$ in pianta sui punti $1, 2, 3$, ecc., le altezze stesse, si ottiene la vera forma dello spigolo diagonale ellittico, la cui proiezione verticale si sovrappone alla proiezione dell'arco di imposta.

La fig. 144 rappresenta, ancora in pianta e due sezioni, la copertura dello stesso vano precedente, con due unghie cilindriche circolari a tutto sesto su $A C$ e $B D$, e due sferiche su $A B$ e $C D$. Nella sezione secondo MN si vede il semicerchio della lunetta $A B$, e sono sezionati i semicerchi d'imposta delle unghie cilindriche su $A C$ e $B D$. Per avere la proiezione verticale dello spigolo $A N$, si è ribaltato in pianta il quarto di cerchio che dà il sesto dell'arco d'imposta su $A C$ dell'unghia cilindrica, si sono determinate le altezze delle rispettive generatrici, e si sono riportate tali altezze nella proiezione verticale come appare dalla figura

Mentre nella sezione MN vengono tagliate le due unghie cilindriche secondo un rettangolo, nella sezione PQ le due unghie sferiche vengono tagliate secondo un arco di cerchio che è facile tracciare, conoscendo il punto di mezzo più elevato, ed i due punti d'appoggio sugli archi limitanti la volta, punti che sovrastano alle chiavi di detti archi della stretta sferica corrispondente alla mostra. Nella sezione PQ la proiezione degli spigoli diagonali si sovrappone a quella degli archi d'imposta delle unghie cilindriche.

c) *Volte a lunette.* — Se in una delle pareti contro cui si imposta

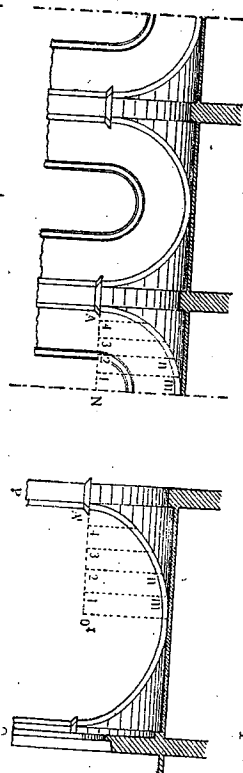


Fig. 143.

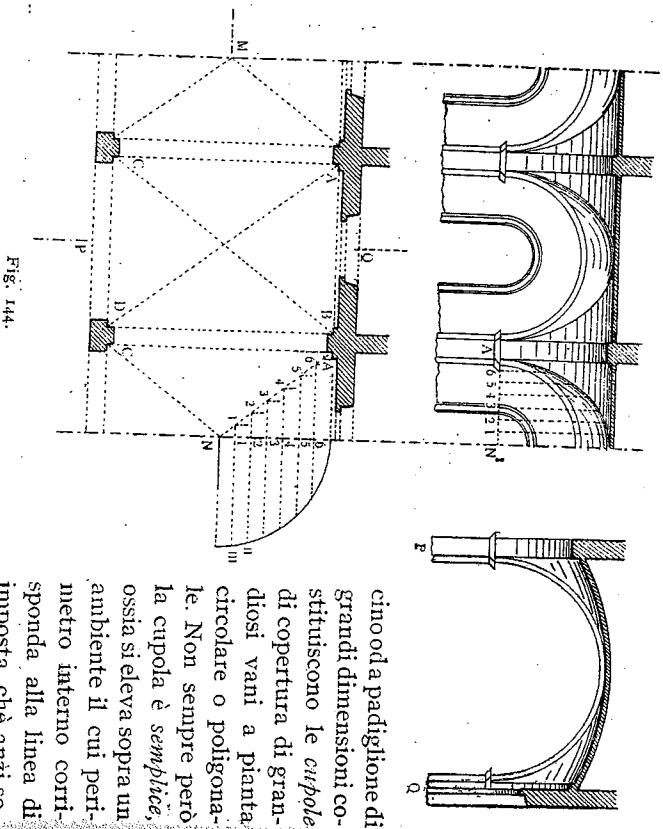
lunetta l'intera unghia, invece che la sua curva d'imposta sulla parete verticale. La fig. 145 dà porzione della pianta, la corrispondente sezione longitudinale, e la metà sezione trasversale di una di tali volte; in essa, al fuso cilindrico di pianta $A V B$ è sostituita l'unghia sferica che si imposta sul semicerchio $A C B$ ed ha il vertice in V . È evidente come, ribaltato in

tezza $O V$ del vertice V sul piano di imposta, e le altezze $1 m, 2 n, \dots$ di altri punti degli spigoli ellittici segnati in pianta (con direzione a 45° col muro d'imposta), sicché se ne determinano poi agevolmente le proiezioni verticali. L'unghia di crociera sferica è determinata, oltreché dall'arco d'imposta $A C B$ e dai due spigoli $A V$ e $B V$, dall'arco direttore me-

una volta a botte si hanno delle aperture spingentisi al disopra della linea d'imposta, è necessario interrompere la continuità della linea stessa; a tal fine si sostituisce la porzione di volta cilindrica corrispondente all'apertura con una unghia di crociera sferica; si passa così alla volta comunemente detta a *botte con lunette*, chiamandosi sovente

In genere, tutte le volte impostate sopra un piano possono cambiarsi in volte con lunette, o *lunnette*, mediante la sostituzione di parti del loro intradosso con altrettante unghie di crociera. Talora le lunette si adottano a scopo puramente decorativo.

d) *Vòlta a cipolla composta*. — Come si è già notato, le vòlte a ba-



posta una volta a bacio ad un vano di pianta poligonale, una volta a padiglione ottagonale ad un vano di pianta quadrata, ecc. Da consumili trasformazioni di pianta nascono le cupole *composite*, quali assai di frequente si riscontrano all'incontro delle due *navate* maggiori delle chiese cristiane.

Un esempio di tali cupole è dato dalla figura 146; in essa, la copertura del vano di pianta quadrata, compreso fra i quattro plastrini ed i corrispondenti arconi, è iniziata con una volta a vela sferica, la quale è tagliata da un piano orizzontale tangente alla sommità degli arconi, sicché l'intradosso della vela si riduce a quattro triangoli sferici, detti *pennachi* o *peducci*, corrispondenti ai vertici della pianta; sul circolo sezione così ottenuto si eleva una superficie cilindrica a gene-

tracci verticali detta *tamburo*, e al disopra di questa si imposta a convenientemente altezza la volta a bacinio. Evidentemente il tamburo può anche mancare; la disposizione descritta può inoltre adottarsi, anche se la pianta, invece che quadrata, è a poligono regolare qualunque, nel qual caso si hanno tanti pennacchi sferici quanti sono i vertici del poligono.

64. Costruzione delle volte. — Le volte in pietra e quelle gettate in calcestruzzo, pel forte peso proprio e per le notevoli spinte cui danno luogo, sono riservate in generale alle opere stradali ed idrauliche (vedi volume II). Le volte nei fabbricati di cui si tratta sono invece costruite in

...rabbicci, al cui si tratta in questo capitolo, si

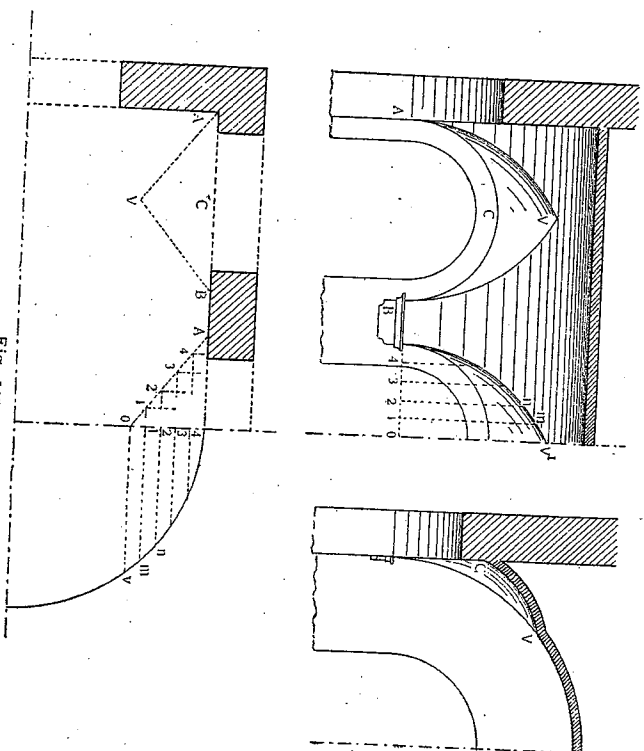


Fig. 145

fanno perciò di regola in *lateralizi*; per grandi coperture, in edifici di particolare importanza architettonica, si usano anche volte di *struttura mista* in *lateralizi* con cordone in pietra, ovvero in ferro e cemento. *Volle laterizie*. — D'ordinario le volte in laterizi si costruiscono in

Volte, l'aterizie. — D'ordinario le volte s'edificano in pietra, ovvero in ferro e cemento.

si costruiscono contemporaneamente ai muri d'imposta, mentre invece quelle dei piani fuori terra si eseguono dopo ultimato il tetto; per tali volte superiori si lascia quindi in corrispondenza del piano d'imposta una incassatura di alcuni cm., al disopra della quale gradatamente il muro riprende lo spessore normale.

Per sostenere i materiali durante la costruzione è necessaria, salvo

casi speciali, una apposta armatura la cui struttura varia secondo la forma, l'ampiezza ed il peso della volta. Per le ordinarie volte di fabbrica, l'armatura si compone di centine di tavole accoppiate, consimili a quelle usate per gli archi, e di tavole superiori formanti il *manto* su

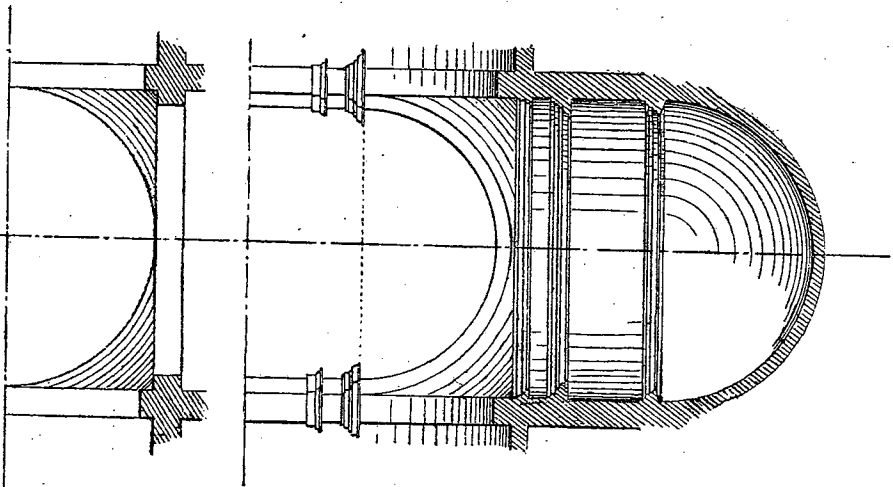


Fig. 146.

cui, per avere l'esatta superficie dell'intradosso, si stende uno straterello di sabbia. Per sostenere le centine si dispone d'ordinario, circa a 30 cm. sotto al piano d'imposta della volta (fig. 147), un ponte di servizio; esso è costituito da ritti posti a distanza conveniente l'uno dall'altro lungo le pareti ed in una o più file intermedie, da correnti lungo i muri che collegano i ritti, e da traversoni poggiati sui correnti in corrispondenza dei ritti e diretti normalmente ai muri; su questi traversoni vengono chiodate delle tavole che servono a collegarli, ed a posarvi sopra i corti puntelli che vengono distribuiti sotto ogni centina a distanza di circa m. 1 l'uno dall'altro. In corrispondenza degli appoggi di ogni centina e dei singoli puntelli corti internodi sono disposte le coppie di cunei, che servono prima a serrare bene la centina in

guisa da portare il livello del manto alla precisa altezza dell'intradosso, e poi a procedere gradualmente al disarmo.

