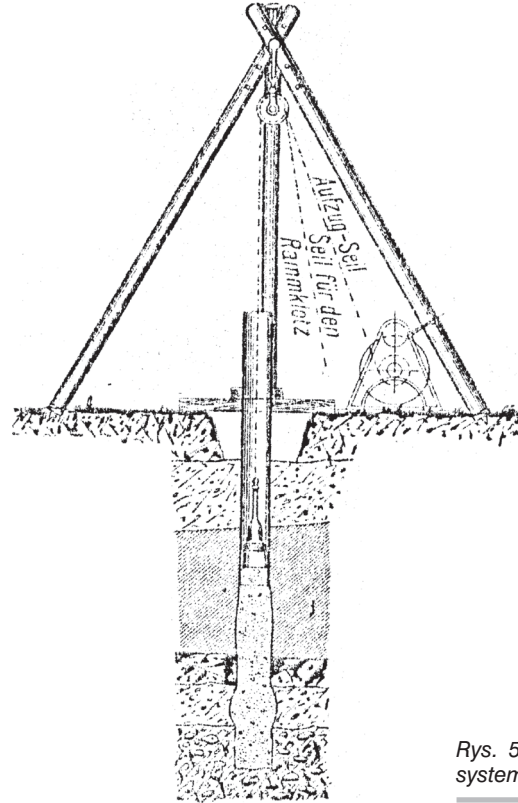


Fundamenty na palach. Część III

Wynalazcą pali wierconych był rosyjski inżynier górniczy Antoni Strauss z Kijowa, któremu ten pomysł narzucał się z racji jego zawodu – by pale pogrążyć w gruncie nie przez wbijanie, tylko systemem górniczym za pomocą wiercenia. W gruntach namulistych wierciło się otwór z reguły łyżką (szlamówką), zawsze w ochronie rury wiertniczej, którą się równocześnie wtlaczało. Według Mariana Lutostawskiego [8], Strauss nie był inżynierem tylko technikiem. „Jego system dawał wyniki bardzo niezaufane – może być zaliczony raczej do ciekawych pomysłów, niż do praktycznych sposobów głębokiego fundowania na gruntach niepewnych... Beton, spuszczone z znacznej wysokości w wąski stosunkowo otwór, dochodzi do spodu już nie jako równomierna mieszanka, ale podzielona na części twardsze i bardziej miękkie; trudność ubicia takiego betonu sprawia, że wytrzymałość jego jest bardzo wątpliwa. Brak przytem wszelkiej kontroli nad tym, jak się zachowuje grunt otaczający rurę przy jej wyciąganiu, o ile i jak silnie zetknął się z betonem. Szczególnie w miejscach mokrych sposób ten jest trudny do zastosowania.” Przytoczona wyżej krytyka Lutostawskiego (z 1907 r.) wynikała z obserwacji zagłębiania pali Straussa w okresie początkowo jeszcze niezbyt opanowanej technologii.

W czasie wiercenia otworu, tak jak przy wierceniu studni, prowadzono normalny dziennik wierceń, pobierano próbki gruntu do zbadania ich w laboratorium – wszystko to przypominało poniekąd wiercenia badawcze. Żelazną rurę (prowadnicę), o wewnętrznej średnicy 25 ÷ 40 cm, ustawiano zwyczajną metodą wiertniczą, z uwzględnieniem możliwości wydobywania i odkładu zawartości rury. Mogły tu znaleźć zastosowanie narzędzia wiertnicze do robót związanych z sondowaniem gruntu. Urządzenie służące do opuszczania rur (rys. 53) służyło też do zawieszania i sprawdzania tulei cylindrycznej z zaworem dennym do wprowadzania betonu i ubijaka do tegoż betonu. Po wrzuceniu porcji betonu do rury, pod wpływem silnego ubijania betonu była ona wypchana w górę na małą wysokość. Przy tym ubijany beton przesunął się nad dolną krawędź rury i wypychał uprzednio wrzuconą warstwę z wylotu rury. W czasie tego działania, jak wskazuje praktyka, następowało – poza bardzo zwartymi partiami gruntu – znaczne zgrubienie pala, większe niż to by odpowiadało średnicy rury. Skoro zagęszczenie gruntu i ubicie betonu osiągnęły swoje granice, co rozpoznawano na linii ubijaka, gdy odpowiednie oznaczenie nie ulegało przesunięciu, wtedy trzeba było uzupełnić beton i ubijać go jak poprzednio. Baczyc należało na to, by rura była chwilowo wyciągnięta na taką wysokość, by także po zakończeniu ubijania betonu jeszcze go tam około 25 cm zalegało. Zabezpieczało to przed wdarciem się masy ziemnej do kolumny betonu. Oznaczenia na linii ułatwiały orientację w czasie betonowania, na jakiej wysokości beton pogrubiał się i rozszerzał, przechodząc przez słabsze war-



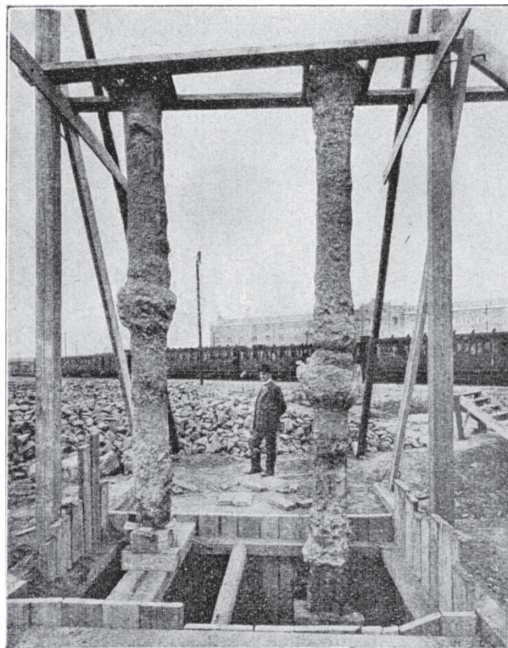
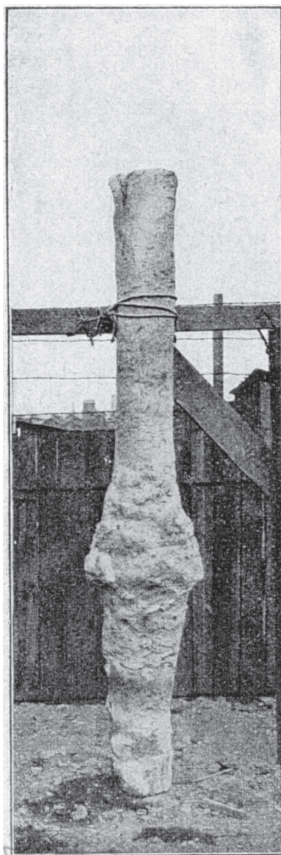
Rys. 53. Pale wiercone systemu Straussa

stwy gruntu, bardziej ustępliwe, i gdzie w warstwach zwartych nie poddawał się skompromowaniu i wypieraniu. Pale Straussa kształtowano jako pale różnej grubości, dostosowując ich objętość do różnego stopnia zwartości i miękkości rozmaitych warstw gruntu (rys. 54 – pale odkopane). Tak też można powiedzieć, że zgrubienia pala były w odwrotnym stosunku do stopnia zwartości gruntu. Rurowanie otworu odbywało się w różnych uwarstwieniach gruntu, nieraz bardzo ciężkich, gdy uciec się trzeba było do wprowadzenia do rury świda korbowego (rys. 55), opatrzonego w zawór, czy dłuta udarowego (rys. 56) w celu przebicia się przez skałę. Nieraz i z wyciągnięciem rury żelaznej były kłopoty, gdy trzeba było używać ręcznej windy (rys. 57).

