

pieczeniu go od strony prądu trzecim statkiem / rys. 155 - b / zatapiaamy, a następnie usuwamy z prądem / linja przerywana /. Keson wtedy wypływa. Postawienie go na dnie rzeki uzyskujemy przez obciążenie murem/ rys. 154 / albo też wodą, co oczywiście jest gorsze, gdyż następnie wymaga podwodnego betonowania. Przy obciążaniu murem dobrze jest podtrzymywać go na wielokrążkach, zawieszonych na rusztowaniu i zaczepionych do płaszcza, regulując w ten sposób równomierność opuszczania / rys. 154 /. Rusztowanie oczywiście opieramy na statkach; służy ono następnie do nadbudowy szybu, do usuwania gruntu, wydobywanego z pod kesonu, i do opuszczania materiałów budowlanych. Inny rodzaj rusztowania, zbudowanego na statku, widzimy na rys. 155.

6. Zagłębianie kesonu w grunt.

Gdy keson stanie na gruncie, przystępujemy do jego zapuszczania. Jeżeli miejsce nie jest pokryte wodą, zapuszczamy go bez stosowania sprężonego powietrza aż do poziomu, na którym natrafimy na wodę zaskórną. Jeżeli jednak miejscowość stoi pod wodą, to

po postawieniu kesonu nożem na dnie, musimy wodę usunąć. Jeżeli grunt pod nożem łatwo przepuszcza wodę, można to osiągnąć przez wpompowywanie do komory roboczej sprężonego powietrza, którego parcie wycisnie wodę przez grunt. Nieraz jednak opór gruntu jest tak znaczny, że sposób ten wymaga użycia większych ciśnień, niżby z różnicy poziomów wody wypadało. Jest to niepożądane raz dlatego, że może zruszyć keson, który traci na wadze, dzięki wyporowi, po drugie zaś może wywołać wymywanie gruntu pod nożem. A rozmycie gruntu nie będzie wszędzie jednakowe, bowiem woda wybierze sobie miejsca, przedstawiające najmniejszy dla niej opór. Zjawisko to może przekrzywić keson, który w tej początkowej fazie opiera się tylko nożem o grunt. Celem uniknięcia tych niebezpieczeństw najprościej będzie zapuścić na dół kesonu rurę o dostatecznej średnicy i miarowo podnosić w nim ciśnienie; woda pod ciśnieniem, napotykając najmniejszy opór w rurze, będzie przez nią wypływać, co nam pozwoli całkowicie osuszyć komorę roboczą i przystąpić do właściwego zapuszczania kesonu.

Jakośmy już niejednokrotnie wskazywali, zagłębianie się kesonu w grunt powstaje jako wynik wybierania gruntu z pod komory roboczej. Keson jednak nie zawsze zagłębia się w grunt jednakowo. Czasami ruch ten ku dołowi idzie równomiernie, prawie niewidocznie, czasami zaś postępuje jakby skokami. Wynika to stąd, że w czasie zapuszczania keson znajduje się pod działaniem następujących, rozmaitej wartości sił: ciężaru własnego oraz ciężaru muru, wybudowanego na nim, wyporu wody, parcia sprężonego powietrza na pułap komory roboczej, oporu tarcia o grunt bocznej powierzchni tak kesonu jak muru. Wreszcie reakcji gruntu na nóż kesonu.

Ciężar kesonu jest wielkością stałą, prócz stosunkowo niewielkiego ciężaru szybów, który wzrasta w miarę zagłębiania i nadbudowy dodatkowych bębnowych szybów. Ciężar muru, natomiast, wzrasta w miarę zagłębiania się kesonu, bowiem wierzch muru tego staramy się stale utrzymać na jednym poziomie. Obie te siły skierowane są pionowo ku dołowi. Wypór zależy od tego, czy miejscowość jest pod wodą, czy też nie oraz od stopnia nasycenia gruntu wodą. Skierowa-