Per costruire la volta, gli operai stando sul manto coperto di sabbia dell'armatura, cominciano a formare i filari d'imposta, posando con diligenza i mattoni su buon letto di malta, e proseguono simmetricamente verso la chiave, in modo che il filare di mezzo risulti di mattoni

interi posati con una certa compressione fra due letti di malta contigui. I filari si dispongono ben paralleli, normali all'armatura, e coll'avvertenza che i giunti risultino sfalsati; se lo spessore della volta è maggiore di 2 teste (il che non avviene in generale nella volte di fabbriche ordinarie), in ciascun filare i mattoni superiori coprono i giunti di quelli inferiori; di frequente si dà alla volta spessore maggiore verso l'imposta, ed allora si passa da questo spessore a quello della parte rimanente per mezzo di una risega, che ordinariamente si fa all'altezza di $\frac{1}{3}$ circa della monta a partire dall'imposta; chiusa la volta, si spande della malta piuttosto liquida sull'estradosso, sino a coprirlo di uno straterello di circa $\frac{1}{2}$ cm. di spessore, cui si dà il nome di *cappa*.

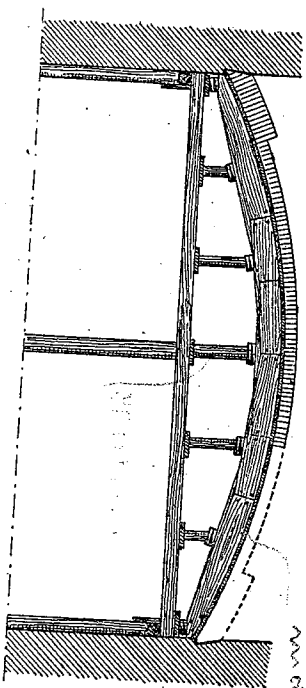


Fig. 147.

Il modo di disporre le centine che costituiscono l'armatura, e di assestare su questa i filari di mattoni, varia colla natura delle volte.

Nelle volte a botte le centine, profilate secondo la curva direttrice dell'intradosso, si dispongono in piani verticali normali all'asse, alla distanza di circa m. $1 \div m. 1.50$ l'una dall'altra. Il modo più ovvio di assestare i mattoni sull'armatura così disposta, è quello di tenere i filari paralleli alle linee d'imposta (fig. 148 a); però, se la corda è notevole e la monta depressa, si ha con tale disposizione l'inconveniente che i giunti in chiave risultano pressoché paralleli e verticali, sicché nella parte centrale la resistenza è affidata, invece che al mutuo contrasto tra i filari, quasi unicamente alla coesione della malta. Si preferisce allora (fig. 148 b) disporre i filari a 45° rispetto ai lati della pianta, scuna delle quattro parti verso il mezzo; i filari, che si proiettano in pianta rettilinei, sono archi zoppi ellittici che si uniscono a zig-zag lungo le due linee di mezzania della volta, sicché la spinta viene ripar-

tita anche sui muri di testa, i quali diventano necessari. Disposizione buona e frequentemente adottata è pure quella di fare i successivi filari ad archi di cerchio paralleli ed eguali agli archi di testa, avendosi così il vantaggio che ogni filare si regge per proprio contrasto, che l'armatura è meno gravata, e che

si può eseguire comodamente la volta a porzioni successive; tale è la disposizione indicata nella fig. 148 c, ove però alcuni filari d'imposta sono invece paralleli ai piedritti.

Nelle volte a botte con teste di padiglione, si dispongono tante centine parallele quante sono necessarie per la botte, ed alle due estremità si appoggiano le centine cantonali ellittiche e le due mezzacentine necessarie per le teste; queste si riportano sul manto dell'armatura principale con piccole armature complementari, che ne riproducano l'intradosso.

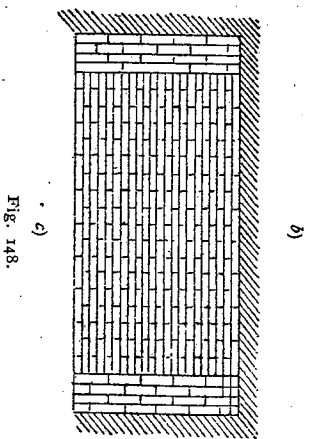


Fig. 148.

centine, per modo che gli appoggi delle tavole del manto non distino più di m. 0,80 ÷ m. 1. I filari di mattoni si dispongono in ciascuno dei fusi componenti un padiglione, rettilinei e paralleli alla rispettiva linea d'imposta, sicché ne avviene l'unione a zig-zag, lungo gli spigoli diagonali (fig. 149).

Nelle volte a ereciera si collocano anzitutto le centine corrispondenti agli archi di imposta, e poi quelle corrispondenti ai piani verticali diagonali degli spigoli, e quelle minori centine intermedie che siano necessarie per chiocarvi sopra le tavole; nelle crociere cilindriche i filari di mattoni si dispongono, in ciascuna delle unglie, rettilinei e normali al rispettivo arco d'imposta (fig. 150).

Le volte a bacio si armano con una centina principale, che partendo da un punto qualunque dell'imposta va a quello diametralmente opposto, e con tante altre semi-centine, che dall'imposta vanno al vertice di quella principale; per le volte a vela si dispongono prima le cen-

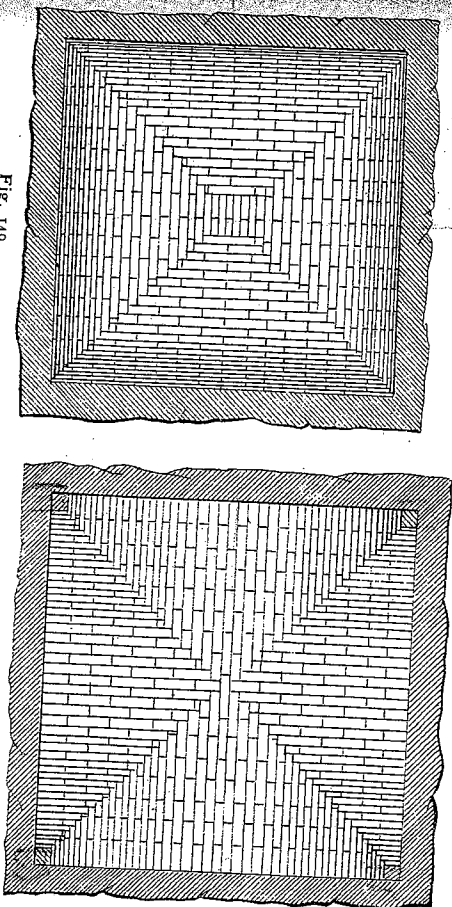


Fig. 149.

Fig. 150.

tine corrispondenti agli archi d'imposta, poi le centine nel senso diagonale, quelle che vanno dal mezzo di un arco d'imposta al mezzo dell'arco opposto, e le centinette minori che possono occorrere.

Nelle volte a bacio, ed in quelle a vela, ordinariamente si dispongono i filari di mattoni secondo i paralleli dell'intradosso, sostituendo però agli anelli centrali troppo piccoli (fig. 151) dei filari diretti con inclinazioni opposte parallelamente alle due linee mediane diagonali. Per le volte a vela è anche usata la disposizione indicata dalla fig. 152, e normali ai piani frontali degli archi di contorno, sicché questi sopportano una spinta, che viene trasmessa ai pilastri. È da notarsi che nelle volte a vela rappresenta una speciale difficoltà la esecuzione dei peducci, i quali cominciano in punta, e di necessità vanno eseguiti sino ad una certa altezza a mano, dopo che siano state collocate le centine d'imposta,

ma prima che vengano poste le rimanenti centine ed il manto, che renderebbero inaccessibile l'impоста dei peducci. Il muratore comincia il peduccio con un mattone sistemato col martello a punta, sopra questo dispone con andamento leggermente arcuato due pezzi di mattoni, e così man mano si eleva guidandosi colla curva dei due archi d'impоста e secondo la curvatura del bacino sferico, sino ad essersi portato abbastanza in fuori per sospendere l'esecuzione a mano, completare l'armatura, e costruire la volta appoggiando i filari sul manto. Sovente per maggiore comodità e solidità l'inizio dei peducci è fatto in pietra da taglio (fig. 128).

Volte laterizie di quarto.

Le volte di spessore non inferiore alla testa di mattone, comunemente dette volte *reali*, danno

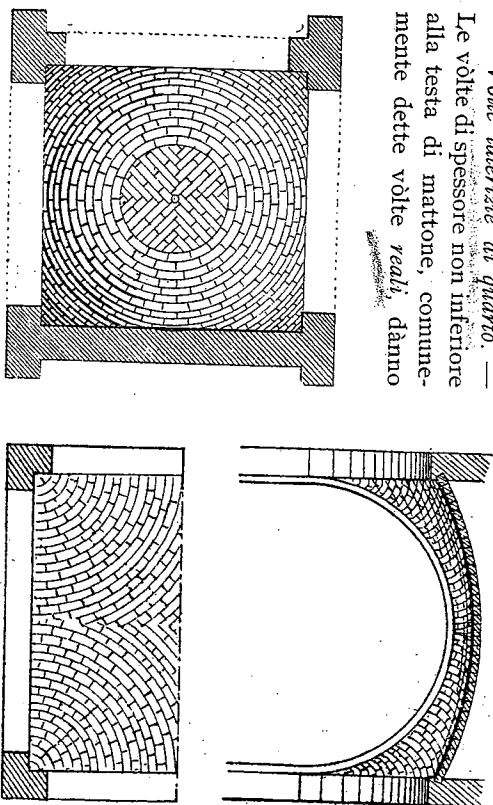


Fig. 151.