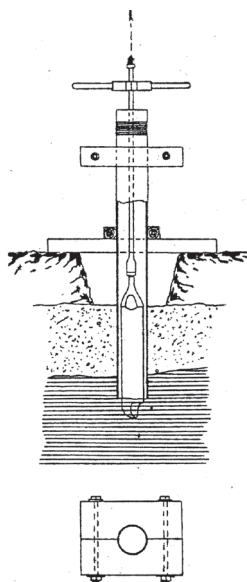
Pał Straussa nie stał na ostrzu tak jak pał wbity, lecz na podstawie równej co najmniej przekrojowi rury. Pominąwszy częste poszerzenie podstawy u dołu, która przenosiła bezpośrednio obciążenie na podłoże gruntowe, to przecież każdemu węzłowi, każdemu zgrubieniu, jak i ogólnie całej zewnętrznej powierzchni z jej bardzo silną chropowatością należało przypisać niezwykle dużą nośność! Zabetonowane w gruncie a potem odkopane pale zdradzały przesycenie otaczającego pał gruntu emulsją cementową (cement + woda); tu

i tam nawet większe kamienie przywierały do pala. Na dużych budowach robiono nieraz próby z obciążeniem pali, stojących osobno, tak jak w 1908 r. na budowie tzw. „Stubenringu” w Wiedniu, który dla Ministerstwa Marynarki wykonywała firma „N. Rella u. Neffe”. Posadawiano na tych

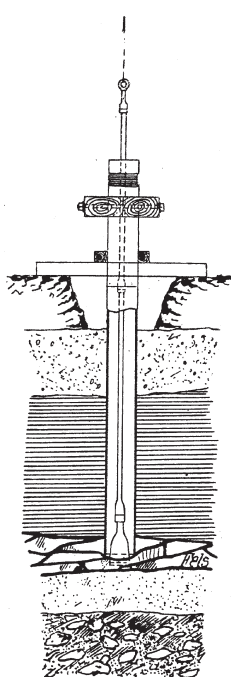
palach budowę już od 1902 r. w Rosji, także w Niemczech, gdzie firma „Dyckerhoff u. Widmann” wykupiła na nie patent w 1907 r. Długość pali dochodziła do 12 m. Obciążane były 200 i 300 kN. Przy próbach osiadanie ich było niewielkie, zaledwie parę milimetrów.



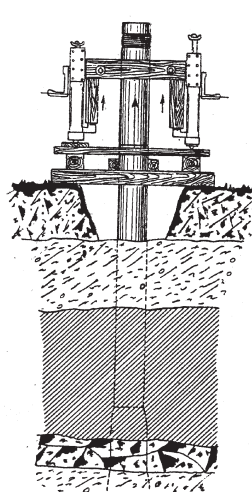
Rys. 54. Odkopane pale Straussa



Rys. 55. W ciężkich gruntach wprowadzenie świdra do formowania pala Straussa



Rys. 56. Pale Straussa – w przypadku natrafienia na podłoże skaliste używano dłuta udarowego



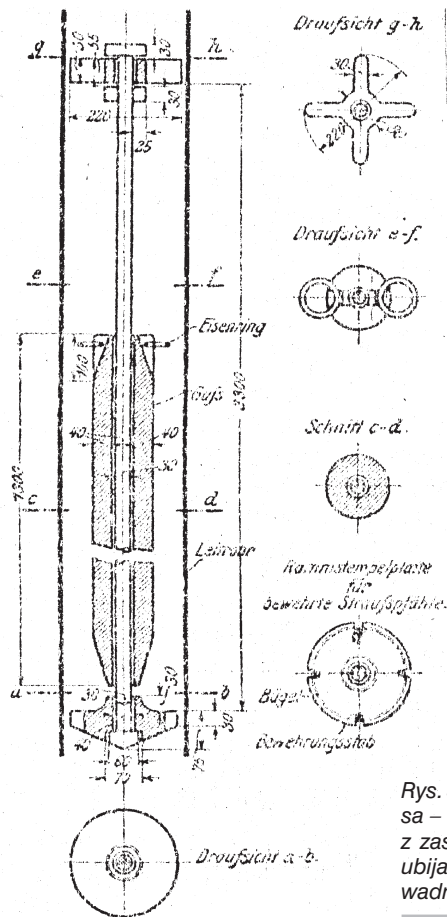
Rys. 57. Pale Straussa – trudności z wyciągnięciem rury żelaznej przy użyciu ręcznej windy

Mogły być też zbrojone, gdy było to konieczne jako zabezpieczenie przed wybočeniami pali stojących, czy też w przypadku występowania sił poziomych. Wiotkie pręty zbrojeniowe wstawiano w rurę prowadzącą, a ubijak betonu poruszał się w przestrzeni między tymi prętami.

