

cji zastosowuje się i w sklepieniach żelbetowych, lecz w mniejszej ilości, najczęściej w wezłowiach i nawet w zworniku. Jednak przy mniej znacznych rozpiętościach łuk żelbetowy wiąże się z podpórami, tworząc w ten sposób jedną całość.

Przyjmując pod uwagę, że konstrukcjom żelbetowym poświęcony jest specjalny kurs, w którym będą szczegółowo rozpatrzone i sklepienia, ograniczamy nasze wskazówki tylko do tych uwag.

-----

Na zakończenie rozpatrzenia sklepień z murów różnego rodzaju dodamy, że rzadko bardzo rzadko, spotyka się sklepienia wykonane z kamienia łamanego. Są to sklepienia małej rozpiętości, ułożone z dobranych klinowatych kamieni. W podobnych budowach dominujące znaczenie ma zaprawa, od mocy której zależy stateczność konstrukcji.

### K r a ż y n y .

Krażynami nazywamy specjalne rusztowania niezbędne przy budowie łuków i sklepień. Niezbędność podobnych rusztowań, podtrzymujących wykonywane się sklepienia, zależy od tego, że dopóki nie jest ułożony ostatni kamień sklepienia, t.j. zwornik, to

stateczność muru tego rodzaju nie jest zabezpieczoną. Zarazem niezbędnem jest i określenie kształtów przyszłego sklepienia lub łuku, co się nadaje też przy pomocy krążyn.

Krążyny składają się:

1/ z oszalowania - powierzchni odeskowanej, identycznej z powierzchnią wewnętrzną sklepienia. Czasami oszalowanie to wykonywuje się nie z desek, lecz z brusów. Bywa zaś, w zależności od rodzaju muru w sklepieniu, ścisłe - nawet z połączeniami desek "w nakładkę" lub "w szpunt" lub nieściśle, kiedy deski ewentualnie brusy układa się w pewnej odległości jeden od drugiego.

Najszczelniejszego oszalowania wymaga beton, największe odległości między brusami mogą być dopuszczalne dla sklepień z kamienia ciosanego.

2/ Z żeber krążynowych podtrzymujących oszalowanie i przekazujących ciśnienie układanego muru podporom

3/ Z przyrządów do regulowania i opuszczania tych żeber.

Krążyny używa się do sklepień wszelkiego rodzaju i typów, przy czem kopuły i niektóre lekkie sklepienia, układane na szybko tężącej zaprawie, np. gipsowej, mogą być wykonane i bez krążyn.



Krażyny zwykle wykonywuje się z drzewa lub żelaza. Te ostatnie są pożądane przy przenoszeniu krażyn z jednego sklepienia na drugie, np. przy budowie mostów o wielu przęsłach jednakowej rozpiętości. Wtedy krażyny z wykończonych przęseł przenoszone są na następujące. Sztywność i stosunkowo mały ciężar konstrukcji żelaznych wpływają dodatnio na wykonanie w ten sposób budowy.

§ 61. Żebra krażynowe. Żebra te stanowią szkielet krażyn, który po oszalowaniu utworzy powierzchnię dolną sklepienia.

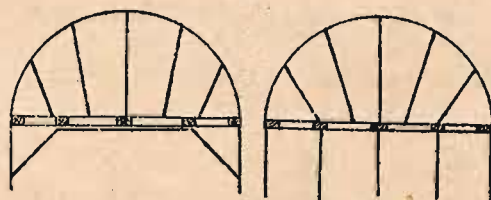
Dla tego krawędź górna żebra winna być równoległą do krzywej wewnętrznej sklepienia; jednocześnie żebra, dla przekazania ciężaru niewykończonego muru sklepienia oporom, winny być konstrukcją mocną i usztywnioną, jakimi są i inne dźwigary tego przeznaczenia.

Ukształtowanie żeber zależy od rozpiętości łuku i odległości między żebrami. Jeżeli rozpiętość i wskazane odległości są znaczne to żebra będą ulegać znacznemu obciążeniu, a więc wymagana będzie większa moc żeber i zastosowanie więcej skomplikowanych form tych dźwigarów. Odwrotnie, dla małych sklepień i przy nieznacznym obciążeniu żeber, one mogą być wykonane nawet z desek, którym nadaje się krzywą powierzchnię

górną.

Zarazem rozmiary i ukształtowanie krążyn zależą od ilości opór je podtrzymujących; tu odróżniamy dwa typy zeber: sprężyste i sztywne.

W pierwszym krążyny podtrzymują się w dwóch punktach krańcowych, w drugim bywa nie mniej niż trzy opory /rys.250/.