Fig. 152.

luogo nei piani fuori terra a notevoli spinte, di cui i muri si risentono tanto più quanto maggiore è l'altezza del piano sul suolo; comunemente quindi le volte di m. 0,12 impostate di m. 0,24 si usano nei sotterranei, dove la spinta è contrastata dal terreno, ovvero per coprire i portici (quando vi sono) del pianterreno, al fine di meglio isolare gli ambienti sovrastanti. Per la copertura dei piani fuori terra, quando non si ricorra alle varie specie di solai, si adottano invece oggi le volte comunemente dette *di quarto*, cioè composte di mattoni messi in piano. Queste volte sono leggere ed economiche, non danno luogo che a spinte lievi, e si possono usare con sicurezza sino ad ampiezze di m. 6-8, quando si tratti di sopracarichi di pavimenti ordinari, e la costruzione ne sia fatta a regola d'arte. Le volte di quarto si fanno d'ordinario con saette piuttosto piccole, cioè di circa $\frac{1}{5} \div \frac{1}{8}$ della corda, e di regola si impostano per

alcuni filari collo spessore di una testa; se sono piuttosto ampie, o se devono portare tramezzi, si rinforzano con archi o fascioni di una o due teste, che si costruiscono insieme alla volta, e la cui sporgenza viene poi nascosta dal pavimento, o dal muro di tramezzo sovrastante.

Nelle volte di quarto a botte, od a botte con teste di padiglione, che sono le più usate, dopo eseguiti i primi filari di una testa presso le imposte nel modo consueto, i mattoni vengono disposti sull'armatura coi giunti sfalsati, come suol dirsi, a *spina pesce* (fig. 153) posandoli a secco alla distanza di circa 1 cm. fra di loro; si versa poi al disopra della malta di calce e gesso, in quantità tale da riempire ogni inter-

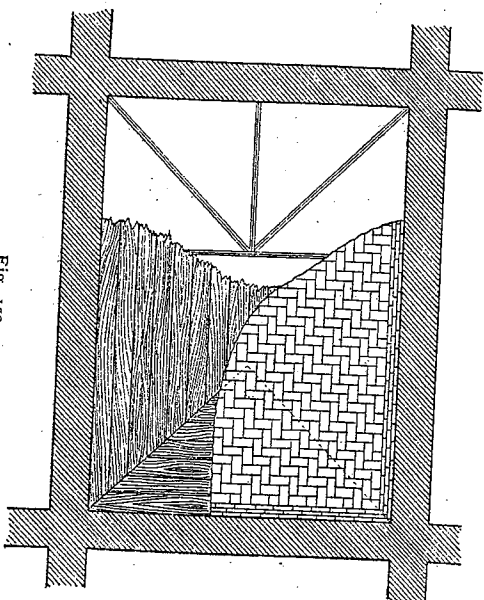


Fig. 153.

stizio fra i mattoni, e formare sull'estradosso una *capotta* di circa un centimetro di spessore. Le volte di quarto di semplice copertura, cioè senza sopracarico, si fanno con mattonetti vuoti, ad allora vengono sovente eseguite a filari successivi, anche senza armatura, col semplice sussidio di sottili centine mobili, adoperando malta mista di calce e gesso.

Volte di struttura mista. — Nelle volte a copertura di grandi vani (volte su saloni, su navate di templi, cupole, ecc.), la struttura presenta un'ossatura principale, che inquadra scomparti minori; l'ossatura è costituita da robuste *costole* o *nerature* in mattoni, o talora volta, e possono essere collegate da altre nervature trasversali; gli scomparti minori inquadrati dalle nervature sono coperti con strutture più leggere di mattoni di costa, di quarto, o di mattoni cavi speciali.

Queste grandi volte a costoloni appoggiano generalmente su pilastri *polistili*, cioè presentanti colonnine e pilastri minori di contorno, atti a offrire imposta alle singole nervature. Le architetture medioevali (la gotica specialmente) offrono mirabili esempi di tali strutture di volta in mattoni con cordonate in mattoni od in pietra da taglio. Negli edifici moderni, e specialmente per la costruzione di grandi cupole, è ora usato anche il cemento armato, con costoloni e solette.

Le grandi volte a struttura mista di mattoni e pietra da taglio, o di ferro e cemento, trovano particolare applicazione nella costruzione dei ponti (v. vol. II).

65. Disarmo delle volte. Rinfianchi, chiavi e radiciamenti. — Il disarmo delle ordinarie volte laterizie si compie, seguendo le norme già indicate per gli archi, dopo trascorso un tempo conveniente dalla loro chiusura, per effettuare, si produce il graduale uniforme abbassamento di tutta l'armatura col battere a piccoli colpi contemporaneamente prima i cunei sotto ai puntelli corti di ciascuna centina e poi quelli di appoggio, in modo da allentarli tutti leggermente; procurato un leggero ribasso di ciascuna centina, si torna da capo in un secondo tempo a ribassare centina per centina nello stesso modo. Dopo ottenuto così il distacco dell'armatura, si verifica se nella volta non siasi manifestato alcun guasto, e trascorso qualche tempo si tolgono le centine e le tavole, e si raschia la terra rimasta attaccata all'intradosso. Per volte eccedenti le ordinarie ampiezze, prima di fare il disarmo si stende sull'estradosso ben pultito, all'incontro colle pareti, una sottile striscia di calce che renda visibile qualunque distacco o fessura sia per prodursi, e si stende una funicella tangente al vertice della volta, per verificare se, ed in quale misura, si produca abbassamento.

Le volte a sesto ribassato, quali sono quelle più comunemente usate nelle fabbriche, tendono, sotto l'azione del peso proprio e del sovraccarico, ad abbassarsi nella parte centrale, aprendosi all'intradosso verso la chiave (fig. 154) ed all'estradosso verso i filari d'imposta, i quali tendono ad essere sollevati e rovesciati all'infuori insieme ai piedritti. Per contrastare a tale tendenza, e per equilibrare il carico che agisce sulla parte centrale della volta, giovano i *rinfianchi*, che si fanno riempendo, per bene con calcestruzzo di malta comune, ghiaia, e cocco, lo spazio compreso fra la volta ed il muro sopra l'imposta. Allo stesso scopo sovente si erigono sulla volta (fig. 155) dei muretti detti *speroni*, larghi m. 0,30 ÷ 0,40, e diretti normalmente ai piedritti, con lunghezza dipendente dall'ampiezza e monta della volta, in modo da raggiungere un'altezza circa i due terzi della monta; si mettono lungo i lati della volta a distanza di circa m. 2 da asse ad asse, ed agli angoli. Lo spianamento sopra le volte, necessario per posare il pavimento che non sia in legno,

si fa con rottami leggeri e calcinacci; ma quando a cagione della forte monta ed ampiezza, il peso del riempimento risultasse eccessivo, si costruiscono sulla volta dei muretti di m. 0,13 ÷ 0,25 diretti normalmente ai piedritti a guisa di speroni, e fra essi si gettano delle sottili volte di mattoni in piano, larghe circa 1 m. e con poca monta, mercè le quali si può fare lo spianamento senza sovraccaricare troppo la volta (fig. 155).

Per eliminare le spinte esercitate dalle volte, si impiegano *chiavi* in ferro analoghe a quelle per gli archi; esse vengono disposte a distanze variabili colla forma ed ampiezza della

volta, e se, come d'ordinario, non si vuole che restino in vista, si mettono al vertice della volta, appoggiandole sul manto tangenzialmente

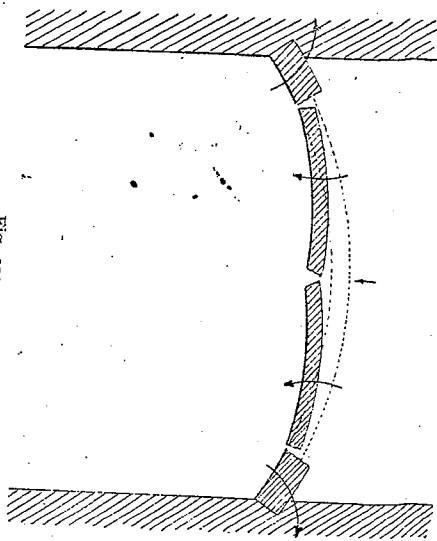


Fig. 154.

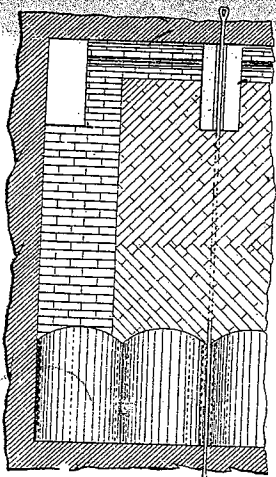


Fig. 155.

ultimata e prima di procedere al disarmo.

Oltre a queste chiavi, nelle comuni fabbriche edilizie in cui si tende a limitare la muratura allo stretto necessario, si dispongono lungo tutti i muri perimetrali ed i principali muri interni, e per ogni piano eccetto il sotterraneo, dei lunghi tiranti in ferro, detti *radici*, che terminano come le chiavi in un occhio, in cui si introduce il paletto che fa corpo colla muratura. Questi radiciamenti hanno l'ufficio di tener

ben collegate le varie parti dei muri, rendendole solidali nel contrastare alle spinte degli archi e delle volte; quindi l'altezza a cui si pongono in ciascun piano corrisponde a quella in cui prevalentemente si esercitano le spinte, e cioè poco sopra all'imposta delle volte; le teste dei tiranti coi loro paletti rimangono nascoste nella muratura in prossimità della faccia esterna. Le sbarre di ferro o lame che si adoperano hanno sezione rettangola compresa fra mm. 40×8 e mm. 60×12 ; si ottengono i radiciamenti della lunghezza necessaria unendo successive barre agli estremi con solidi sistemi di giuntura (ordinariamente con ripiegatura a dente ed anelli, fig. 35 a).

La necessità dei radiciamenti viene meno negli edifici in cui, aven-

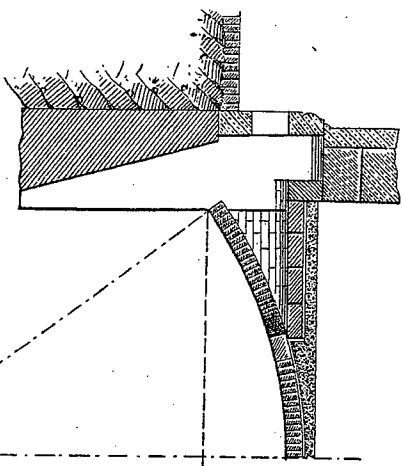


Fig. 156.

dosi i solai in luogo delle volte, e coprendosi le aperture di porta e finestre con piattabande di mattoni, non si hanno sui muri sensibili spinte, all'infuori di quelle esercitate in sommità dai legni di osatura del tetto.