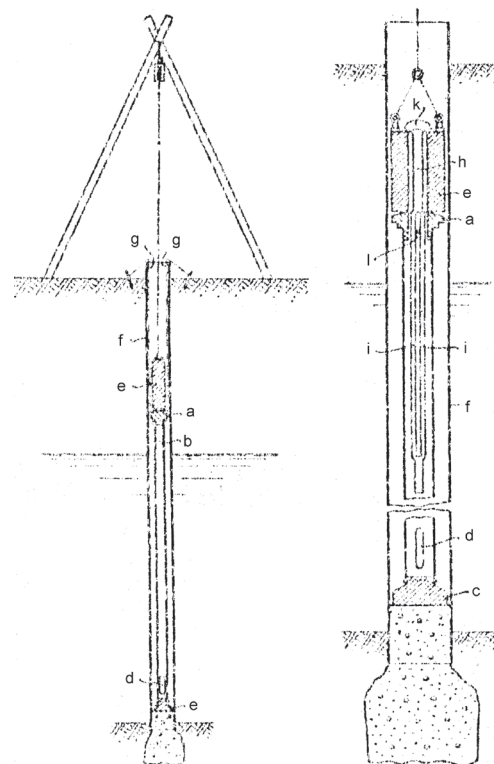
Trudności z zastosowaniem pali w gruntach przesyconych wodą, Strauss w wielu wypadkach zdołał przezwyciężyć, szybko wprowadzając do rury, po jej opróżnieniu z gruntu, korek z zarobionego tłusto betonu i nadal ubijając wprowadzony mało wilgotny beton, aż do wyrównania z ciśnieniem wody. Udawało się to jednak raczej w warunkach bardziej pomyślnych. Aby zdecydowanie uniezależnić się od wody, chwycił się bardziej skutecznego sposobu – betonowania pod wodą! Nie odpompowywał wody, lecz od razu wprowadzał do rury spory wsad betonu tuleją z otwieraniem od spodu dolnym zaworem klapowym, uruchamianym z góry. Na warstwę betonu lub kilka warstw spuszczano działający pod wodą ubijak (rys. 58). Przy tym stojak podczas pracy kafara spoczywał stale na warstwie betonu, przeciwdziałając jego wypłukiwaniu. Miał on też na krawędziach otwory do przepuszczenia zbrojenia. Pręt prowadzący ubijaka trzymany był u góry obejmą (uchwytem) z czterema rączkami. Młot kafarowy (ubijak) chodził na długiej 3,30 m sztandze żelaznej o średnicy 30 mm. Ślizgający się po sztandze wydrążony żeliwny młot kafarowy (w kształcie walca), o długości 130 cm, średnicy wewnętrznej 40 mm i zewnętrznej 120 mm, uderzał w dolną płytę spoczywającą na betonie. Młot, o masie 90 kg, obsługiwany był przez czterech ludzi za pomocą linki, za którą oni pociągali. Wskutek niewielkiej średnicy i szpiczastego zakończenia młot kafarowy (ubijak) nie natrafiał na zbytne w wodzie opór. Po dostatecznym ubiciu jednego wsadu betonu, całe urządzenie wydobywano z rury i wprowadzana była nowa porcja betonu.

Wśród licznych realizacji posadowienia na palach Straussa, warto przytoczyć roboty związane z przebudową i nadbudową (wraz z wprowadzeniem dużego obciążenia w postaci sił skupionych około 2÷7 MN) gmachu dyrekcji linii transoceanicznych w Hamburgu, w 1913 r. Budynek z 1901 r. oparty był na palach drewnianych za pośrednictwem płyty żelbetowej grubości 1,00÷1,85 m. Wzmacnianie fundamentów przeprowadziła firma „Dyckerhoff u. Widmann”,

przewiercając za pomocą świrdrów udarowych otwory w tej monstrualnie grubej płycie i wprowadzając przez te otwory rury żelazne w celu wydobywania gruntu i sformowania pali Straussa. Pale były zbrojone, a ich zbrojenie połączono ze



Rys. 58. Pale systemu Straussa – betonowanie pod wodą z zastosowaniem żelaznego ubijaka spadającego po prowadnicy pionowej



Rys. 59. Udoskonalenie pali Straussa przez wprowadzenie ubijaka według koncepcji prof. Spargerbergera

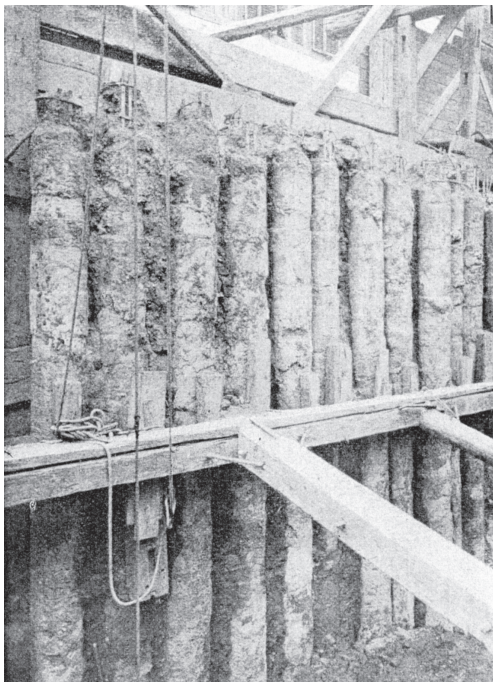
zbrojeniem płyty. Wiercono je wzdłuż murów nośnych, z obu stron, a głowice pali zazębiało w murze.

W późniejszym czasie prof. Spargerberg, wówczas dyrektor tej firmy w Dreźnie, wymyślił i zdołał opatentować dalszą odmianę ubijaka kafarowego (rys. 59) w tym samym celu, by wykonywanie pali Straussa uniezależnić od wód gruntowych. Wpadł na pomysł, by głowica młota kafarowego zawsze wystawała ponad poziom wody gruntowej. Urządzenie składało się z trzech wymiennych części: z głowicy *a*, trzonu *b* ukształtowanego jako rura i płyty dolnej (stopowej) *c*. Na dolnym końcu trzonu rurowy zaopatrzone w otwory dla wlotu i wylotu wody. Na głowicy *a* spoczywał młot kafarowy *e*, z przewodem rurowym, w którym ślizgała się żelazna prowadnica *h*. Mogła ona dzięki zaokrąglonej główce *k* zahaczać o górną krawędź młota i na nim spoczywać. Pręt kierowniczy *h* miał podłużny wręb *i*, przez który w głowicy urządzenia przechodził przymocowany sworzeń *l*. Długość bruzdy *i* była w ten sposób dobrana, by można było uzyskać skok młota kafarowego o dowolnej wysokości. Po przerwaniu pracy kafara, aby był czas na ponowny wsad betonu, wyciągano młot kafarowy, przy czym sworzeń *l* w bruzdzie *i* chował się głęboko i... całe urządzenie wyciągano. W czasie tej czynności woda nad betonem pozostawała w spokoju, a odpływ zaczynu cementowego był zamknięty. Korzystając z tego urządzenia, wykonano wiele dziesiątków tysięcy pali w Niemczech i Szwajcarii, z zupełnie dobrym rezultatem.

Przykładów użycia pali Straussa przytoczyć można jeszcze wiele. Z ciekawszych było posadowienie, już w czasie trwania I wojny światowej, olbrzymiego zespołu bunkrów na węgiel,

o wymiarach w planie 13×42 m i wysokości 45 m. Ładunek miał mieć masę 18000 t. Grunt był słaby – dopuszczalny nacisk miał nie przekraczać 0,15 MPa. Powierzchnia fundamentu płaskiego nie mieściła się w zabudowie – dawałaby nacisk na grunt przeszło dwukrotnie większy (0,33 MPa). Grunt nośny, na który składał się piasek przerośnięty gliną, zalegał 4,7 m poniżej terenu fabrycznego. Lustro wody gruntowej było na 6,5 m. Postanowiono uciec się do zagłębienia pali Straussa aż do gruntu nośnego i zatopienia ich głowic w ciężkiej uźbrowanej płycie żelbetowej o powierzchni 670 m². Wykonano 631 pali na głębokość $5 \div 10$ m. Na płytę przekazano ciężar 67 MN (dający nacisk 0,1 MPa), a na pale $18 - 6,7 = 11,3$ MN. Na jeden pał wypadło obciążenie $180 \div 200$ kN. Płyta miała grubość 0,6 m, a razem z żebrami – 1,8 m.