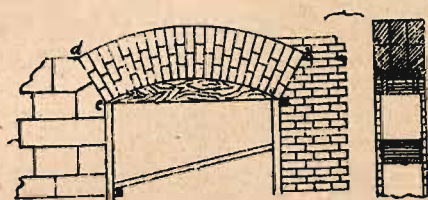
rys. 250

Więcej pożądanymi do wykonania robót, lżejszymi i mniej skomplikowanymi w ukształtowaniu, są krążyny sztywne; jednak warunki miejscowe mogą zmusić do zastosowania krążyn sprężystych - dwuoporowych, np. jeżeli potrzeba zostawić przejazd pod krążynami, przejść przez głęboki parów, utrudniający postawienie kilku opór i t.d.

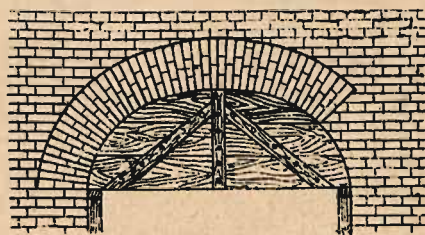
Rozpatrzmy ukształtowanie zeber krążynowych w zależności od rozpiętości łuku, a więc w znacznej mierze i od jego ciężaru własnego i obciążenia.



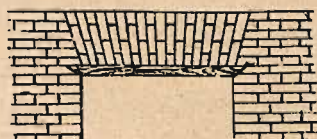
Dla niewielkich łuków o rozpiętości do 1 - 1,5 m np. dla przykrycia otworów okiennych, zebra wycina się z desek, które mogą być ustawione tak blisko obok siebie, że cegły, tworzące sklepienie, są podtrzymywane żebrami, a więc oszalowanie staje się zbędnym.



rys. 251



rys. 253.



rys. 252

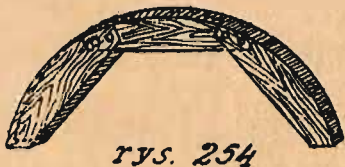
Do podtrzymania żeber ustawia się pionowe słupki z rozporami /rys. 251/. W budynkach późniejszych /składy, szopy i t.p./ żeberka mogą być oparte na murze /rys. 252/, a więc nie wymagać specjalnych podpór. Nie należy jednak układać w ten sposób żeber przy sklepieniach obciążonych, a tembardziej w domach mieszkalnych, gdyż próżnie zostające w murze po usunięciu krążyn nie tylko osłabiają pokrycie, lecz będą przewodnikami zimna. Jeżeli strzałka łuku jest tak znaczna /rys. 253/, że wymaga

utworzenia żeber z kilku desek, to deski te mogą być połączone w sposób wskazany na rysunku. Przy większych rozpiętościach łuków wykonanie żeber sposobem wskazanym wymagałoby znacznej ilości materiału oraz bardzo ciężkich krążyn, dla tego żebra wykonuje się z odcinków desek, jak wskazano na rysunku 254, łącząc je "w pół drzewa", a styki podtrzymując podporami /rys. 255/. W ten sposób żebra mogą być utworzone z kilku warstw pionowych, połączonych drewnianymi dyblami lub gwoździami. Oczywiście, że styki odcinków jednej warstwy winny się mijać ze stykami warstw sąsiednich. W ten sposób tworzą się żebra dla znacznych rozpiętości z pięciu i więcej warstw, z których każda składa się z odcinków desek. Pożądaniem jest, by ilość tych odcinków była nieparzystą, jeżeli nie we wszystkich warstwach, to przynajmniej w większości; w ten sposób pod zwornikiem łuku będzie się znajdować odcinek, a nie styk dwóch odcinków.

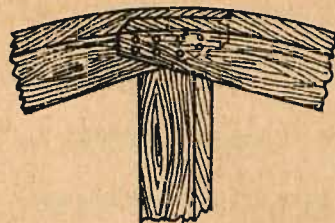
Oczywiście, że tak skomplikowanych żeber nie należy ustawiać blisko jedno od drugiego, a więc niezbędnem będzie ich oszalowanie.

Zamiast tworzenia żeber z kilku warstw deskowych można wykonać je z brusów /rys. 256/. Brusównie wy-





rys. 254



rys. 255



rys. 256

gina się według krzywej sklepienia /to byłoby bardzo mozolnem do wykonania i wymagałoby za dużo czasu dla usztywnienia brusów w pożądanem ukształtowaniu/, lecz żebra, jak poprzednio, tworzy się z odcinków, którym stosownem ociosaniem nadaje się pożądaną powierzchnię krzywą, identyczną z powierzchnią wewnętrzną łuku.