66. Impiego delle volte nelle ordinarie fabbriche.

I sotterranei delle ordinarie fabbriche si ricoprono di regola con volte a botte cilindrica od a botte con teste di padiglione, le quali contrastano efficacemente alla spinta delle terre, ed offrono un solido appoggio pel paviamento del pianterreno; lo spessore di tali volte si tiene, per ampiezze ordinarie sino a m. $5 \div 6$, di una testa in chiave e due all'imposta; eccezionalmente per volte sottostanti ad androni carrozzabili, magazzini, laboratori con macchine, o per volte di notevole ampiezza, lo spessore si porta a due teste in chiave e tre all'imposta. Quando la volta a botte del sotterraneo si imposta su un muro nel cui zoccolo sono aperte finestre (fig. 156), la volta in corrispondenza del vano di finestra si arresta contro un arco di scarico, che si imposta sulle spalle della finestra stessa, ed il vano sopra l'arco viene coperto con una voltina, che si spinge sino contro la piattabanda della finestra. Del resto, in qualsiasi parte delle volte a botte si possono lasciare dei vani per dare luce al sotter-

aneo, o per dar passaggio a scale, purchè si dispongano a struttura d'arco i materiali circoscriventi il vano (fig. 157); se la volta a botte è apparecchiata coi filari paralleli agli archi di testa od alle rette d'imposta, se ne può anche sopprimere una striscia, completa o no, a pianta rettangolare (fig. 158).

I vani di fabbrica compresi fra pilastri o colonne e muri, e quindi i porticati, le logge, ecc., si coprono più particolarmente colle volte a vela ed a crociera, che hanno appunto il carattere di impostarsi su archi, invece le ordinarie stanze, le gabbie di scala, ed in genere i vani compresi fra muri contigui si coprono con volte a padiglione, od assai più comunemente a botte con teste di padiglione; in queste volte, occorrendo, si introducono delle lunette.

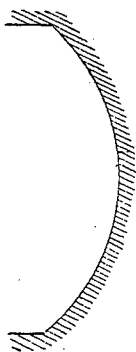


Fig. 157.

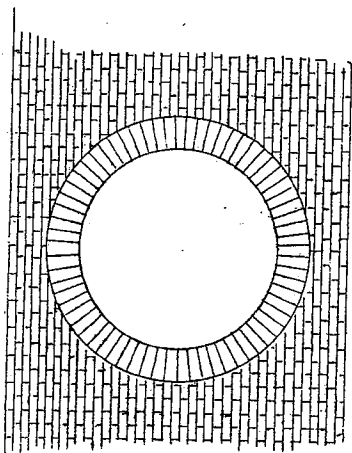


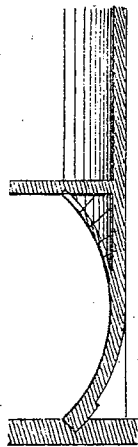
Fig. 158.

Volte laterizie di una testa, o talora di quarto, a botte, rampanti, od a collo d'oca, vengono pure usate nelle ordinarie fabbriche per sostegno delle rampe di scale e dei pianerottoli (vedi capitolo Scale).

Talora accade che si debba scomporre in due parti con un mezzo una stanza coperta da volta a padiglione, od a botte con teste di padiglione; in tal caso è necessario fare al disotto della volta delle finte teste di padiglione, in modo da rendere regolare rispetto a ciascuno dei due ambienti la forma d'intradosso. La finta testa viene fatta con mattonetti cavi, che si mettono in opera con malta di gesso, disponendo il primo filare di mattonetti in piano entro un'intaccatura praticata nel muro in corrispondenza della linea d'imposta, e mettendo a posto in

seguito i filari successivi, sorretti con fili di ferro tesi fra chiodi assicurati alla volta sovrastante; eseguita la finta testa di volta, si coprono col l'intonaco i fili o tirantini, e si correggono le imperfezioni dell'unione fra essa e la volta effettiva (fig. 159).

67. *Misura delle volte.* — Nella misura della superficie e del volume delle volte si sacrifica talora la rigorosa esattezza, che per talune forme



di volte importerebbe calcoli laboriosi, alla speditezza della determinazione, che si raggiunge con metodi e formule abbastanza semplici, e pur conducenti a valori sufficientemente approssimati per la pratica.

Lasciando ai trattati speciali di *volumetria* la trattazione rigorosa e completa dell'argomento, ci limitiamo a riportare in questo paragrafo quelle formule, o quelle regole, esatte od approssimate, che praticamente trovano più frequente applicazione.

Fig. 159.

Volte a botte cilindrica.

— La superficie S di intradosso si ottiene moltiplicando lo sviluppo s d'intradosso dell'arco di sezione retta, per la lunghezza della volta. Il volume V si ottiene moltiplicando lo sviluppo dell'arco medio fra l'intradosso e l'estradosso, per la lunghezza della volta e per lo spessore medio.

Se la volta è circolare a tutto sesto, di diametro c , si ha:

$$s = \frac{\pi c}{2} = 1,571 \cdot c$$

Se la volta è circolare a sesto scemo di corda c e saetta f si ha:

$$s = k \cdot c$$

dove k è un coefficiente il cui valore, variabile col rapporto $\frac{f}{c}$ è dato dalla seguente tabella:

VALORI DI k , PER ARCO CIRCOLARE DI CORDA c SAETTA f .

$\frac{f}{c}$	K	$\frac{f}{c}$	K	$\frac{f}{c}$	K	$\frac{f}{c}$	K	$\frac{f}{c}$	K	$\frac{f}{c}$	K
0,100	1,026	0,170	1,075	0,240	1,147	0,310	1,239	0,380	1,349	0,450	1,474
105	029	175	079	245	153	315	246	385	357	455	483
110	032	180	084	250	159	320	254	390	366	460	493
115	035	185	089	255	165	325	261	395	374	465	502
120	038	190	094	260	171	330	269	400	383	470	512
125	041	195	098	265	178	335	277	405	392	475	522
130	044	200	103	270	184	340	284	410	401	480	531
135	048	205	108	275	191	345	292	415	410	485	541
140	051	210	114	280	197	350	300	420	419	490	551
145	055	215	119	285	204	355	308	425	428	495	561
150	059	220	124	290	211	360	316	430	437	500	571
155	063	225	130	295	218	365	324	435	446	—	—
160	067	230	136	300	225	370	332	440	455	—	—
165	071	235	141	305	232	375	341	445	464	—	—

Se la volta è semielittica (corda c , asse maggiore, monta f semiasse minore) si ha approssimativamente:

$$s = c - \frac{1}{7}c + \frac{10}{7}f$$

e con più precisione:

$$s = k_1 c$$

dove k_1 è un coefficiente il cui valore, variabile col rapporto $\frac{f}{c}$, è dato dalla seguente tabella:

VALORI DI k_1 PER SEMIELLISSE DI ASSE MAGGIORE c , E SEMIASSE MINORE f .

$\frac{f}{c}$	K_1	$\frac{f}{c}$	K_1	$\frac{f}{c}$	K_1	$\frac{f}{c}$	K_1	$\frac{f}{c}$	K_1	$\frac{f}{c}$	K_1
0,100	1,051	0,170	1,118	0,240	1,199	0,310	1,290	0,380	1,389	0,450	1,493
110	060	180	129	250	212	320	303	390	404	460	508
120	069	190	140	260	224	330	317	400	418	470	524
130	078	200	151	270	237	340	331	410	432	480	540
140	087	210	162	280	250	350	345	420	447	490	555
150	097	220	174	290	263	360	359	430	462	500	571
160	107	230	186	300	276	370	374	440	478	—	—

Esempio: Se

$$c = \text{m. } 4, \quad f = \text{m. } 1, \quad \text{è } \frac{f}{c} = 0,250, \quad k_1 = 1,212,$$

$s = 4 \times 1,212 = \text{m. } 4,848$; e colla formola approssimata:

$$s = 4 - \frac{1}{7} \times 4 + \frac{10}{7} = \text{m. } 4,857.$$

Nelle volte oblique si può ricavare praticamente lo sviluppo della sezione retta da quello dell'arco di testa, moltiplicandolo per il rapporto fra la corda dell'arco di sezione retta e quella dell'arco di testa.

Volta sferica. — Nella volta sferica a tutto sesto, se R ed r sono i raggi dell'estradosso, si ha:

$$S = 2 \pi r^2 = 6,283 r^2; \quad V = \frac{2}{3} \pi (R^3 - r^3) = 2,094 (R^3 - r^3).$$

In quella a sesto scemo (R ed r come sopra, f monta) si ha:

$$S = 2 \pi r f = 6,283 r f; \quad V = 2,094 \frac{f}{r} (R^3 - r^3)$$

oppure anche, se c è la semicorda, cioè il raggio della pianta coperta, si ha:

$$r = \frac{c^2 + f^2}{2f}, \quad \text{ed} \quad S = 2 \pi \frac{(c^2 + f^2)}{2f} f = 3,14 (c^2 + f^2).$$

Per la volta sferica tronca, si sottrae dalla volta supposta intera la parte tronca, considerata come una volta sferica a sesto scemo.

Volte a vela. — In quelle sferiche a tutto sesto, se r è il raggio, a il lato del poligono regolare di base, si ha:

per base quadrata	$S = 1,30 a^2$
» » esagona	$S = 3,76 a^2$
» » ottagonale	$S = 7,46 a^2$
» » decagonale	$S = 12,42 a^2$

Ovvero, se la base è rettangola di lati a e b si ha:

$$S = 3,14 r (a + b - 2 r).$$

Nelle volte a vela sferica a sesto scemo (r raggio, f monta), per base quadrata o rettangola di area A , si ha:

$$S = A (1 + 0,301 \frac{f}{r}).$$

Si ottiene anche con approssimazione pratica la superficie di una volta a vela sferica od ellittica su pianta rettangola, moltiplicando tra loro gli sviluppi di due sezioni rette della volta, fatte parallelamente a due lati contigui di imposta, ad $\frac{1}{4}$ della distanza da questi al centro della volta.

Volte a padiglione. — Se la volta è composta di fusi cilindrici circolari a tutto sesto, e sono a il lato, l l'apotema del poligono di base, e quindi anche la monta della volta, n il numero dei lati, s ed S rispettivamente la superficie d'intradosso di un fuso e della volta, si ha:

$$s = al; \quad S = nal,$$

cioè la superficie S è il doppio dell'area della base.