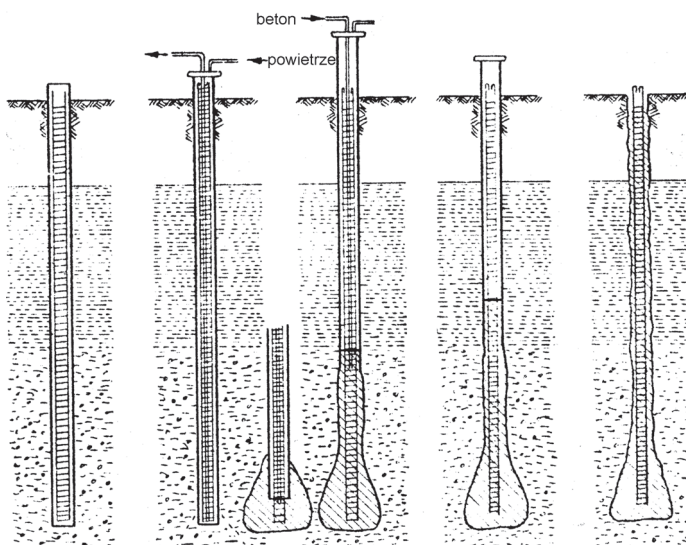
Jak wynika z tego przykładu, pale Straussa szczególnie nadawały się tam, gdzie budowano w ciasnej przestrzeni, gdzie trzeba było uniknąć wstrząsów. Tak było i z domem handlowym Hirschlanda w Mannheim z dużej rozpiętości ramownicami (roboty prowadziła firma „Planka”), czy na innej budowie, gdzie głębokie wykopy biegnące wzdłuż ruchliwej ulicy chroniono zwartym szeregiem zbrojonych pali Straussa (rys. 60). Pale miały długość 7,4 m i sięgały 3 m poniżej dna wykopu. Brały więc na siebie 4,4 m parcia gruntu z mocno obciążonym naziemem, będąc w jednym tylko miejscu rozparte (2 m od wierzchu). Nie wchodziły tu w grę skośne przypory drewniane, za bardzo zawadzające w robotach. A na wbijanie ścianek szczelnych nie można było sobie pozwolić z uwagi na sąsiednią zabudowę. Roboty te w 1914 r. prowadziła firma „Dyckerhoff u. Widman”.



Rys. 60. Pale Straussa – zabezpieczenie wykopów w ulicy za pomocą wielu pali Straussa, pracujących na parcie gruntu, z zastosowaniem rozpór

Wypada uzupełnić, iż pale Straussa zagłębiano także wewnątrz istniejących obiektów, wielokrotnie w piwnicach domów, przy wysokości w świetle zaledwie 2,2 m.

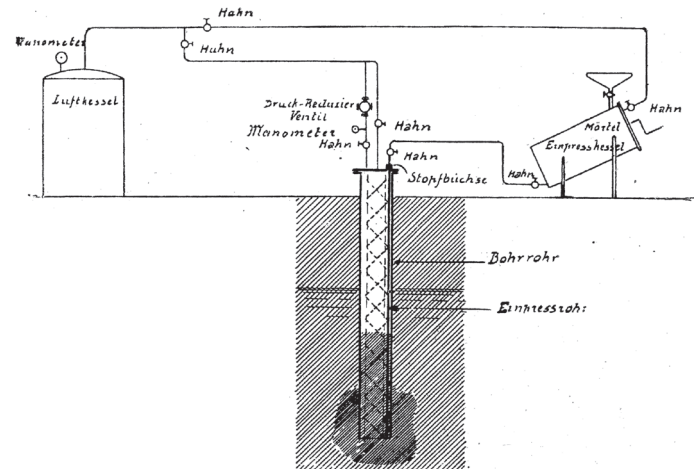
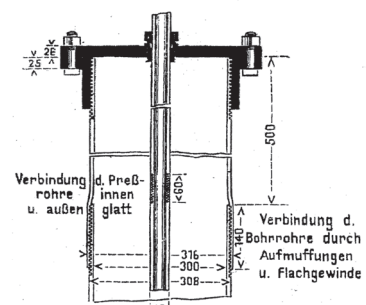
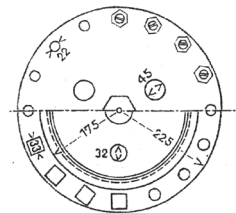
Pale Wolfsholza, inżyniera z Berlina, stanowiły postęp w stosunku do pali Straussa, a wykonywało się je w sposób bardzo zbliżony do tych pali. Udoskonalenie uzyskano na drodze dalszego wyeliminowania wstrząsów oraz nękania mieszkańców sąsiedniej zabudowy dymem i hałasem pochodzącym od maszyn itp. Naturalnie te zapewnienia (m.in. prof. Colberga) były nieco przesadzone, nie można bowiem zapominać o hałasie, który dają sprężarki.



Rys. 61. Pale Wolfsholza – poszczególne fazy formowania pali z zastosowaniem zbrojenia (drugi pal od lewej jest nakryty szczelną pokrywą z przyłączami do przewodów doprowadzających)

Używano rur wiertniczych o średnicy wewnętrznej 25÷60 cm, a zależnie od głębokości posadowienia dośrubowywano kolejne odcinki rury. Jeżeli rozporządzano małą wysokością (praca w pomieszczeniach), to trzeba było stosować krótsze odcinki rur. Przed osiągnięciem odpowiedniej głębokości, gdy można było przystąpić do ewentualnego uzbrojenia i zabetonowania pala, czynności nie różniły się od postępowania w przypadku pali Straussa. Stosowano odpowiednie przybory, zależnie od złóż geologicznych. Jeśli pal miał być zbrojony, to gotowe zbrojenie wstawiano do rury wiertniczej (rys. 61). Różnica między palami polegała jedynie na sposobie ubijania betonu.

Gdy dowiercilo się na odpowiednią głębokość, to na rurę nakładano szczelną pokrywą (rys. 61 i 62) i łączono ją śrubami z kołnierzem, nagwintowanym od wewnątrz i nakręconym na nagwintowany od zewnątrz wierzch rury wiertniczej. Pokrywa ta miała różne przyłącza do przewodów doprowadzających. Przez jeden z nich wtłaczano do szczelnie zamkniętej rury sprężone powietrze o ciśnieniu 0,6 MPa. Chodziło o wypchnięcie z rury wpływającej do niej wody i wciśnięcie jej przez dolny otwór w otaczający rurę grunt. Jeżeli grunt był bardziej zwarty, o małym współczynniku filtracji, to wodę od-