Takąż powierzchnią ograniczone są i brusy oporowe żeber, łączące zarazem odcinki i tworzące wraz z niemi żebra, podlegające następnemu oszalowaniu. Spotyka się krążyny, złożone z brusów, jako warstwy środkowej i z desek jako warstw zewnętrznych.

Typy różnorodnych żeber wskazane są na rysunkach.

W konstrukcjach tego rodzaju zastosowuje się bardzo często różnorodne wzmocnienia żelazne: klamry,

bolce, strzemionka i inne. Na Zachodzie spotyka się nawet nakładki z blachy żelaznej, usztywniające całe węzły w połączeniach zastrzałów ze stojkami i innemi częściami żeber; wtedy mogą być mniej ściśle wykonane roboty ciesielskie. W każdym razie żebra winny być sztywne i wykonane bardzo starannie, gdyż od ich mocy zależy całość wykładanego sklepienia. Dla krążyn może być dopuszczone tylko jaknajmniejsze odkształcenie, gdyż osiadanie lub uginanie żeber, nawet nie przekraczające norm ustalonych dla innych dźwigarów, może okazać się zgubnem dla układanego sklepienia, które, nie będąc w stanie odkształcić się w tej mierze, jak drewniane lub żelazne krążyny, ulegnie demolacji. Często przy nie-~~dość~~ sztywnych krążynach zjawiają się pęknięcia nawet w niewykończonych sklepieniach.

Należy zaznaczyć, że przy większych sklepieniach daje się zauważyć pewne odkształcenie powierzchni wewnętrznej w porównaniu z nadaną krążynami; odczuwa się to najwięcej na zmniejszeniu strzałki t.j. sklepienie osiada.

Osiadanie to spowodowane jest przez skurczenie spoin w murze sklepienia i odkształcenie krążyn po obciążeniu ich murem. Niezależnie od powyższego odkształcenia sklepienia, a w szczególności wydłużone,



wydają się z powodu złudzenia optycznego więcej spłaszczonemi, niż są w rzeczywistości, więc pożądanem jest wykonywać je ze stosownem podwyższeniem t. j. zwiększając przy wykonaniu robót strzałkę w porównaniu z projektem.

Z przytoczonych powodów należy nadawać krążynom, a mianowicie zebrom ich, pewne podwyższenie w kierunku rzędnych pionowych.

Największe zwiększenie strzałki nie przekracza 1/144 dla półkolistych łuków i 1/96 dla spłaszczonych. Znany jest wzór Bekiera

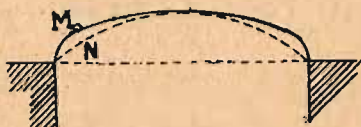
$$S \text{ /podwyższenie/} = k(l-h)$$

w którym  $l$  - rozpiętość,  $h$  - strzałka i  $k$  - współczynnik.

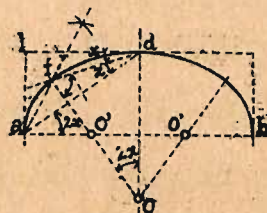
$k$  - dla krążyn sprężystych wynosi 0,01 - 0,02.  
" " " sztywnych " 0,05.

Przy wykonaniu sklepień spłaszczyonych wzamian odcinków koła, elipsy, paraboli lub innych krzywych często zastosowuje się dla utworzenia wewnętrznych powierzchni sklepień t. zw. krzywe "koszowe". Krzywe te składają się z odcinków kół różnych promieni, przyczem starają się nadać w ten sposób więcej zaokrąglone przejścia od łuku ku oporom, a zarazem otrzymać krzywą jaknajwięcej identyczną z krzywą ciśnień; w ten sposób krzywa łuku staje się równo-

legła do krzywej ciśnień. Na rysunku 257 uwidocz-  
nione jest zastosowanie do przykrycia łukowego ;  
krzywa  $N$  - odcinek koła i  $M$  - krzywa koszowa.



rys. 257



rys. 258

Krzywe koszowe tworzą się z odcinków trzech, pię-  
ciu, siedmiu i więcej promieni, z nich dla przykładu  
rozpatrzmy wykreślenie krzywej o trzech i pięciu  
promieniach.