Se la volta è composta di fusi cilindrici circolari a sesto scemo (a , l , n , come sopra, f monta < di l) si ha:

$$s = \frac{al}{2} \times \frac{l^2 + f^2}{l^2}; \quad S = \frac{n al}{2} \left(1 + \frac{f^2}{l^2} \right).$$

Come casi particolari ha:

$$\text{Per base quadrata } \left(n = 4, \quad l = \frac{a}{2} \right); \quad S = a^2 + 4 f^2$$

$$\text{per base rettangola di lati } a, b; \quad S = ab + 2 f^2 \frac{a^2 + b^2}{ab}.$$

Con una certa approssimazione in tutti i casi, S si può anche ottenere moltiplicando il perimetro della base per la metà della monta, ed aggiungendo al prodotto la superficie dell'area coperta.

Volte a crociera. — La superficie s di un'unglia di crociera clin-dica circolare a tutto sesto, di raggio r e lunghezza l , è data da: $s = 1,14 r l$. Per una volta a crociera a tutto sesto su pianta quadrata di lato a ($r = l = \frac{a}{2}$) si ha quindi: $S = 1,14 a^2$; se la volta è rialzata di h sulla chiave degli archi d'imposta si ha:

$$S = 1,14 a \sqrt{a^2 + 4 h^2}.$$

Approssimativamente, la superficie di un'unglia di crociera in generale si ottiene moltiplicando la corda dell'unglia aumentata dei $\frac{2}{3}$ della monta, per la metà della lunghezza dell'unglia; e la superficie di una volta a crociera su pianta rettangola, si ottiene moltiplicando tra loro i due lati contigui del rettangolo, aumentati di $\frac{1}{6}$ della monta della volta.

Il volume V delle volte si ottiene in tutti i casi approssimativamente moltiplicando la superficie S per lo spessore medio della volta.

IV.

SOLAI.

68. *Nozioni generali.* — Si chiamano *solai* le strutture che servono in luogo delle volte a coprire le stanze, ed a portare pavimento e soffitto. I solai a differenza delle volte non producono spinte contro i muri, ed occupano minore spazio nel senso dell'altezza; le volte comuni di fabbrica per contro sono talora di costruzione più spedita, ed anche meno costosa, ed isolano meglio gli ambienti inferiori dai superiori, dalle condizioni e consuetudini locali dipende la scelta fra le due strutture.

Le strutture di solaio sono assai svariate, a seconda dei materiali di cui sono costituite, dell'ampiezza, e dell'entità dei carichi cui devono resistere. Per la chiarezza della trattazione, giova distinguere anzitutto due categorie di solai: i *solai ordinari*, che presentano una ossatura di travi in legno od in ferro, completata con legno o con volte laterizie; i *solai in cemento armato*, che sono composti di calcestruzzo cementizio irrobustito da un'armatura metallica.

I solai ordinari in legno sono più leggeri, e di facile allestimento; un tempo erano molto usati, ma ora, per l'accresciuto costo del legname e la resistenza e la durata scarse in confronto agli altri solai, lo sono assai meno. I solai ordinari in ferro presentano maggior resistenza e durata, minor pericolo d'incendio, e permettono di limitare l'altezza dell'impalcatura, con economia di spazio nel senso verticale. I solai in cemento armato sono, più rigidi, hanno resistenza superiore ancora a quella dei più robusti solai in ferro, ed offrono resistenza ancora maggiore al fuoco; essi vanno ognora più diffondendosi, specialmente nei grandi fabbricati civili ed industriali.

A seconda che, in relazione alle dimensioni dell'ambiente, l'ossatura di un solaio ordinario si compone di soli *travicelli*, ovvero presenta travi principali e travicelli a questi appoggiati, il solaio si dice *semplice* o *composto*. A questa distinzione corrisponde quella dei solai in cemento armato a *soletta semplice* ovvero a *soletta con nervature*.

SOLAI ORDINARI.

69. *Struttura dei solai in legno. Solai semplici.* — I solai in legno *semplici* si adoperano in generale per ambienti la cui larghezza non superi i m. 4-5; sono costituiti nella loro ossatura da legnami di sezione *rettangolare* disposti orizzontalmente e normalmente alle pareti, nel senso della minor dimensione dell'ambiente, e col lato maggiore verticale. I legni che usualmente si adoperano sono *travicelli*, aventi sezione con base uguale a circa $\frac{5}{8}$, dell'altezza (v. par. 30), e dimensioni comprese circa fra cm. 9 x 12 e 12 x 18, ovvero *panconi*, aventi sezione con base ristretta, compresa d'ordinario fra cm. 5 e cm. 8, ed altezza tre o quattro volte maggiore della base; i panconi per la minor saggina d'inflessione conferiscono al solaio maggiore rigidità. D'ordinario si dispongono i travicelli od i panconi a distanza di m. 0,40-0,50 da asse ad asse, incastrandoli nei muri per circa 10 cm., e su di essi si inchiodano tavole di 20-30 mm. di spessore, che completano l'impalcatura; la lunghezza delle tavole viene regolata colla distanza dei travicelli, in modo che le loro estremità risultino sul mezzo di questi, e le unioni si alternino su file diverse di travicelli; per la chiodatura delle tavole è necessario far correre i travicelli anche lungo ciascuno dei due muri laterali. Talora per locali secondari o rustici, si sopprime il tavolato, e si pone direttamente sui travicelli, tenuti a distanza di circa m. 0,30, un semplice o doppio strato di pianelle. Se l'appoggio di un travicello viene a cadere in corrispondenza di una canna da camino od altro vano del muro, il travicello si appoggia invece su una traversa di legno, unita con tagli d'unione e fasciature ai due travicelli vicini.

Solai composti. — Si adottano d'ordinario quando la dimensione minore dell'ambiente da coprire supera quella di m. 4-5 sopra indicata, od in genere ogni qualvolta i travicelli di cui si può disporre non abbiano lunghezza o sezione sufficiente, per costituire da soli l'ossatura del solaio. Si dispongono allora nel senso della dimensione minore dell'ambiente delle travi principali dette *maestre*, in modo da scompartire questo in diverse *campate* generalmente eguali, e su queste travi si appoggiano i travicelli, disposti in ciascuna campata come se si trattasse di un solaio semplice. La figura 160 dà la pianta di un solaio composto, mostrando la trave maestra, i travicelli coi particolari dell'appoggio in corrispondenza di un vano da camino, l'impalcatura di tavole, semplicemente accostate, od unite a metà legno, e porzione del sovrastante pavimento col suo letto di malta. La distanza da asse ad asse delle travi

Maestre è in generale compresa fra m. 3 e 4; la loro portata ordinaria varia da m. 4 a 6, l'appoggio sui muri è non minore di m. 0,25, le dette travi si fanno preferibilmente di legno forte, adoperando larice, quercia, castagno, ecc. Talora a ciascun estremo di un trave maestro (fig. 161) si fissa una spranga di ferro terminante in un occhio, nel quale si fa passare un paletto pure di ferro; questo si incastra nel muro e serve da capochiave, e la trave funziona così come un tirante di collegamento dei muri su cui si appoggia. Talora anche, si sottopone al trave in corrispondenza dell'appoggio una pietra spianata, che serve a ripartire la pressione in

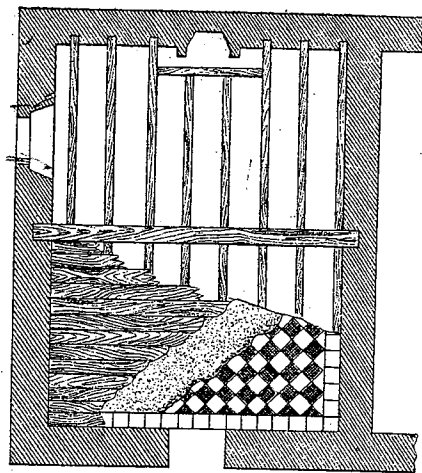


Fig. 160.

modo uniforme su una superficie più estesa. Devesi evitare che l'appoggio di travi maestre risulti in corrispondenza di aperture di porte o finestre; e quando

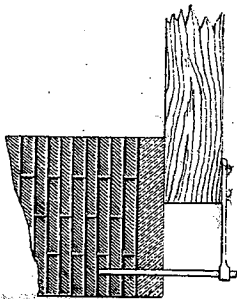


Fig. 161.

cio non possa evitarsi, si deve rendere il sopraciglio dell'apertura robusto, costituendo sulla piattabanda un arco di scarico.

Spesso i travicelli appoggiano direttamente colle loro teste sulla faccia superiore delle travi maestre, occupandone la larghezza per metà, oppure anche interamente, secondochè essi sono disposti cogli assi in corrispondenza, oppure sfalsati. Se tale disposizione rende troppo alta l'impalcatura, è preferibile fare l'attacco dei travicelli in modo che la loro faccia superiore sia nello stesso piano con quella del trave; allora si appoggiano i travicelli su *gusconi* o *cossoni* in legno assicurati con chiodi o con reggie di ferro ai fianchi del trave (fig. 162 a), ovvero su ferri d'angolo; questi ultimi sono specialmente usati quando, avendosi travicelli piuttosto alti rispetto al trave, ovvero panconi, non vi è spazio per sottoporre loro gusconi in legno di sufficiente grossezza (fig. 162 b).

70. Struttura dei solai in ferro. *Solai in ferro e legno.* — Sono costituiti da travi in ferro a I, che si dispongono ordinariamente alla

distanza di m. 2 ÷ 2,50 da asse ad asse, con impostatura nei muri di circa m. 0,25, e da travicelli in legno o panconi che si appoggiano nor-

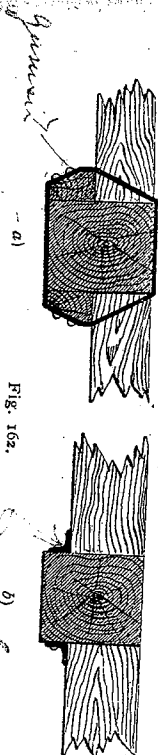


Fig. 162.

malmente ai ferri, alla distanza di m. 0,40 ÷ 0,50 da asse ad asse. Quando si impiegano travicelli di altezza alquanto minore del trave in ferro che li sostiene, si forma loro un appoggio conveniente per mezzo di due correnti in legno posti sulle ali inferiori del trave, ed a questo assicurati con bulloni, in modo che il travicello sia stretto fra il corrente e l'ala superiore del ferro (fig. 163 a); quando si impiegano invece panconi di altezza eguale a quella del trave, si dispongono questi in modo che all'appoggio risultino stretti fra le due ali, intagliandone se occorre opportunamente le estremità, e se ne assicura l'immobilità e verticalità per mezzo di legni o sbadacchi, che si fanno correre lungo l'anima del ferro dall'uno all'altro pancone, chiudandone le estremità (fig. 163 b).