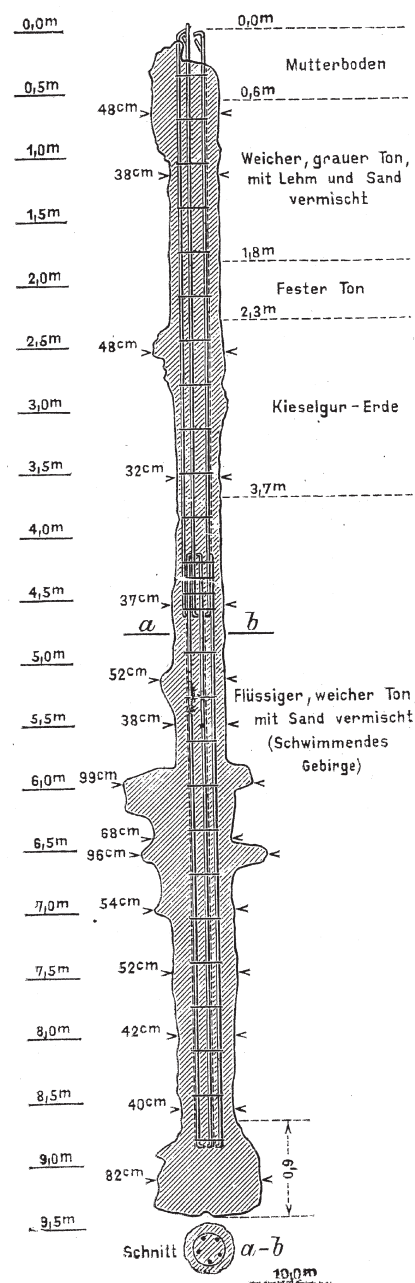
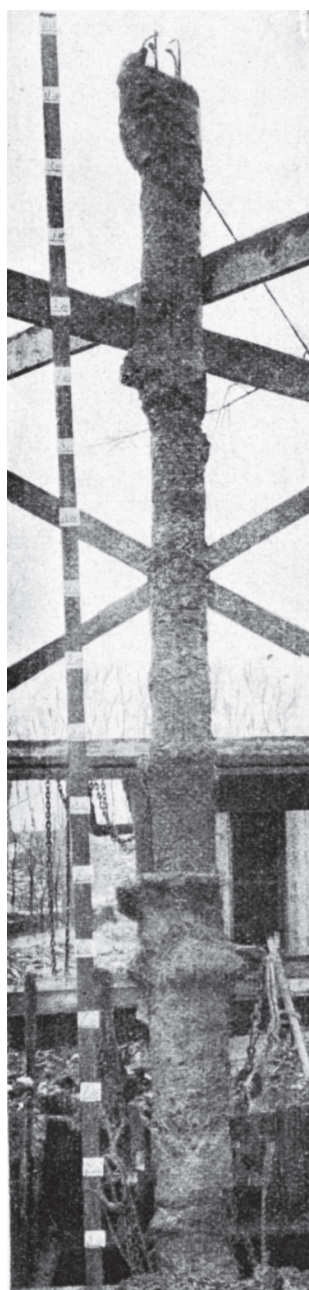
Rys. 62. Szczegóły pokrywy w palach Wolfsholza oraz schematu instalacji sprężającej powietrze, odprowadzającej wodę oraz wtlaczającej beton

prowadzano na zewnątrz trzecim, dodatkowym przewodem. Drugim przyłączem, po zamknięciu pierwszego zaworu, wtlaczano pod takim samym ciśnieniem beton, doprowadzony specjalnym przewodem do dolnej krawędzi rury wiertniczej. Po wypełnieniu rury do określonej wysokości, zamykano dopływ ciepłego betonu i wpuszczano sprężone powietrze, które nie tylko sprasowywało beton, lecz także wyciskało go z rury u dołu i wtlaczało w przyległy grunt. Czynności te powtarzano – znów następowało wypełnienie następnego odcinka betonem oraz wypieranie tego rozdzielającego się w gruncie betonu przez urządzenie sprężające powietrze. Po osiągnięciu przez pal większej długości, ciśnienie powietrza we wnętrzu rury wiertniczej ulegało podwyższeniu, a pod jego działaniem sama rura wypierana była ze swego wewnętrznego i zewnętrznego otulenia. Bardziej ustępliwe uwarstwienia gruntu poddawały się temu silnemu parciu i były wtlaczane w najbliższe otoczenie. W ten sposób wzdłuż trzonu pala tworzyły się wydatne guzy i pogrubienia. Robotę kontynuowano dotąd, aż rura na całej swej długości nie wyszła z gruntu, i wtedy można było ją odstawić. Zbrojenie pozostawiano jako wystające zwykle około 0,5 m powyżej bryły pala, tzn. że w rurze wiertniczej trzeba było pozostawić odpowiedni odstęp nad głowicą pala, aby to zbrojenie związać później ze zbrojeniem żelazobetonowej konstrukcji płaskiej.

Nośność gruntu podłoża, pomijając penetrację w nim betonu, ulegała także zwiększeniu dzięki ogólnemu naciskowi. Widać to było po odkopanych palach (rys. 63), że największe guzy i pogrubienia pala występowały w gruntach słabszych. Ten sposób posadowienia mógł znaleźć nie mniejsze zastosowanie w przepadku, gdy nie można było osiągnąć gruntu nośnego, poprzestając na pracy pala zawieszono w gruncie. Nie ulegało wątpliwości, że poszerzenie podstawy pala powodowało rozłożenie nacisku na grunt, a bardzo nieregularny kształt powierzchni pala stanowił dodatkowe zabezpieczenie przed osiadaniami.

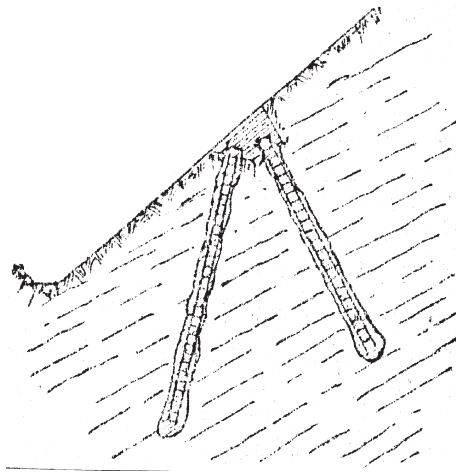
Konieczność ratowania obiektów zmuszała nieraz do użycia pali Wolfsholza, by nie zwiększać stanu zagrożenia przez zastosowanie technik powodujących wstrząsy. I tak na stacji w Mysłowicach zaobserwowano osiadanie sklepionego przepustu o wartości aż 23,5 cm. Był to 1915 r. – czas I wojny światowej. Wszelkie próby, jak dawanie nowych pierścieni ceglanych, nie przynosiły pożądanego skutku. Dopiero wprowadzenie pali Wolfsholza dało oczekiwane rezultaty. W ciasnocie przepustu można było beton wtlaczać tylko pod ciśnieniem, dając zaledwie 2 m odcinki rury. Całkowita długość pali wyniosła przeszło 10 m. W podobny sposób ratowano przepust w km 197,45 trasy Mysłowice–Szczakowa. W wielu innych miejscach naprawiano w ten sposób urządzenia kolejowe, doki itp. Także w 1916 r. osuwającą się wieżę tumu w Quedlinburgu.