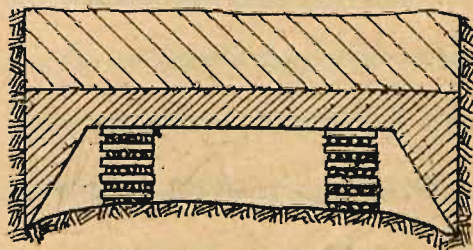
parzystych, dążąc do tego, by to jaknajrównomier-
niej wykonywać wzdłuż całego obwodu. Jeżeli keson
ma załamania w planie, to raczej należy przyspie-
szać wybieranie przy załomach, opóźniając je na pro-
stych odcinkach, lecz tu usuwać możliwie równomier-
nie. Tracąc podparcie przy nożu, keson powinien po-
woli się osuwać. Czasami jednak opory bocznego tar-
cia i ciśnienia sprężonego powietrza nie dają się
przezwyciężyć. Wtedy obniżamy ciśnienie i keson osia-
da. Gwałtowne opuszczanie kesonu, wywołane szybkim
wypuszczaniem powietrza i znacznym obniżeniem ciś-
nienia, jest niebezpieczne, bowiem naruszyć może
szluzę kesonu i wywołać pękanie muru nad nim. Przy
obniżaniu ciśnienia ludzie z kesonu powinni być
usunięci.

W trakcie zapuszczania należy stale śledzić, czy
keson nie schodzi ze swych osi oraz czy się nie
przechyla. Pierwsze zjawisko zdarza się rzadziej,
zato jednak usunięcie go jest bardzo utrudnione. Za-
wyczaj ratuje położenie odsadzka, którą dajemy w
przewidywaniu takich ruchów. Jeżeli zaś keson zaczy-
na się nachylać, trzeba go niezwłocznie wyprostować.

Osiągamy to przez forsowne podkopywanie tej części noża, która się opóźnia. Jeżeli to nie pomaga, podpieramy bok kesonu, opuszczający się szybciej, podstawiając pod niego mocne słupy lub stosy z ułożonych nakrzyż kłoców drzewa. Czasami pomaga wypełnienie murem przestrzeni między wspornikami od tej strony, która jest wyżej, o ile oczywiście keson jest żelazny i ma wsporniki odkryte.

Zapuszczanie w gruntach piaszczystych jest naogół łatwe: keson opuszcza się szybko, czasami nawet zbyt szybko, gdyż opory są małe. Można szybkość tę zmniejszyć przez zwiększenie ciśnienia w kesonie, co jednak jest kosztowne, a przede wszystkim niepotrzebnie naraża zdrowie pracujących w komorze ludzi.

Prostszy sposób polega na umieszczeniu pod kesonem stosów z ułożonych nakrzyż kłoców. Stosy takie zatrzymują keson.

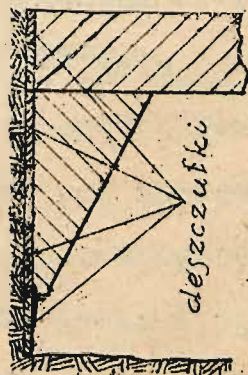


Jeżeli grunt jest nadbyt słaby, to zamiast wybierać go z pod noża, robimy to pod owymi stosami, które opuszczają się wraz z kesonem.

Jeżeli keson jednym bokiem natrafi na grunt twardszy, na przykład gniazdo gliny, to zatrzymujemy bagrowanie gruntu od strony piasku, lub nawet podpierymy keson z tej strony, a całą siłą usuwamy grunt twardszy. Poza temi trudnościami keson w piasku opuszcza się łatwo. Niema niebezpieczeństwa rozerwania się muru nadkesonowego. Można się jedynie obawiać oderwania wsporników, jeżeli grunt nazbyt wciska się do komory. To też dla gruntów piaszczystych najmniej się nadają kesony żelazne, mające odkryte wsporniki. Stosowanie płaszcza w celu ochrony muru jest naogół zbyteczne.