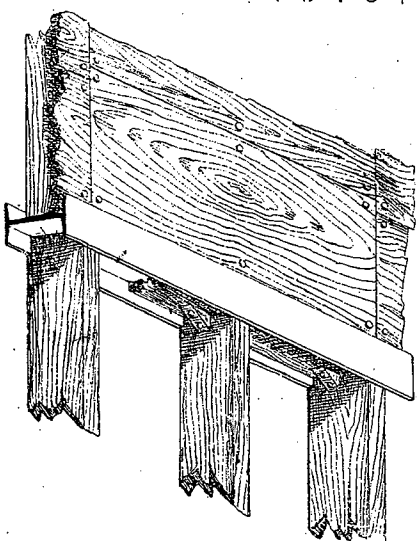


Fig. 163.

Sui travicelli o panconi così disposti si chiudono le tavole, come nelle impalcature di legno; talora, per comodità di posa del pavimento, si fa in modo che i panconi o travicelli, opportunamente intagliati agli estremi, sormontino di alquanto colla loro faccia superiore le ali dei ferri, e lungo queste si dispongono dei listelli in legno, che riempiono i vani fra i successivi panconi.

Solai in ferro con voltine. — I travicelli a **I** si dispongono a distanza d'ordinario compresa fra m. 0,90 ÷ 1,10 da asse ad asse. Le voltine sono cilindriche con monta assai piccola, non superiore in genere ad $\frac{1}{15} \div \frac{1}{20}$ della corda, e si fanno in mattoni pieni o cavi. I mattoni vengono assesi in filari diretti come le curve direttrici o come le generatrici orizzontali della voltina, e si mettono in opera col sussidio di un semplice tamburo di legno, che si appende alle ali dei ferri, e si fa correre lungo queste, man mano che si costruisce la voltina; i travicelli vengono talora collegati fra loro con tirantini di ferro, e ad ogni modo la costruzione delle voltine affiancate è fatta progredire ugualmente, in modo da

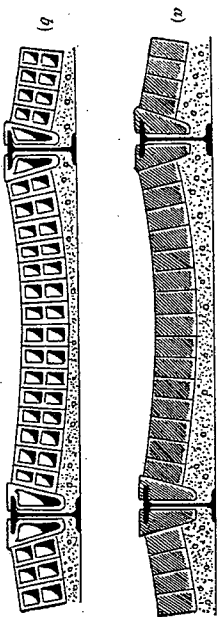


Fig. 164.

assoggettare i ferri a spinte e controspinte eguali, che si elidano. Le figure 164 a e b rappresentano due impalcature di ferro con voltine di una testa, fatte l'una (a) con mattoni pieni, e l'altra (b) con mattoni cavi.

Col diffondersi di questi tipi di solai è divenuto assai comune l'uso di speciali laterizi cavi, coi quali si costruiscono rapidamente delle voltine leggere ad intradosso piano (fig. 165); il solaio offre così una superficie inferiore piana di effetto assai migliore di quella risultante dalla successione delle voltine curve. In ogni caso è necessario che l'ala



Fig. 165.

di ciascun ferro sia inferiormente coperta dal laterizio d'imposta della voltina, perchè altrimenti l'intonaco con cui si riveste la faccia inferiore del solaio male aderirebbe al ferro, e ne resterebbe macchiato di un colore giallo-rossiccio; perciò i due pezzi d'imposta di ciascuna voltina sono foggianti a dente (come risulta dalle figure) e si dicono *coppilferri*, essi servono anche a preservare il ferro dalla ruggine.

Sulle ordinarie stanze d'abitazione, e specialmente se il pavimento in legno per mezzo del radiciamento di correntini trasmette direttamente alle travi in ferro il sopracarico, talora si impongono tra i ferri delle semplici voltine di quarto (fig. 166), fatte con mattonetti pieni o cavi messi di piatto, e malta di calce e gesso; queste voltine, come quelle a piattabanda sopra indicate, si costruiscono generalmente ad anelli



Fig. 166.

successivi, facendo semplicemente correre man mano al disotto dei ferri una piccola centina. Ogni qualvolta i ferri sporgano al disopra delle voltine, si fa il necessario riempimento superiore con rottami leggeri, o meglio con polvere di carbone.

È pure utilmente usata oggidì la struttura di piattabanda e soffitto ottenuta con *tavelloni cavi speciali*. Come appare dalla figura 167, tale



Fig. 167.

struttura è costituita: di speciali laterizi copriferri addossati lateralmente ai ferri a **I**; di tavelloni piani cavi che d'un sol pezzo si impongono tra due copriferri successivi, costituendo la piattabanda superiore; di corrispondenti tavelloni sottili che pure di un sol pezzo appoggiano sui due copriferri stessi, costituendo il soffitto piano inferiore.

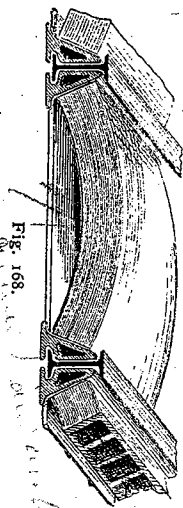


Fig. 168.

Con tale sistema si ha una struttura leggera e resistente, è evitato ogni riempimento, e si ottiene tra pavimento e soffitto una camera d'aria isolante in riguardo al calore ed ai rumori. Affatto analoga è la struttura indicata dalla fig. 168, salvochè i tavelloni superiori sono curvi. Cui suddetti tipi di laterizi la distanza da asse ad asse dei ferri varia da m. 0,60 ad 1,00.

Quando la minor dimensione del locale supera i m. 6-8, conviene disporre delle travi maestre a **I**, in modo da suddividere l'ambiente in diverse campate, ciascuna delle quali si copre poi come se si trattasse di un solaio semplice. Le unioni dei travicelli in ferro colla trave maestra, si fanno appoggiando i travicelli col loro estremo sull'ala inferiore della trave, e assicurandoli all'anima della medesima con squadre di ferro (fig. 169 a); talora può essere utile di applicare i travicelli più

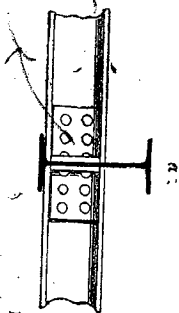
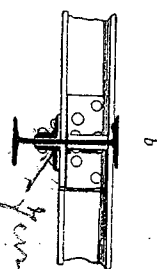


Fig. 169.



in alto, appoggiandoli su ferri d'angolo chiodati all'anima del trave, e unendoli a questa con squadre (fig. 169 b).

71. Solai in ferro di grande portata. — Per coprire ambienti di grandi dimensioni, quali si riscontrano specialmente negli edifici pubblici, o nelle fabbriche di carattere industriale o commerciale, occorrono travi maestre di grande portata capaci di reggere a forte carico; a tale uso non possono essere adoperati i ferri laminati a **I**, poichè questi non sono forniti dalle ferriere con dimensioni superiori a certi limiti, e con essi d'altra parte il solaio risulterebbe di altezza eccessiva. Si adottano quindi in sostituzione le travi in ferro *composte*; esse possono essere costituite di due travi a **I** accostate e riunite fra loro con lamiere chiodate alle ali (fig. 170 a), ovvero di due travi a **I** collegate con tiranti e bulloni, nel qual caso sovente lo spazio fra esse compreso

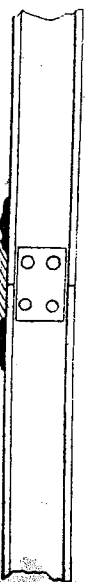
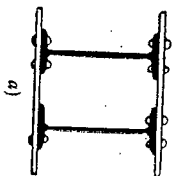


Fig. 170.

viene riempito di muratura comune o di calcestruzzo (figura 170 b); per le strutture più robuste, si adottano travi a **I** composto, o travi tubolari, formate di lamiere verticali, lamiere orizzontali e ferri d'angolo (fig. 42 e 43).

Con speciale cura va sistemato l'appoggio di queste travi maestre in ferro, che trasmettono sovente pressioni assai rilevanti; si fanno

perciò entrare le travi di almeno 50 cm. nel muro, e si fa in modo che la pressione sia ripartita uniformemente su ampia superficie, sottoponendo in corrispondenza dell'appoggio un lastrone di pietra, sufficientemente largo perchè la trave non ne occupi che una porzione centrale.

Travi a sostegni intermedi. Colonne di ghisa. — Quando per l'entità della portata e dei carichi, le travi in ferro semplicemente appoggiate agli estremi richiederebbero dimensioni eccessive, conviene appoggiarle anche su sostegni intermedi, che ordinariamente si tengono ugualmente distanti fra loro e dagli estremi.

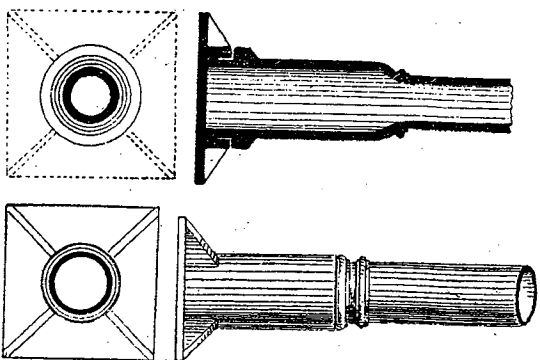


Fig. 171.

I sostegni sono comunemente costituiti da colonne di ghisa cave, le quali a parità di sezione resistente trasversale sono molto più robuste che non le piene, poichè trattandosi di lunghi solidi verticali caricati in sommità, conviene che il diametro sia non troppo piccolo rispetto all'altezza. Le colonne in ghisa (fig. 171 a e b), sono cilindriche, o talora leggermente rastremate in sommità, terminano in alto con un capitello più o meno ornato, ed in basso con una larga piastra rinforzata da costole, che si assicura stabilmente sulla muratura di fondazione. Se le colonne hanno dimensioni notevoli, si fondono a parte la piastra inferiore e gli ornati del capitello e della base, che vengono poi riportati sulla colonna; la colonna si incastra allora nella piastra con apposta appendice. Talora, invece che nella piastra, si incastra la colonna direttamente entro un foro circolare scavato nel masso di fondazione (fig. 172), e si riempiono gli interstizi con piombo fuso o con cemento.

Sulla *tavola* che termina superiormente il capitello, si appoggiano le travi, in modo che il carico venga impostato il più centralmente possibile; se una colonna di ghisa deve collegarsi con altra colonna superiore, come accade quando i solai dei diversi piani dell'edificio sono portati da colonne sovrapposte, il fusto si prolunga al di sopra del capitello, e nel prolungamento si incastra la base della colonna superiore; al prolungamento stesso si assicurano le opposte travi che appoggiano sulla tavola del capitello mediante una coppia di squadre piegate a **U**, che abbracciano la colonna e si chiodano colle due ali estreme all'anima

(— kg. 11.000), e la somma delle reazioni sui 4 appoggi uguaglia il carico totale (kg. 30.000).