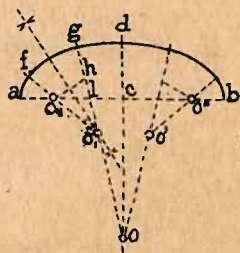
Jeżeli  $ab$  - rozpiętość łuku, a  $ad$  - strzałka  
/rys. 258/, to dzieląc kąty  $lad$  i  $lda$  z przecięcia  
dwusiecznych  $f$  przeprowadzamy prostopadłą do  $ad$   
Punkty  $O$  i  $O'$  będą środkami, a prosta  $Of$  i  $O'f$   
promieniami odcinków, tworzących krzywą koszową  
 $afldb$

Prawidłowość wykonania w ten sposób krzywej mo-  
że być udowodniona tem, że trójkąty  $afO'$  i  $fdO$  są  
równoboczne, dlatego, że kąty  $fao'$  i  $afo'$  pierw-  
szego trójkąta, a także  $dfo$  i  $fdO$  drugiego są  
równe, a więc i strony  $ao'$ ,  $fo'$ ,  $fo$  i  $do$  są też



równe.

Dla utworzenia krzywej o pięciu promieniach, wybieramy najwięcej stosowne dla danego wypadku największy promień  $Od$  i najmniejszy  $aO''$  rys. 259/.



rys. 259

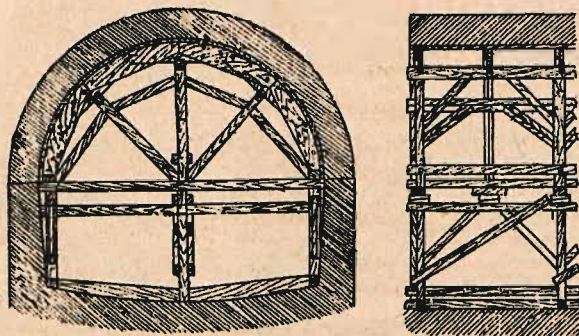
Pierwszy bywa zwykle równym lub nieco większym od rozpiętości łuku, a drugi - nieco mniejszym od strzałki. Dzieląc  $CO''$  przez środek  $l$  przeprowadzamy prostą  $Ol$ , która w punkcie  $g$  będzie

granica połowy górnego odcinka  $dg$ ; następnie odkładamy  $gh = aO''$  i przez środek  $hO''$  prowadzimy prostopadłą do przecięcia z  $gh$  w punkcie  $O$ , który będzie promieniem odcinka  $fg$ . Prawdliwość wykreślenia nie potrzebuje szczegółowych wskazówek.

§ 62. Układ żeber. Żebra krążyn ustawia się prostopadle do osi sklepienia lub łuku i na odległości zależnej od rodzaju oszalowania. W ten sposób nad oporami ustawia się cały szereg żeber połączonych na powierzchni zewnętrznej oszalowaniem, lecz wymagających pewnego usztywnienia w częściach dolnych, a zarazem ścisłego, bardzo starannego ustawienia w ten sposób, by krzywe zewnętrzne wszystkich żeber

leżały w jednej powierzchni walcowej.

Dla usztywnienia żeber należy związać je w jedną całość kleszczami, które będą równoległymi do osi sklepienia i winny przylegać do odpowiednich części żeber - najczęściej do słupków pionowych, jak to wskazuje rysunek 260. Na wskazanych krążynach,



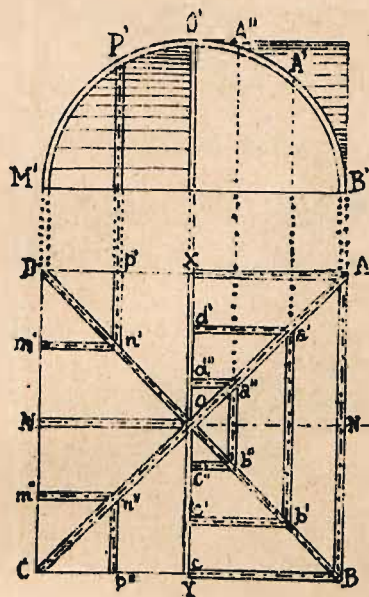
rys. 260

oprócz kleszczy, przylegających do słupka, ułożone były brusy podłużne, służące oczepami dla słupków i zastrzałów pochyłych, które związały wszystkie żebra w jedną całość. Regulowanie żeber w kierunku pionowym dla utworzenia z ich krzywych jednej powierzchni walcowej wykonywuje się przy pomocy klinów, co będzie rozpatrzone w dalszym ciągu.

W sklepieniach skombinowanych kozuby i kolebki stanowią części sklepień walcowych, a więc i żebra mogą być ustawiane według poprzednich wskazówek, co rozpa-



trzymy na rysunku 261. Dla sklepienia klasztornego



rys. 261

nad  $DXO$  i  $COY$  krążyny staną po  $OX$  i  $p'n'$  oraz po  $OY$  i  $n''p''$ .