Inną zaletą pali z wtlaczaniem pod ciśnieniem betonu była możliwość przystosowania ich do roli pali kotwowych (pracujących na rozciąganie). Miały one przewagę nad palami Straussa, gdyż pochylenie tych pali nie odgrywało żadnej roli,



Rys. 63. Odkopany pal, z wtlaczaniem pod ciśnieniem betonu; zwraca uwagę ustępliwość słabszego gruntu, gdzie beton najbardziej się uwypukla

podczas gdy u Straussa zwiększeniu pochylenia towarzyszyło słabnące działanie wolno spadającego ubijaka. Tym bardziej, że tłoczenie betonu pod ciśnieniem było niezależne od pochylenia (rys. 64). Dlatego użycie tych pali było wyjątkowo korzystne przy budowie słuz i suchych doków, umocnień nadbrzeżnych i wszędzie tam, gdzie prócz ściskania mogło występować także rozciąganie. Później technika ta znalazła zastosowanie w obrębie terenów zagrożonych osuwiskami do przytrzymywania nasuwających się warstw gruntu. Stworzono też specjalne określenie: gwoździowanie stoków! Prof. Colbergowi relacjonowano stosowanie tej techniki w budowie mostów przeładunkowych, moli, filarów mostowych, kamiennych umocnień brzegów, ale w ten sposób, że pale w strefie nawodnionej przedłużane były przez zastosowanie drugiej rury (zewnętrznej), aby zachowały one nad dnem rze-



Rys. 64. Zastosowanie systemu pali Wolfsholza do wykonania pali ukośnych, kotwiących

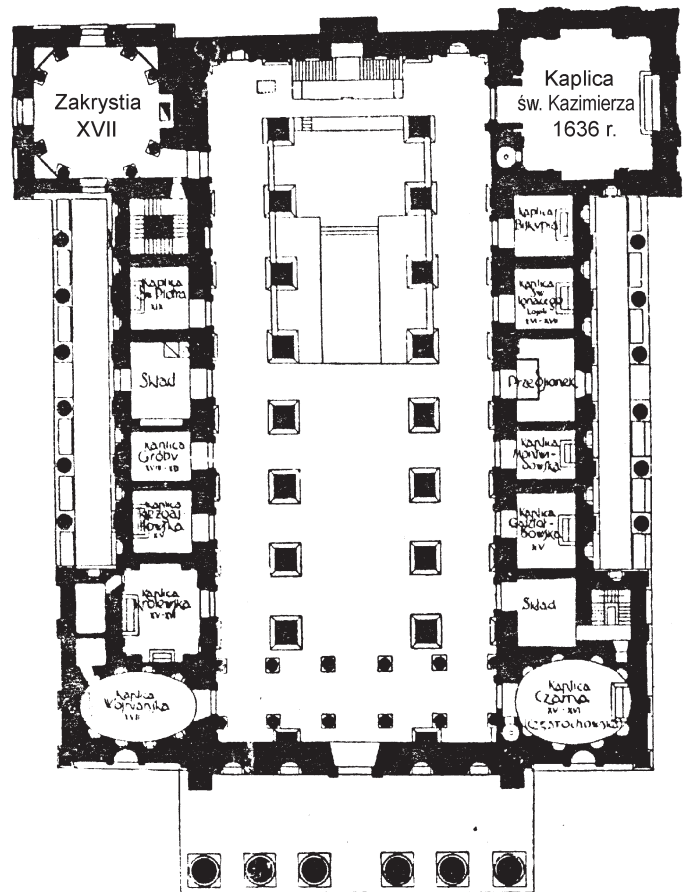
ki czy morza płaszcz ochrony jako stałe wzmocnienie, albo przynajmniej tak długo, póki nie nastąpiło wystarczające stwardnienie betonu pala.

Słynne było ratowanie Bazyliki Wileńskiej pod wezwaniem św. Stanisława po wiosennej powodzi w 1931 r. Związane to było z gruntownym remontem tej pięknej, zabytkowej budowli z XIV w., przebudowanej cztery wieki później w duchu klasycystycznym (rys. 65) przez Wawrzyńca Gucewicza (przebudowę dokończył Michał Szulc). Wtedy to powstał Komitet Odnowienia Bazyliki Wileńskiej, do którego weszli m.in. prof. Politechniki Lwowskiej Romuald Karol Rostoński (1830–1956), prof. Politechniki Warszawskiej Józef Fedorowicz, konserwator wileński prof. Stanisław Lorentz, prof. architekt z Warszawy Juliusz Kłos. Roboty rozpoczęto w 1932 r. i ukończono w połowie lutego 1933 r. W wyniku przetargu roboty realizowała firma „M. Łempicki S.A.”. Prace nadzorował bezpośrednio znany konstruktor warszawski, asystent Fedorowicza, inż. Henryk Wąsowicz, mając do pomocy wawelberczyka Cypriana Jurewicza. Autorstwa Wąsowicza jest też artykuł sprawozdawczy w „Architekturze i Budownictwie” z 1933 r. [21].

Deformacje występowały znacznie wcześniej, ale po powodzi stan Bazyliki przedstawiał się wprost rozpaczliwie – zapa-



Rys. 65. Katedra Wileńska



Rys. 66. Przekrój poziomy Katedry Wileńskiej

dła się posadzka w kaplicy św. Kazimierza i w lewej nawie bocznej (rys. 66); wszystkie sklepienia w portyku popękały. Istotną przyczyną był bardzo słaby grunt pod płytkimi bankietami kościoła. Nie ulegało wątpliwości, iż trzeba było wzmocnić podłoże, ale jak...? Przedyskutowano możliwość zeskalenia gruntu drogą wprowadzenia krzemionki według systemu dr inż. Hugo Joostena z Nordhausen. Nie mogło być jednak o tym mowy, bo sposób ten nadawał się tylko do gruntów kwarcowych, niezbyt silnie zailonych. Upadł też pomysł scementowania gruntu, z zastosowaniem cementu USS i Alca Electro z Łazisk Górnych. Nierealnie było dobre jego przemieszanie i nie było dostatecznej gwarancji, że cała nieregularnie rozłożona warstwa humusu będzie przesycona cementem. Z inicjatywy prof. Fedorowicza zdecydowano się na pale Wolfsholza i na dowiercenie się nimi do gruntu stałego w postaci głęboko zalegających (ok. 15 m) warstw itu.