La verifica di stabilità al taglio per la trave considerata va quindi fatta in base allo sforzo tagliante massimo $T = \text{kg. } 6000$. Anche considerando resistente al taglio la sola anima rettangolare del trave, con altezza di millimetri $250 - 2 \times 19 = \text{mm. } 212$, e larghezza di mm. 12, si ha (v. pag. 188):

$$\sigma = \frac{3}{2} \frac{T}{b h} = \frac{3}{2} \frac{6000}{212 \times 12} = 3,5 \text{ kg. per mm}^2,$$

sicché si ha stabilità esuberante.

Passando al calcolo delle colonne, la pressione che ciascuna di esse sopporta è:

$$R_1 = R_2 = 1,1 \times 10.000 = 110 \text{ quintali.}$$

La colonna essendo caricata di punta, si adatterà pel calcolo la formula:

$$P = \frac{A K}{n},$$

essendo n il coefficiente di riduzione dato dalla tabella a pag. 177.

Si attribuisca alla colonna in via di prova il diametro esterno di cm. 20, e lo spessore di cm. 2; ritenendo come lunghezza libera di flessione la lunghezza totale 5 m. della colonna (considerata quindi come articolata agli estremi, caso b dei solidi caricati di punta) il rapporto $\frac{l}{a}$ fra la lunghezza

ed il diametro è $\frac{5}{0,20} = 25$; dalla tabella si ricava:

$$\text{per } \frac{l}{a} = 20 \quad n = 4,12 \quad , \quad \text{e per } \frac{l}{a} = 30 \quad n = 8,$$

sicché per interpolazione potrebbe adottarsi $n = \frac{8+4}{2} = 6$.

Del resto, si può calcolare n direttamente colla formula di Rankine (pag. 176):

$$n = 1 + a \frac{p A}{I},$$

dove a è per la guisa 0,0008. Allora, poiché la colonna ha il diametro esterno di cm. 20 ed il diametro interno di cm. 16, si ha (riferendo tutto al cm.):

$$A = \text{cm}^2 \ 314,16 - \text{cm}^2 \ 201,06 = \text{cm}^2 \ 113,1;$$

$$I = 0,049 (20^4 - 16^4) = 0,049 \times 94464 = 4628;$$

sicché:

$$n = 1 + 0,0008 \frac{250.000 \times 113,1}{4628} = 1 + 8 \frac{2827}{4628} = 5,9$$

con valore poco diverso dal precedente.

Ritenendo per la ghisa:

$$K = 600 \text{ kg. per cm}^2, \text{ ed } n = 6,$$

risulta:

$$K_1 = 100 \text{ kg. per cm}^2;$$

la colonna in esame può dunque sopportare kg. $100 \times 113,1 = \text{q.li } 113$, valore pochissimo diverso dal valore di P ; è dunque da adottarsi per le colonne la sezione di cm. 20 di diametro esterno, e 20 mm. di spessore.

Se si riguarda la colonna come semi-incastata agli estremi, e si adotta quindi come lunghezza libera di flessione $l_1 = \frac{3}{4} l = 375 \text{ cm.}$ risulta:

$$n = 1 + 0,0008 \frac{140.625 \times 113,1}{4628} = 3,7,$$

sicché $K_1 = \frac{600}{3,7} = 162 \text{ kg. per cm}^2$, cioè la colonna potrebbe in tale ipotesi sopportare kg. $162 \times 113,1 = \text{q.li } 183$.

Applicando la formula di Euler, pel caso della colonna semplicemente articolata agli estremi, si avrebbe (sempre riferendo al cm.):

$$P = \frac{1}{8} \frac{\pi^2 E I}{l^2} = \frac{1}{8} \times 3,14^2 \times \frac{20000.00 \times 4628}{250000} = \text{kg. } 23.000 = \text{q.li } 230$$

(cifra tonda),

sicché la sezione della colonna appare stabilita con criteri prudentissimi.

SOLAI IN CEMENTO ARMATO.

73. Solai a soletta semplice. — Essi sono semplicemente costituiti da una lastra rettangola di calcestruzzo cementizio, munita di armatura metallica variamente disposta.

Nella soletta tipo *Monier* (fig. 174), che fu la prima ad entrare nell'uso pratico, l'armatura posta in prossimità della faccia che per la

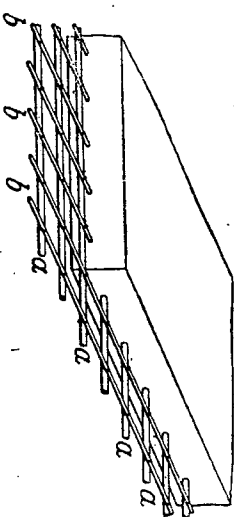


Fig. 174.

flessione risulta tesa consiste in una rete a maglie quadrate, formata di due sistemi di barre tonde o quadre di piccolo spessore. Il sistema inferiore, più robusto, comprende le barre di resistenza (a), che ven-

gono disposte nel senso della portata della lastra, hanno dimensioni dipendenti dalla portata e dal carico, e scartamento compreso tra 5 e 10 cm. Il sistema superiore comprende le *barre di ripartizione* (*b*), le quali hanno lo scopo di ripartire i carichi sulle barre sottostanti, di tenere queste alle distanze fissate, e di impedire lo scorrimento fra il conglomerato ed il ferro; esse hanno diametro di 3 a 6 mm. In alcuni punti d'intersezione i due sistemi sono legati insieme.

Diversi costruttori introdussero modificazioni varie in questo tipo fondamentale di soletta armata, e fra i tipi derivati è ormai generalmente diffusa la soletta *Hennebique*. Questa soletta, rappresentata in pianta e sezione longitudinale dalla fig. 175, è costituita di una lastra di conglomerato, entro la quale sono immersi a circa 2 cm. dalla faccia

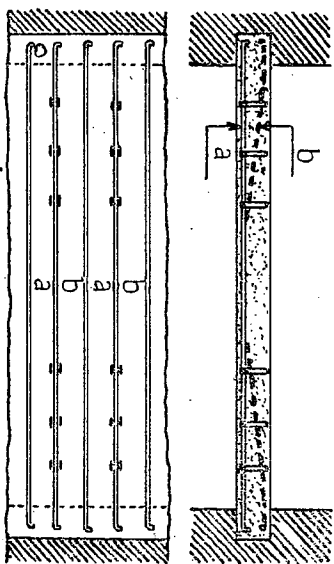


Fig. 175.

inferiore dei tondini di ferro omogeneo disposti paralleli fra di loro, allo stesso livello, e ad eguali intervalli. Poiché le solette messe in opera nei solai risultano incastrate o semi-incastrate agli estremi, ed in corrispondenza di questi quindi l'inflessione dà luogo a sforzi di tensione nella parte superiore, così i tondini sono alternativamente, gli uni (*a*) dritti per tutta la loro lunghezza, e gli altri (*b*) ripiegati al di là della parte centrale verso l'alto, in modo da risultare negli incastri prossimi alla faccia superiore della lastra. Allo scopo di collegare bene l'ossatura metallica colla massa di conglomerati, e di resistere allo sforzo tagliante, si hanno inoltre delle *staffe* di ferro piatto, di 2 mm. di spessore e 15 ÷ 20 mm. di larghezza, le quali abbracciano per disotto le barre dritte, e si protraggono verticalmente colle due braccia sin verso la faccia superiore, ivi terminando con due leggere ripiegature; poiché

generalmente gli sforzi taglianti decrescono dall'estremità verso il mezzo della portata, le staffe sono disposte ad intervalli crescenti verso il mezzo. Lo spessore della soletta è più comunemente compreso fra 8 e 15 cm., i tondini hanno diametri da 8 a 16 mm., e se ne collocano ordinariamente da 4 sino a 10 per metro di larghezza della soletta, preferendosi i diametri minori con piccoli intervalli.

Le solette appoggiano ai muri per un tratto di 15 ÷ 20 cm.; se più ambienti contigui sono coperti allo stesso livello, si ha un unico *orizzontamento*, protrandosi la soletta al disopra dei muri divisorii. L'uso della soletta semplice come struttura portante di solaio non è conveniente per vani di larghezza superiore ai m. 3,50 ÷ 4, mentre i solai in cemento armato si usano generalmente per larghezze superiori.

74. Solai a soletta e nervature. — Se nella lastra *Monier* si innalgiano abbassate la barre di resistenza, restando al loro posto le barre di ripartizione, si ha il tipo più semplice di solaio a soletta e nervature (fig. 176).

A questo tipo si riferisce il solaio *Hennebique*; esso è appunto composto di soletta armata inferiormente, e di molteplici nervature superiori.

genti al disotto, ciascuna delle quali è armata in modo analogo alla soletta, colla differenza però che barra dritta e barra piegata, invece di essere alternate, sono accoppiate l'una sull'altra nel medesimo piano verticale. Le barre dritte sono poste a 2 ÷ 3 cm. dalla faccia inferiore della nervatura; le altre sono collocate immediatamente al disopra delle dritte, corrono parallelamente a queste per un tratto centrale (generalmente circa per $\frac{1}{3}$ della portata), e poi si inclinano verso l'alto. Secondo la resistenza necessaria, ciascuna nervatura presenta una o più di queste coppie di barre; quando vi sono più coppie di barre, l'inizio della ripiegatura delle barre superiori viene fatto in sezioni diverse da una coppia all'altra.

La fig. 177 rappresenta in prospetto laterale e sezione trasversale mediana una nervatura *Hennebique*, con annessa porzione di soletta, ed il prospetto è quale si presenta in prossimità di un'estremità, e quindi colle barre superiori già piegate al massimo verso l'alto; come già fu notato, l'armatura della soletta è normale a quella delle nervature, e corre al disopra di queste per più di una campata, sicché soletta e nervature vengono a formare come un tutto monolitico egualmente interessato nelle varie sue parti alla resistenza a flessione.

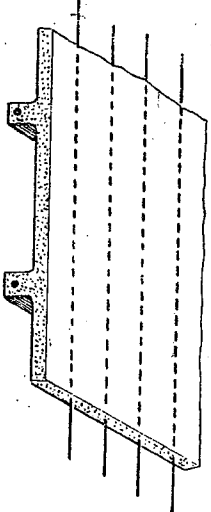


Fig. 176.