W glinie natomiast robota jest trudna, co wynika z wielkiej jej przyczepności. Zdarza się, że glina tak przylgnie do płaszcza, że trzeba stosować ryzykowne nieraz sposoby dla zruszenia kesonu. Ponieważ przy gruntach gliniastych stosowanie płaszcza jest konieczne, i obawa rozerwania muru jest mniejsza można spróbować raptownie wypuścić powietrze. Gdy i ten zabieg nie pomoże, podnosimy ciśnienie wyżej od wynikającego z różnicy poziomów noża i zwierciadła wody, nad kesonem. Powietrze, uciekając pod nożem,

przeciska się między płaszczem i gruntem i zmniejsza przyleganie gruntu. Oczywiście wszystkie te czynności mogą być wykonywane tylko po usunięciu ludzi z kesonu. Należy zaznaczyć, że praktykowane przez wykonawców raptowne wypuszczanie powietrza dopuszczane jest nie przez wszystkie kierownictwa robót. Niekiedy stosowany bywa prymitywny sposób zakładania poza nóż deszczułek, najczęściej klepek od beczek z cementem. Wtedy przyczepność gruntu przenosi się na niego i przestaje oddziaływać bezpośrednio na płaszcz kesonu, który ma do pokonania tylko tarcie płaszcza o deszczułki.



Przy gruntach gliniastych pożądanym jest swobodny dostęp do noża w komorze roboczej. To też żelazne kesony typu Rudzkiego, drewniane, drewniano-betonowe i żelazobetonowe z wypełnieniem między wspornikami mniej się nadają.

W każdym gruncie możemy natrafić na przeszkody w postaci pni, kłoców lub głazów, które stanowią przeszkodę niemal nie do przebycia dla studni zapu-

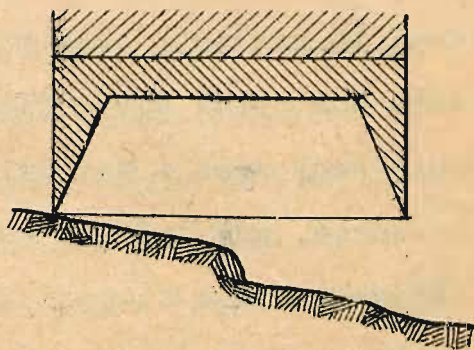
szczanych. Dla kesonu nie przedstawiają szczególnego niebezpieczeństwa, gdyż mogą być pocięte lub pokłupane na części i usunięte przez szyby. Przy budowie nowego mostu na Niemnie pod Gródnem stosowano w komorze roboczej nawet dynamit do rozsadzania skupów Cézanne'a. Zaleca się jednak wielka ostrożność przy używaniu materiałów wybuchowych, by nie uszkodzić komory roboczej.

Przy zapuszczaniu kesonów warszawskiego mostu kolejowego natrafiono na żelazną skrzynię roboczą, która, jak się okazało, zerwała się w czasie budowy dawnego mostu. Most ten stoi obok obecnego kolejowego i służy dla ruchu kołowego. Przypadek zdarzył, że wiercenie, wykonane przed zapuszczaniem trafiło na otwór szybowy zatopionego kesonu, dzięki czemu nikt o obecności jego nie wiedział. Była to poważna przeszkoda, musiano przecinać ręcznie żelazną skrzynię tak, by nowy keson mógł swobodnie przez nią przejść, na co stracono 4 miesiące. Nie znano wtedy jeszcze obecnych udoskonalonych sposobów cięcia żelaza płomieniem.

Znaczne trudności przedstawia grunt skalisty, na którym mamy oprzeć keson, szczególnie, jeżeli powierz-

ohnia gruntu - jest pochyła.

Jeśli keson oprze się jednym bokiem o skałę, to grozi niebezpieczeństwo przechylenia się kesonu, który jakby zwisa ponad pochyłą powierzchnię podłoża. Jeżeli keson otoczony jest wodą lub gruntem płynnym, to podkładamy pod zwisającą część jego worki z gliną, a w skałę wyrabujemy stopnie dla muru, na którym następnie oprzemy keson. Istnieją przykłady wiercenia pod komorą roboczą otworów, wypełnianych betonem, co dawało szereg słupów Straussa, które przenosiły ciężar kesonu na podłoże.