W połowach kozub sklepienia krzyżowego  $XAO$  i  $OYB$  żebra winny być ustawione też prostopadłe do osi t.j. do  $XY$ , a więc w kierunkach  $AX, a'd', a''d'', b''c'', b'c'$  i  $Bc$ , a w kozubie  $AOB$  prostopadłe do osi  $ON$ , t.j. po  $AB, a'b'$  i  $a''b''$ . Kształty żeber  $Bc, b'c', b''c''$  określa się w naturalnej wielkości na rzucie pionowym krzywymi  $O'B', O'A''$  i  $O'A'$ .

i krzyżowego kolebka przy krywająca trójkąt  $DOC$  winna mieć żebra ustawione prostopadłe do osi  $YX$  a więc po  $MO, m'n'$  i  $m''n''$ . Krążyny te, jako znajdujące się w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny pionowej rzutów, będą określone w wielkości naturalnej na rzucie pionowym krzywymi  $MP'O'$  i  $MP'$ . Równolegle w pół-kolebkach

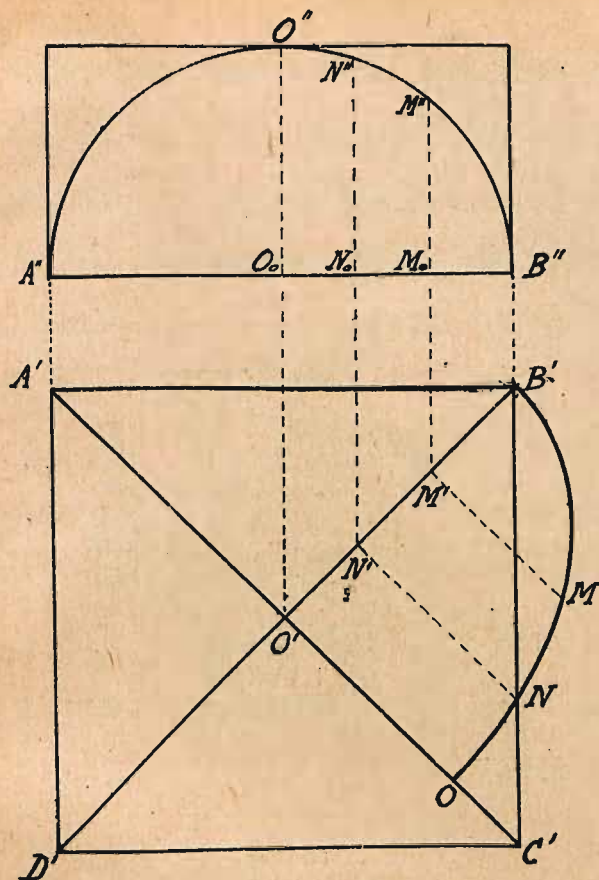
Jednak, oprócz tych krążyn, dla podtrzymania oszalowania i ukształtowania sklepień skombinowanych-niezbędnymi będą żebra ustawione po przekątnych t.j.  $AC$  i  $BD$ . Kształty tych żeber, jako leżących w płaszczyznach pionowych i tworzących kąty z pionową płaszczyzną rzutów, mogą być określone przy pomocy kładu tych płaszczyzn na płaszczyznę poziomą lub pionową rzutów.

Dla przykładu określimy kształt naturalny krzywej  $OB$ , której rzuty stanowią prosta  $OB'$  i krzywa  $OB''$  (rys. 262).

Przesuwając przez przekątną  $OB'$  płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny poziomej rzutów i tworząc jej kład poziomy, t.j. obracając na osi  $OB'$  do połączenia z płaszczyzną poziomą, otrzymamy, że punkty  $O'-O''$ ,  $N'-N''$ ,  $M'-M''$  krzywej będą znajdować się w kładzie na odległościach  $O'O$ ,  $N'N$ ,  $M'M$  równych prostym  $O_0O''$ ,  $N_0N''$ ,  $M_0M''$ ...., przyczem punkt  $B'$  pozostanie na miejscu.

Łącząc punkty  $O, N, M, \dots$  i  $B$  krzywą otrzymamy naturalne kształty wskazanej rzutami  $OB'$  i  $OB''$  krzywej, która będzie przecięciem powierzchni walcowych, przykrywających kozuby lub kolebki sklepień krzyżowych lub klasztornych, ustawionych na wieloboku  $A'B'C'D'$ .