Le nervature hanno sezione rettangola a spigoli smussati, hanno altezza compresa fra $\frac{1}{15}$ ed $\frac{1}{20}$ della portata, e larghezza non minore di cm. 15; sono parallele alla dimensione minore dell'ambiente, e non distano di solito più di m. 3 ÷ 3,50 da asse ad asse; se le nervature sono di una certa importanza, sovente in corrispondenza dei relativi appoggi i muri d'ambito presentano apposite lesene o mensole. Talora, invece di adottare soletta di forte spessore, con nervature robuste e notevolmente intervallate, si preferisce adottare soletta di minor spessore con nervature non distanti più di m. 1 ÷ 1,50; in tal caso, per potere appoggiare le nervature anche in corrispondenza di larghe aperture dei muri perimetrali, conviene limitare superiormente le aperture stesse, con piattabande in cemento armato.

Quando si vuole rendere coibente al calore un solaio che sia di terrazzo o sottotetto, ovvero si voglia diminuire la trasmissione dei rumori, che avviene in modo sensibilmente fasidioso attraverso la soletta

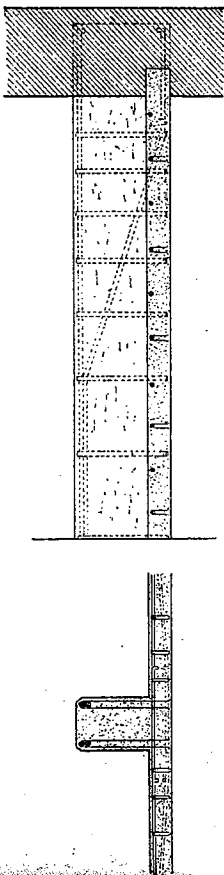


Fig. 177.

dei comuni solai in cemento armato, od infine convenga per motivi igienici (come negli ospedali) o per motivi estetici, nascondere la sporgenza delle nervature e dare al solaio un'unica superficie piana inferiore, si ricorre all'uso della *controsoletta*. La controsoletta è pure ottenuta in gettata di calcestruzzo, con spessore di pochi cm., ed armatura di toncini leggeri in numero di circa 5 per metro; essa viene generalmente ottenuta, per nervature distanti fra loro da m. 1 ad 1,50, col seguente sistema: Fatta l'impalcatura di sostegno che dia luogo ad un piano orizzontale, si dispongono su questa i ferri delle nervature e quelli della controsoletta che su di essi appoggiano, e si fa quindi la gettata della controsoletta; dopo di ciò si mettono a posto le tavole costituenti i fianchi delle nervature, normalmente a queste tavole se ne appoggiano altre orizzontali destinate a costituire il fondo della soletta, irrobustendole con assicelle messe di costa a determinati intervalli, e si procede infine al getto delle nervature e della soletta. Necessa-

riamente il legname fra controsoletta e soletta rimane, perduto nel getto, e conviene quindi adoperare materiale sufficiente all'uso, ma di poco valore. Più semplicemente talora si dispongono al disopra della controsoletta delle cassette di legno, col fondo verso l'alto, appositamente preparate colle dimensioni convenienti, e disposte in file parallele, con intervalli tra fila e fila corrispondenti alle nervature; anche queste cassette naturalmente vanno perdute nel getto.

Come variante alla struttura ora descritta, volendo evitare che nel vano del solaio rimanga del legname perduto, si ricorre alla struttura rappresentata dalla fig. 178. In tal caso, eseguita la contro-soletta come sopra si è indicato, si dispongono le tavole formanti i fianchi delle singole nervature, e di queste si eseguisce il getto (avendone già prima collocate le armature in ferro) sino al piano d'appoggio di tavelloni cavi laterizi, i quali sono destinati a sostenere la soletta superiore. Ad evitare che questi tavelloni appoggiando sulle nervature interrompano il collegamento di queste colla soletta, conviene disporre le tavole corrispondenti ai fianchi delle singole nervature leggermente inclinate, per modo da profilare la sezione delle

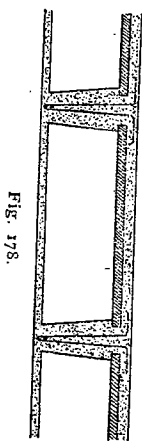


Fig. 178.

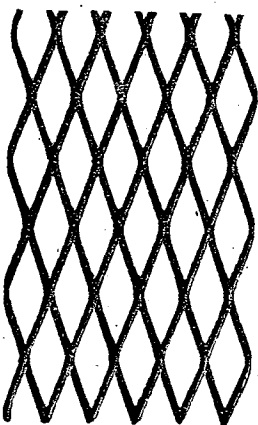


Fig. 179.

travi a forma trapezia colla base più larga verso l'alto. Prima di collocare in opera i tavelloni si tolgono le dette tavole, sicché nella camera d'aria non rimane alcun materiale legnoso; fra i tavelloni si completa il getto delle travi sino alla faccia superiore dei tavelloni stessi, ed al disopra di questa superficie si eseguisce la soletta superiore generale. Le distanze tra le nervature sono di circa m. 1 ÷ 1,10.

Gli stessi vantaggi offerti dalla controsoletta gettata contemporaneamente al solaio si possono ottenere con un soffitto o platone di costruzione posteriore, che può essere pure ottenuto in vari modi. Talora si includono nel getto delle nervature dei tasselli di legno incastri nella faccia inferiore, ed a questi tasselli si inchioda un soffitto ottenuto con *lamiera stivata* (lamiera meccanicamente intagliata, la quale viene stesa in modo che ne risultino vani romboidali — *métal déployé*, fig. 179), contro la quale si fa colla cazzuola il getto di un leg-

gero strato di calcestruzzo. Talora invece (fig. 180) il soffitto è ottenuto mediante tavelline forate laterizie, le quali vengono impostate su appositi pezzi rivestenti inferiormente le nervature; questi pezzi si assicurano alle nervature con malta cementizia, incastrandovisi anche mediante piccole indentature.

Si hanno anche sistemi di solai misti in cemento armato e laterizi, i quali non solo permettono di avere il soffitto piano inferiore, con sovrastante camera d'aria isolante, ma anche semplificano assai l'impalcatura

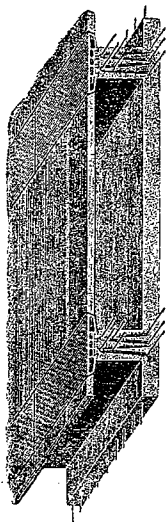


Fig. 180.

occorrente pel solaio, in quanto tolgono la necessità delle cassette per le nervature. Come appare dalla fig. 181, la struttura consiste nel disporre sul tavolato sorretto dai puntelli più file di mattoni vuoti speciali accostati, lasciando a regolari intervalli fra due file successive il vano corrispondente alla sede di una nervatura; al disopra dei mattoni ed entro i successivi vani di nervatura si fa la gettata del conglomerato, previo collocamento dei tondini di

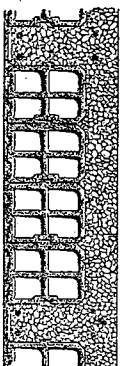
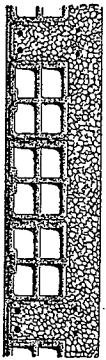


Fig. 181.

armatura. I tipi laterizi rappresentati nella detta figura offrono il vantaggio, mediante piccole rientranze e sporgenze, di unirsi solidamente fra loro e colla gettata di conglomerato; ponendo dei fondini laterizi anche in corrispondenza delle nervature, si ottiene inferiormente una unica superficie laterizia, alla quale l'intonaco aderisce assai bene; così si evita anche ogni condensazione di umidità contro la superficie fredda e non assorbente del calcestruzzo.

Sono pure in commercio vari tipi brevettati di laterizi per volteerane in cemento armato, i quali contengono essi stessi il vano per la nervatura; per la continuità e solidità del laterizio, tale vano è chiuso inferiormente da un fondello e superiormente da una tavellina facenti corpo col laterizio; quando si vogliono apprestare nel vano i tondini di armatura, per poi passare alla gettata del conglomerato, si spezza la tavellina con un colpo di martello.

75. Solai a soletta e doppio ordine di nervature. — I solai che hanno portata superiore ad $8-9$ m., e devono resistere a carichi ingenti, generalmente si costruiscono con doppio ordine di nervature disposte in due direzioni fra loro perpendicolari. Se le travi sono equidistanti ed il locale è quadrato o quasi, una distinzione fra travi maestre e travi secondarie non ha luogo, e tutto il solaio lavora come un piastone rinforzato da costole. Generalmente però la pianta del solaio è rettangolare, ed allora si distinguono le travi maestre o principali parallele ai lati minori del rettangolo, e le travi secondarie poste fra loro a determinati intervalli, e di lunghezza uguale alla distanza netta fra due travi principali consecutive. Come l'armatura della soletta si protrae continua al disopra delle travi secondarie, così l'armatura di queste si unisce a un certo tratto i tondini piegati verso l'alto delle due nervature secondarie; si viene ad avere in corrispondenza dell'incastro sulla nervatura principale la sezione metallica occorrente nella zona superiore tesa.

Per solai su ambienti molto larghi, conviene la scomposizione in più *campate* mediante file di pilastri ai quali si collegano i due ordini di nervature. Come si è accennato al par. 47, e come si scorge dalla fig. 78, i pilastri sono costituiti da una massa di conglomerato entro cui sono disposti i tondini verticali di armatura collegati ad intervalli da legature; i tondini hanno diametri di 10 a 20 mm., e di solito se ne dispongono quattro, cioè uno in prossimità di ogni vertice del quadrato o rettangolo di sezione; in pilastri molto caricati i tondini sono invece in numero maggiore, non più di otto, tutti distribuiti lungo il perimetro; la sezione complessiva dei tondini varia fra $0,5$ ed 1 per cento di quella del calcestruzzo. Per le legature si adoprano tondini di $5-6$ mm. di diametro, o ferro *moietta* di sezione mm. 20×2 circa. Per la costruzione di un pilastro, si dispone verticalmente la cassetta di forma corrispondente, lasciandone aperto un lato, vi si dispone entro l'armatura di tondini e legature, e poi a tratti successivi si chiude con tavole la parete lasciata aperta e si procede alla corrispondente gettata di calcestruzzo, che avvolge l'armatura e riempie completamente la forma. In corrispondenza dei pilastri si aumenta l'armatura metallica superiore delle travi, come conviene per la resistenza ai momenti flettenti negativi, prolungando le barre ripiegate verso l'alto delle due travi principali, sino al di là del pilastro; in taluni casi si ingrossa inferiormente la trave a guisa di mensola, e si arma questa con barre collegate all'armatura principale. La figura 182 dà la prospettiva d'insieme di un tratto di solaio con pilastri e doppio ordine di travi, di cui le principali con mensole, e lascia vedere l'armatura interna delle singole membrature.