Zapuszczanie kesonu jednak nie zawsze tak się prosto przedstawia, jakby to można było sądzić z powyższego opisu. Zdarzają się bowiem wypadki, które mogą grozić niebezpieczeństwem tak dla życia ludzi, pracujących w kesonie, jak i dla całej budowli na nim wznoszonej. Jednym z takich niebezpieczeństw jest rozerwanie muru nad komorą roboczą. Między in-

nemi zdarzył się taki wypadek przy budowie mostu kolejowego przez Dniepr w roku 1861 - 62. Przy zapuszczaniu kesonu natrafiono na pokłady starych dębów, pochodzące od zatopionych tratw. Keson przeciął te pokłady, lecz przy dalszem osuwaniu się kesonu mur oparł się o nie i pod ich naporem został rozerwany wraz z szybami. Szczęściem stało się to w czasie, gdy ludzi w kesonie nie było. Naprawa kosztowała wiele czasu i trudu. Musiano w miejscu pęknięcia wybijać pod sprężonym powietrzem poziome sztolnie, aż do zewnętrznej powierzchni muru i kolejno je zamurowywać. Z wypadku tego można wysnuć wniosek, że mur nad kesonem nie powinien dochodzić do szybów, lecz tylko otaczać je w pewnej odległości / 10 - 15 cm. /. W razie pęknięcia muru szyby mogą zostać nienaruszone, chyba że górna oderwana część muru przesunie się po dolnej.

Drugi rodzaj niebezpieczeństw, grożących kesonom polega na odrywaniu się wsporników. Wypadek taki zdarzył się przy zapuszczaniu kesonu na Newie pod Petersburgiem, gdzie natrafiono na grunt piaszczysty, pokryty namulcem. Wsporniki się oderwały i trzeba było spuszczać przez szyb belki żelazne dla ich połączenia.

Gdy mowa o zapuszczaniu kesonów, trzeba zaznaczyć, że praca w kesonie należy do bardzo ciężkich. Powietrze przy sprężaniu nagrzewa się i gdyby nie ochładzanie, które osiągamy przez chłodzenie sprężarek, przewodów powietrznych oraz szluz, temperatura byłaby dla ludzi nie do zniesienia. Ochładza również powietrze w komorze kesonu wilgotna i chłodna, wciąż zmieniająca się powierzchnia gruntu.

Najbardziej uciążliwa jest praca ludzi, znajdujących się w komorze szybowej, gdyż tam powietrze ma najwyższą temperaturę, jako w miejscu najwyżej położonem z całego kesonu. Prócz tego wszystkie wyziewy zbierają się tam właśnie. Szczególnie ciężka jest praca w komorze, gdy keson przecina warstwy torfu lub namułu, wydzielające różne szkodliwe dla zdrowia i cuchnące gazy.

W miarę wzrostu ciśnienia, czyli w miarę zagłębiania się komory, praca w niej staje się coraz bardziej uciążliwa i szkodliwa dla zdrowia. To też przepisy ograniczają czas trwania pracy w kesonie, w zależności od ciśnienia, jak widać z poniższej tabelki:

Nadciśnienie w atm.	do 1	1 - 2	2 - $2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$ - 3	3 - $3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$ - 4
Czas trwania pracy w kes. na zmianę godz.	6	5	4	3	2	1

Miedzy dwiema zmianami konieczny jest odpoczynek, trwający conajmniej 8 godzin.

Z tabelki tej widać, że im zagłębienie skrzyni roboczej jest większe, tem częściej trzeba zmieniać ludzi, pracujących w komorze roboczej. Ponieważ, jakśmy to poprzednio zaznaczyli, w miarę wzrostu ciśnienia wzrasta czas, potrzebny do szluzowania ludzi, przeto w miarę wzrostu zagłębiania robota idzie coraz wolniej, gdyż masę czasu traci się na szluzowanie ludzi opuszczających keson i wchodzących doń na zmianę.

Ponieważ granica nadciśnienia, które może znieść organizm ludzki w ciągu dłuższego czasu, wynosi nie więcej niż $4\frac{1}{2}$ atm., przeto teoretyczna granica głębokości zapuszczania kesonów leży na czterdziestu pięciu metrach. Nie została ona jednak nigdy osiągnięta, gdyż rzeczywiste ciśnienie w kesonie jest za-

wsze nieco wyższe od teoretycznego, a praktyczna granica zagłębienia leży na 40 m. głębokości.