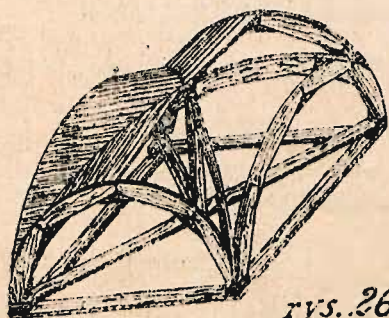
rys. 262

Dodamy, że przecięcia tych powierzchni walcowych będą płaskie i będą znajdować się w płaszczyźnie pionowej, przesuwanej przez przekątną  $D'B'$  lub  $A'C'$ , jeżeli będą mieć jednakową strzałkę, t.j. najwyższym punktem wszystkich powierzchni będzie punkt  $O'-O''$ .

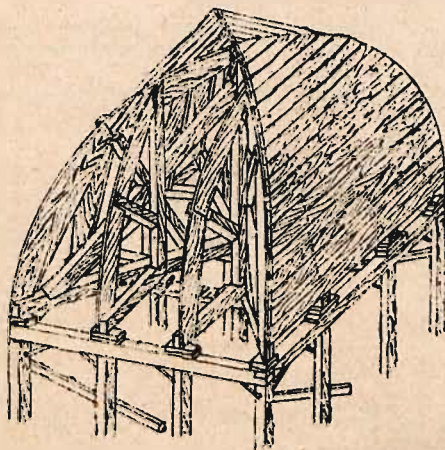
Oczywiście, jeżeli krzywe przecięcia powierzchni będą elipsami, to można nie określać krzywej w kładzie przy pomocy punktów, a wykreślić elipsę, korzystając z dwóch półosi  $O'B'$  i  $O'O$ .

Po ustawieniu-krażyny krzyżowych i klasztornych sklepień otrzymają konstrukcję wskazaną na rys. 263 dla sklepienia krzyżowego i na rys. 264- dla klasztornego. Żebra tych sklepień podtrzymują się tak, jak i w sklepieniach walcowych, niezbędną ilością

podpór i słupów; jednak podpory ustawione pod przecięciem żebier, ewentualnie pod wierzchołkiem sklepienia, wymagają specjalnego wykończenia, by podtrzymać kilka żebier skupionych w jednym punkcie.



rys. 263



rys. 264



rys. 265

Słupy te mają zazwyczaj u swych wierzchołków tyle wpustów — ile żebier schodzi się w danym punkcie, lub podpora zakończona jest grubą deską, na której ustawia się żebra. Oba wskazane sposoby wyjaśnia rysunek 265.

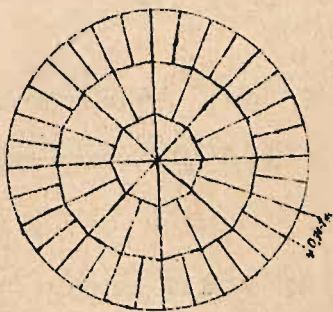
Połączenie słupów, zastrzałów i innych, podtrzymujących żebra, części krążyn może być usztywniane metalowymi klamrami, kątownikami i nawet nakładkami z blachy, przymocowanymi gwoździemi lub śrubami.



W kopułach żebra krążyn stosowane są bardzo lekkie, najczęściej wykonywane są z desek, gdyż, jak to było wskazane poprzednio, każdy wykonany pierścień sklepienia jest statycznie zrównoważony i krążyny podtrzymują tylko pierścienie niezamknięte.

Przy takich warunkach krążyny służą właściwie jako forma nadająca kształty sklepieniom, lecz nie są podtrzymującymi je rusztowaniami.

Żebra tych krążyn układa się, jak wskazano na rys. 266, przyczem ilość ich zwiększa się stopniowo ku obwodowi, w ten sposób, że odległość między



rys. 266

żebrowaniem nie przekracza 0,75 - 1,00 mtr. W ten sposób kopuła o średnicy 15 mtr. będzie wymagać przy obwodzie około 48, a u wierzchołka - 6 do 8-miu żeberek. Znane są jednak wypadki, że krążyny kopuł były usta-

wiane w pionowych, równoległych płaszczyznach.

Oszalowanie. Dla przekazania ciężaru muru nieukończonemu sklepieniu żebrom, a w poszczególnych wypadkach /np. przy sklepieniach betonowych/ dla

utworzenia formy-używa się t.zw. oszalowania.

Oszalowanie żeber może być, w zależności od materiału sklepienia, ciężaru muru i odległości między żebrami, wykonane z desek lub z bali.