W tym celu dźwigarami I400 ustabilizowano ściany nośne i filary, wcinając się nimi obustronnie w mur, by przekazać cały ich ciężar na opuszczone przy licu murów pale średnicy 40 cm. Użyto krajowego cementu glinowego Alca Elektro. Analiza wody wykazała zbyt dużą zawartość w niej jonów chloru, jonów siarczanowych oraz soli magnezu i nadmierną utleniałość. Ponadto wskaźnik stężenia jonów wodorowych pH był o 5÷8% większy od 7. Woda była więc niebezpieczna dla zwykłego cementu portlandzkiego. Kompresor Planque'a dawał sprężenie powietrza do 1,0 MPa i miał wydajność nasytania 300 m³ powietrza na godzinę, przy pracy elektromotora o mocy 50 KM. Nośność pali obliczano wzorami Dörra

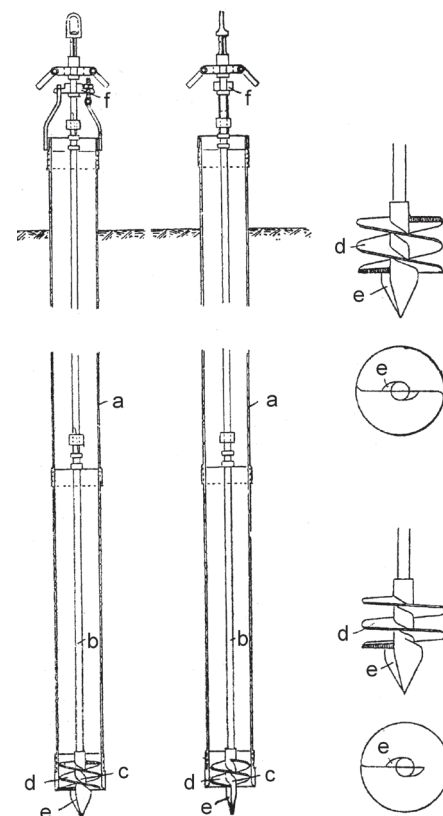
na 505,6 kN. Pal próbny był zwarty, bez przerw, jednolity. Dokładność wykonania pali sprawdzano aparatem Crealjusa. Dane dotyczące współczynnika tarcia, ciężaru gruntu i kąta nasypowego przyjęto według Dörra. Wyniki wykazały, iż tylko współczynniki tarcia wymagały drobnych poprawek.

W czasie robót podstemplowano tympanon i część sklepień, wzmocniono konstrukcję dachową, wprowadzono na poddaszu obetonowane ściągi żelazne. Niezależnie przeprowadzono gruntowną naprawę sklepień ceglanych. Dodać trzeba, iż zastane ściągi żelazne z czasów Gucewicza uległy uplastycznieniu, nawet jeden z nich był pęknięty. Zastąpiono je nowymi obetonowanymi z żelaza średnicy 35 mm.

Nie od rzeczy będzie przypomnienie ogólnej aury, jaka towarzyszyła tej właściwie trudnej budowie. Źródłem wszystkiego był stary napis na tablicy w Bazylice: „*Violator huius operis infelix esto*” („*Naruszający dzieło nieszczęsnym będzie*”). I co się okazało... Gucewicza, pierwszego renowatora Bazyliki, zarąbano siekierą. Jego następca Michał Szulc utopił się. Juliusz Kłos spadł ze schodów, doznając nagłego ataku serca. Lekarz August Przygocki, będący obecnym przy ekshumacji zwłok Barbary Radziwiłłówny, popełnił samobójstwo. Tyle trupów! Do zintensyfikowania ponurego nastroju przyczynił się w dużym stopniu Ksawery Pruszyński, wówczas jeszcze młody początkujący reporter ze „Słowa Wileńskiego”. Stanisław Lorentz, ówczesny konserwator wileński, zaprzeczał, że nic podobnego nie wystąpiło, a żadnego Przygockiego sobie nie przypomina. No, ale bądź co bądź, Pruszyński wszystkiego z palca nie wyssał.

Otoczeniem Bazyliki bardzo interesował się Kazimierz Kieniewicz i w tej sprawie zabierał głos w tej samej „Architekturze i Budownictwie” w 1938 r. [6]. Był to bardzo zdolny grafik i malarz, brat rodzony Stefana, historyka, prof. Uniwersytetu Warszawskiego. Artykuł Kieniewicza lansował rozwiązanie otoczenia katedry według koncepcji prof. Wydziału Sztuk Pięknych Uniwersytetu Stefana Batorego, Ludomira Ślendińskiego.

Przy zagłębianiu szybów górniczych bardzo skuteczne okazało się palowanie według pomysłu mistrza rządowego, Kellera z Drezna-Loszwicu. Było to dalsze udoskonalenie pali Straussa i Wolfsholza, eliminujące w czasie zagłębiania rury wiertniczej ewentualne jej zamulanie. Wynalazek ten opatentowano także poza Niemcami. Polegał on na wprowadzeniu do rury wiertniczej, po jej dostatecznym zagłębieniu w gruncie, śruby ślimakowej *c* do płynnego betonu, osadzonej na drągu *b* (rys. 67). Śruba ślimakowa, jak w zwykłych świdrach okrężnych talerzowych, miała wokół trzonu tok śrubowy (talerzowy) *d*, którego zewnętrzna średnica dawała bardzo mały luz w świetle rury prowadzącej. Śruba ślimakowa do zaprawy mogła być też ukształtowana jako wielozwojowa. U dołu była równo przycięta, a spiczaste zakończenie drąga wystawało pod uzwojeniem 15÷20 cm, z umieszczonymi na nim dwiema knagami w kształcie nosa *e*, zwężającymi się do dołu. Śruba ślimakowa do płynnego betonu była obracana na drągu w ten sposób, że drąg nie mógł przesunąć się w kierunku pionowym, dzięki dwóm umieszczonym na nim osiowo pierścieniom. Po wprowadzeniu do rury ślimacznicy, rura była w części lub w całości napełniana betonem, a drąg był wprowadzany w ruch obrotowy ręcznie lub za pomocą napędu maszynowego, dzięki czemu beton pod silnym naciskiem był wyciskany z rury w otaczający grunt, wyciekając z knag.



Rys. 67. Pale Kellera z Drezna-Loszwicu – dalsza modyfikacja pali Straussa i Wolfsholza, polegająca na wprowadzeniu do rury wiertniczej, po jej zagłębieniu w gruncie, śruby ślimakowej

Wskutek niemożności pionowego przesunięcia sztangi (drąga), wywierała ona tym samym silny nacisk na rurę w kierunku górnym, z wyraźnym usiłowniem wyciśnięcia jej z otaczającego gruntu w górę. Im większy był opór tarcia rury o otaczający grunt, tym większe następowało zagęszczenie zaprawy i jej nacisk na grunt pod dolną krawędzią rury. Jeżeli tylko w przebiegu dalszego obracania się drąga następował stan silnego zagęszczenia betonu, względnie wciśnięcie go w otaczający grunt, to przy powtórnym obrocie drąga rura zaczynała wydobywać się z gruntu. To działanie, zależnie od potrzeby względnie podatności gruntu, przebiegało dotąd, aż pal uzyskał pożądaną długość. W przypadku, gdy opór tarcia rury wiertniczej w gruncie za bardzo się wzmacniał i windowanie rury napotykało na zbyt duży opór, to można było zastosować trójnog lub windę. Natomiast w przeciwnym przypadku, gdy opór tarcia rury w gruncie był za mały, to można było ten opór dowolnie zwiększyć, obciążając rurę wiertniczą.