7. Zapełnianie wnętrza kesonu.

Gdy nóż kesonu osiągnie pożądaną głębokość i zatrzyma się na odpowiednim gruncie, przystępujemy do wypełniania murem wnętrza komory roboczej, by przez ten mur przekazać ciężar budowli na całą powierzchnię gruntu, ograniczoną nożem. By możliwie poszerzyć podstawę, na której opiera się nóż, i zabezpieczyć się przed wrzynaniem się noża w grunt, podkładamy pod nim warstwę klinkieru. Bywa to zbędne, gdy keson stanie na gruncie skalistym. Następnie na spód komory kładziemy warstwę betonu około 1 m. grubości, resztę zapełniamy murem z kamienia łamanego, lub betonem. Ponieważ wysokość wnętrza komory roboczej wynosi około 2,20 m., przeto po położeniu dolnej warstwy betonu pozostaje przestrzeń, mająca nieco więcej niż 1 m. wysokości. W tych warunkach zapełnianie jej murem z kamienia jest łatwiejsze do wykonania, niż zapełnianie betonem, który wymaga ubijania. W tak zaś ciasnej przestrzeni dobre ubicie betonu bywa przeważnie trudne, czasami wprost niemożliwe do osią-

gnięcia.

Wypełnianie prowadzimy od ścian komory ku szluzom, przez które podajemy na dół materiały budowlane. Przez szluzy również będą musieli wycofać się ludzie po skończonej robocie. Przy wydłużonym kształcie kesonu, wypełniamy murem boki komory, pozostawiając podłużne przejście po środku. Przejście to zamurujemy na końcu.

Beton i zaprawę do wypełnienia zwykle przygotowujemy w komorze roboczej, gdyż beton przygotowany na otwartym powietrzu mógłby stężeć przy szluzowaniu, naładowywaniu i spuszczeniu przez szyby, na co składają się: większe ciśnienie, wysoka temperatura i przeciągi.

Warunki, w jakich odbywa się zapełnianie drugiej górnej warstwy w komorze są wyjątkowo ciężkie i odbijają się zazwyczaj ujemnie na jakości roboty. Przedewszystkiem mała wysokość przestrzeni, w której odbywa się praca, zmusza ludzi do poruszania się w położeniu nachylnem lub przygarbionem, a pracują oni na kolanach. Ponieważ dostęp do muru jest jednostronny, tylko od środka, kontrola pracy jest bardzo utrud-

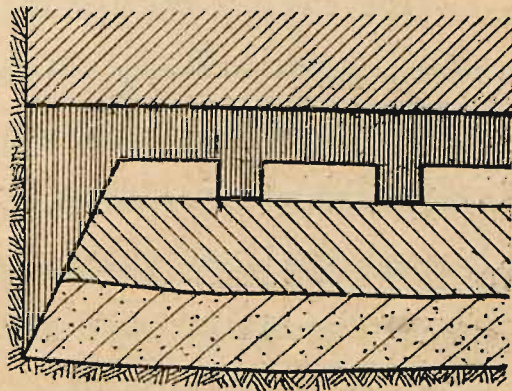
niona. W miarę zapełniania komory roboczej pozostaje w niej coraz mniej powietrza, które się już nie odświeża w takim stopniu, jak przy zapuszczaniu kesonu, gdyż dolna warstwa betonu nie pozwala mu uchodzić pod nożem.

Przy zapełnianiu murem należy szpary, pozostające między nim i pułapem kesonu, zaklinowywać kamieniem, by uzyskać przekazywanie ciśnienia na mur. Ze względu na specyficzne warunki pracy i trudności kontroli, wartość całej roboty pozostaje pod znakiem zapytania. Trzeba też przyznać, że zwykle keson, a z nim cała wzniesiona na jego stropie budowla spoczywa na nożu, mur zaś, wypełniający komorę, osiada niezależnie.

Dla uzyskania lepszego połączenia kesonu z murem inż.

Trzeciak zaprojektował komorę żelazobetonową z wystającymi na

dół belkami stropu. Podmurowanie dochodzi do belek, między belkami pozostają przestrzenie puste. Sposób



ten jest o tyle lepszy od zwykłego zapełniania komory, mającej płaski pułap, że łatwiej jest zaklinować belki, niż płaski strop, a tem uzyskać lepsze połączenie między stropem i murem zapełniającym.