Dla sklepień betonowych i nawet z cegły używa się oszalowanie deskowe, przy ciosach lub kamieniach sztucznych znacznej objętości - najczęściej zastępuje się bale. Oczywiście, że wtedy odległość między żebrami może być większą, jednak przy mocniejszej konstrukcji tych części.

Zarazem oszalowanie może być ścisłe, przyciosane, a nawet "w nakładkę" dla sklepień betonowych, z niewielkimi spoinami dla sklepień z cegły i ze znacznymi dla ciosów.

Przy sklepieniach z ciosów, gdy zastosowuje się nie deski, a bale, znane są dwa sposoby układania tych bali (rys. 267):

a/ Oszalowanie układa się w ten sposób, że spoiny ciosów nie są przykryte balami,

b/ bale znajdują się pod spoinami ciosów.

Każdy z tych sposobów ma dodatnie i ujemne strony: w wypadku a/ ułatwioną będzie kontrola nad należytem wypełnieniem spoin, a w b/ - spoiny nie wymagają tak starannego wypełnienia ich przy zalewaniu cementem, gdyż samo oszalowanie w znacznej mie-





rys. 267

rze przykrywa je od dołu.

Deski i brusy oszalowania układa się w kierunkach prostopadłych do żeber, a więc równoległe do osi sklepień kolebczastych, oraz do osi kozub i kolebek sklepień krzyżowych i klasztor-

nych. W kopułach oszalowanie układa się warstwami poziomymi, co wymaga pewnego wygięcia desek. Jednak przyjmując pod uwagę, że oszalowanie kopuł wymaga bardzo cienkich desek i że wygięcie będzie przy znacznej średnicy sklepienia znikome, to udaje się zdeformować deski ścisłem umocowaniem ich gwoździami. W praktyce grubość desek oszalowania określa się obliczeniem, jednak starają się ustawić żebra na takiej odległości, by grubość ta nie przekraczała 4 cm., a w zwykłych wypadkach normalna grubość desek bywa od 1 do 2 cm.

Oczywiście, że przy małych promieniach żeber trudno nadać odeskowaniu kształty powierzchni krzywych, lecz trudność ta daje się przewyciężyć zastosowaniem wąskich desek, pewnem przyciosaniem krawędzi wystających, a w wypadkach poszczególnych zastosowaniem wilgotnych, łatwiej wyginających się

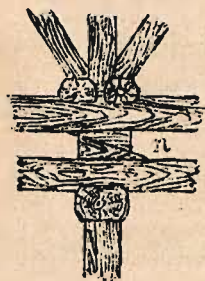
dosek. Nadawanie deskom kształtów powierzchni krzywych skutecznia się zgęszczaniem przybijaniem ich gwoździami.

### §63 Przyrządy do ustawiania, regulowania i usuwania krawędzi.

Dla ustawiania żebier ściśle według przyszłej powierzchni sklepienia, t. j. w ten sposób, że tworzące powierzchnię walcowej winny być ściśle poziome w sklepieniach kolebowych, krzyżowych, klasztornych i innych lub nachylone pod określonym kątem /w sklepieniach ukośnych/, koniecznem jest zastosowanie przyrządów, które dałyby możliwość podnieść nieco opuszczone żebro lub odwrotnie-opuścić wyżej postawione. Inaczej przy znacznej ilości żebier i przy nieuniknionych defektach ich wykonania nie uda się otrzymać prawidłowej powierzchni walcowej, która ma być utworzona krzywymi żebier. Podobne defekty z trudnością mogłyby być usunięte przy pomocy zmiennej grubości oszalowania, a regulują się przy pomocy klinów, ustawianych zwykle między żebierami i podtrzymującym je rusztowaniem (rys. 268 i 269).

W ten sposób-początkowo przy pomocy klinów ustawia się prawidłowo każde poszczególne żebro,





rys. 268



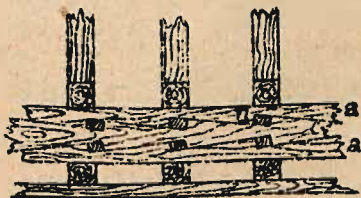
rys. 269

a następnie uzgadnia się poziom wszystkich żebier.

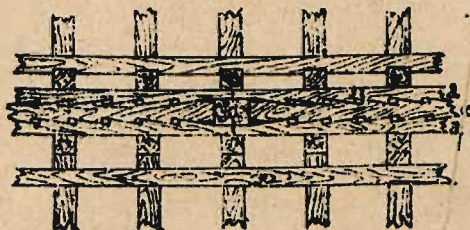
Zwykle między końcowymi żebarami naciąga się druty, mające zastąpić tworzące powierzchnię sklepienia i do ich poziomu doprowadza się wszystkie

inne żebra. Oczywiście, że staranność ustawiania i ilość klinów zależy od rozmiarów sklepienia; krażyny małych, krótkich sklepień ustawiają łatwo i szybko, krażyny znacznych rozpiętości, a conajwięcej przy wielkiej ilości żebier, wymagają wyjątkowej staranności wykonania i ustawiania tych urządzeń pomocniczych. W każdym razie kliny stanowią niezbędną część krażyn, a oprócz nich używane są:

a/ brusy /bale/ klinowane /rys. 270 i 271/ Jak wskazują rysunki brusy te przy podbijaniu klinów rozciągają się i między nimi tworzą się szczeliny.



rys. 270



rys. 271

co powoduje zwiększenie ich wysokości. Odwrotnie, przy osłabieniu klinów lub zupełnem ich usunięciu wysokość ogólna wszystkich trzech brusów zmniejsza się. Przy wykonaniu robót brusy układa się prostopadle do żeber /równolegle do osi sklepienia/ przy należytem dobiciu klinów. Po wykończeniu sklepienia, dla usunięcia krążyn, kliny wyjmuje się, zarazem uderza się młotkiem po brusie środkowym C, przesuwając go na lewo, co wywołuje zbliżenie brusów oraz zmniejszenie ich wysokości.

Oczywiście, że zastosowanie brusów daje możliwość jednocześnie i prawidłowo opuścić krążyny.

b/ Dźwigniki /rys.272/.



rys. 272

Przyrządy te składają się z więźby żelaza lanego, w której przesuwają się przy obrotach gruba śruba pionowa, nadająca możliwość podnosić lub opuszczać podtrzymywane dźwignikiem

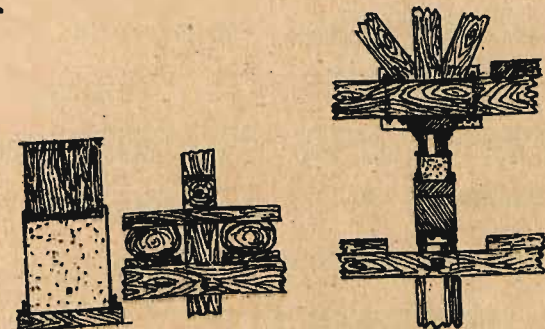
krążyny.

Oczywiście, że takie przyrządy zastępują w zupełności kliny, lecz są za kosztowne by zastosowywać znaczną ich ilość. Dlatego dźwigniki



ustawia się w niewielkiej ilości,  
a działanie ich uzupełnia się klinami. Najczęściej dźwigniki ustawia się pod słupami rusztowań i przy rusztowaniach sprężystych, lecz nie między rusztowaniami i żebrami, gdzie zwykle bywają kliny.

c/ Worki i cylindry z piaskiem. Do opuszczania kieżyn po ukończeniu muru sklepienia, najczęściej przy kieżynach sztywnych, pod słupami rusztowań układa się worki lub cylindry z piaskiem /rys. 273 i 274 /.



rys. 273

rys. 274

Oczywiście, wypuszczając piasek można osiągnąć powolne osiadanie kieżyn; przy workach mniej prawidłowe, a przy cylindrach w zupełności zadowalniające. W ostatnim wypadku podpory kieżyn opierają się na tłoki cylindrów, a piasek wypuszcza się przez otwór u samej podstawy cylindra, zakrywany korkiem.

Cylindry są w częstem użyciu przy wielkich łukach mostów kamiennych, wymagają jednak bardzo starannego zabezpieczenia znajdującego się w cylindrach piasku od wilgoci przez cały czas wykonania robót, a to dlatego, że usuwanie równomierne piasku przez otwór może być ciągiem i równomiernem tylko przy jego stanie suchym.

Wskazane przyrządy mają na celu stopniowe, powolne opuszczanie krążyn.

#### Wykonanie robót.

Do ustawienia krążyn, podtrzymujące je rusztowania a zarazem i opory przyszłych sklepień winny być starannie doprowadzone do danego poziomu, co się stwierdza niwelatorem.

Następnie ustawia się żebra krążyn, każde starannie ustalone i doprowadzone do projektowanego poziomu przy pomocy klinów. Przy wielkich łukach sprzyjających warunkach inne przyrządy regulujące mogą być ustawione też na rusztowaniach. W każdym razie krzywe zewnętrzne żeber winny zalegać się w powierzchni równoległej do powierzchni wewnętrznej sklepienia.

Poszczególne żebra większych rozpiętości dla