Prof. Fedorowicz w tym samym celu radzi stosować wtłaczanie do przestrzeni między murem a pułapem zaprawy cementowej pod ciśnieniem. Do tego ma służyć rura, przechodząca przez całą budowlę i dolnym wylotem umocowana w pułapie kesonu. Sposób ten jest może kosztowny, ale skuteczny, bowiem nie tylko przestrzeń nad murem, ale również wszelkie łączące się z nią szczeliny samego muru mogą być wypełnione zaprawą.

Gdy komora oraz dolny, na stałe z nią połączony bęben szybu zostaną wypełnione murem, przystępujemy do usunięcia reszty szybu. W tym celu spuszczaamy doń na trapezie ślusarza, który odkręca naśrubki i razem z szybem zostaje podniesiony do góry przy pomocy dźwigarki. Ponieważ przy tej czynności przerywa się szczelność szybu i woda może go zalać, konieczne jest silne pompowanie powietrza.

Należy zaznaczyć, że pomimo najstaranniejszego

wypełniania murem komory roboczej, stwierdzono późniejsze osiadanie kesonów. Przyczyn tego zjawiska należy szukać w samej zasadzie wykonania kesonowych robót. Mur, zapiekający skrzynię, opiera się na gruncie, który był obciążony tylko ciśnieniem powietrza sprężonego, przekraczającego nieco ciśnienie odpowiedniego skupa wody. Z drugiej strony to samo ciśnienie powietrza podtrzymywało częściowo w czasie zapuszczania ciężar kesonu i budowli. Po wypuszczeniu powietrza keson całym ciężarem oparł się na nożu i na wypełniającym komorę murze. Nóż wcina się w grunt, mur świeżo wykonany osiada, osiada również nieco pod nim grunt, obciążony znacznie więcej niż to było poprzednio.

Stwierdzone zostało osiadanie do 0,25 m. Bywa ono jednak mniej niebezpieczne dla budowli kesonowych niż dla innych, na przykład dla budynków miejskich, gdyż budowle kesonowe bywają zwykle zwarte, o niezbyt znacznych wymiarach w planie, więc różnica w osiadaniu poszczególnych punktów nie może być wielka, a pewne nachylenie zwartego monolitu nie jest groźne. Należy dodać, że osiadanie kesonów

daje się zauważyć tylko bezpośrednio po wypuszczeniu powietrza, gdyż uszczelniający się dokoła fundamentu grunt unieruchomia zapuszczoną posadę.

Omówione tu zjawisko osiadania tem jest większe, im słabsza jest warstwa gruntu pod kesonem. Jeżeli gruntem tym jest skała, to chociaż mur wypełniający komorę osiada, a keson opiera się dzięki temu tylko na nożu, osiadanie kesonu jest mało prawdopodobne. Powstać może tylko z powodu odkształceń noża.

Przytoczone powyżej cechy kesonów dopuszczają większe odkształcenia gruntu, a więc i większe obciążenia warstw ziemnych, niż w budowlach miejskich.

8. Wnioski.

Młody ten stosunkowo, bo istniejący dopiero od 1850 roku, sposób posadowienia, zyskał sobie w krótkim czasie prawo obywatelstwa i wyparł inne metody. O ile przed 1850 rokiem posadowiono wiele budowli na palach, o tyle później zaprzestano stosowania pali a wszystko budowano na kesonach. Przyczółki i filary mostowe, budowle wodne, wieże, ba-

sztty i td. zaczęto stawiać tylko na nich.

Daje się zauważyć przesada w stosowaniu kesonów, które, choć przedstawiają prosty sposób posadowienia w trudnych warunkach gruntowych i wodnych są jednak sposobem drogim, a przede wszystkim szkodliwym dla zdrowia ludzi, zajętych przy ich wykonaniu.

Można powiedzieć, że nieraz stosując keson, popełniamy sprzeczność, gdyż usuwamy grunt i zastępujemy go kamieniem i betonem, obciążając znacznie więcej podłoże, niż ono było obciążone w stanie naturalnym. Tylko w wyjątkowych warunkach, gdy podłoże przedstawia grunt bardzo mocny, zalegający głęboko pod nawarstwieniem gruntów słabych, stosowanie kesonów może być całkowicie uzasadnione. To też obecnie ustaje nieco pęd do posadowienia każdej znaczniejszej budowli na kesonach. Zauważa się nawrót do stosowania pali.