Robota była stosunkowo prosta. Brygadzie roboczej niewiele było potrzeba, i to na ogół prostych narzędzi jak trójnog, krążek linowy podwójny, wciągarka linowa, niezbędne przybory wiertnicze wraz z rurą prowadzącą oraz ślimacznica do zaprawy, narzędzia do przygotowania betonu. Zaletą systemu był dokładny wgląd w układ gruntu i zależnie od potrzeby można było osiągnąć grunt o należytej nośności. Nie było też obawy co do wciskania się masy gruntowej w trzon pala, bowiem windowanie rury wiertniczej do góry następowało dopiero wtedy, gdy mieszanka betonowa u dołu rury była na tyle silnie zagęszczona, że stanowiła opór przeciw przesuwaniu się rury ku górze. Zdaniem prof. Colberga technika ta była całkiem możliwa do przeprowadzenia nawet w razie penetracji wody gruntowej. Podobnie jak w rozwiązaniach Straussa

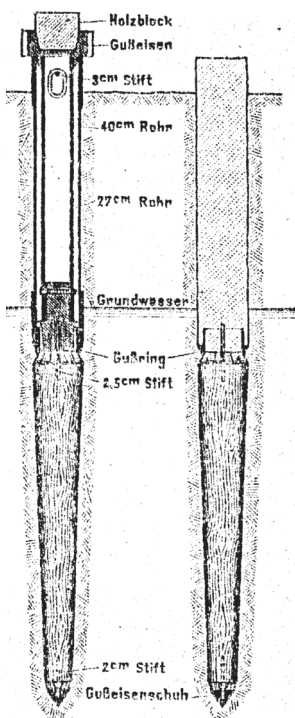
czy Wolfsholza, tworzyły się wzdłuż trzonu pala – zależnie od ściśliwości gruntu – różne zagęszczenia, mające niemałe znaczenie dla tarcia pala o otaczający grunt i znacznie zwiększające nośność pala. Dopływ płynnego piasku lub płynnej gleby od spodu do rury był powstrzymywany przez ślimacznice – tym bardziej, że natychmiast po wprowadzeniu ślimacznicy zaczynało napełnianie rury zaprawą.

Warto przytoczyć uwagi inż. Mariana Rapaczyńskiego dotyczące celowości zastosowania pali formowanych w gruncie w korycie rzeki („Czasopismo techniczne”, 1932 r. [16]). Mówiąc o sensowności takiego czy innego sposobu posadowienia w korycie rzeki wartko płynącej, ostrzegając: „Unikać w płynącej wodzie pali systemu Straussa, Raymonda, Sterna, czy nawet Wolfsholza, gdyż pominiawszy brak należytej gwarancji dokładnego wypełniania głębokiego otworu betonem (dla pierwszych trzech systemów), to pale wszystkich wymienionych systemów mają tę wadę, że płynąca woda, wytlukując cement z niestężonego betonu może łatwo spowodować zupełne zniszczenie pala”.

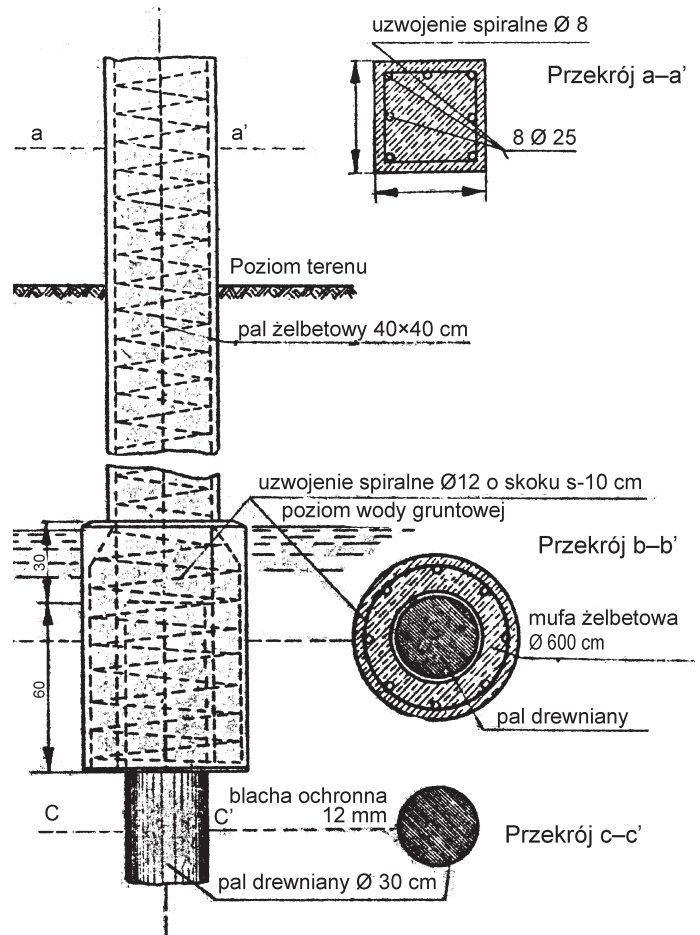
Pomysł pala mieszanego polegał na zestawieniu w jednym palu dwóch różnych materiałów. W palach śrubowych Michella próbowano połączyć żelazo z drewnem, ale bez zadowalających rezultatów. Praktyka ta, tu i ówdzie, była stosowana do pali wbijanych. Przyjęto się łączenie pali drewnianych z żelbetem, jak w sposobie Möbusa z 1902 r. czy Heimbacha, albo z betonem – pale Simplex (rys. 68). Poniekąd do pali mieszanych można zaliczyć też pale Mast. Warunkiem użycia pali mieszanych (zwanych też sztukowanymi) było, by pal drewniany pograżony był całkowicie w wodzie. Jest niemało sposobów łączenia drewna z żelazobetonem, jak np. nasuwanie na pal drewniany stożkowo obrobionego pala żelazobetonowego z wydrążeniem (mufą) i ze wstawioną łuską żelazną (rys. 69). Pale mieszane znalazły i u nas zastosowanie w budowach morskich.

Parę tych informacji podają za Bolesławem Rossińskim, który z kolei wzięł je od M. Węgrzyna [22].

Józef Rychter [18] przytacza opinie o palach różnych praktyków, przeważnie z pierwszego dziesięciolecia XX w., niektórych nie wymienia z nazwiska. Jeden z nich był za przeniesieniem obciążenia z pala wprost na grunt. Nawiasem mówiąc, pogląd ten i dzisiaj jeszcze można usłyszeć. Z doświadczeń prof. Schöna wynika (1909 r.), że wskutek wbijania pala odkształca się cała powierzchnia fundamentu. Z tego można wnosić, że cały ciężar przenosi się na pale. Schön przeprowadzając doświadczenia z palami w gruntach piaszczysto-gliniastych, zaobserwował, że najbliższe cząstki ziemi przesuwały się razem z palem. W dolnej części powstawały przy tym



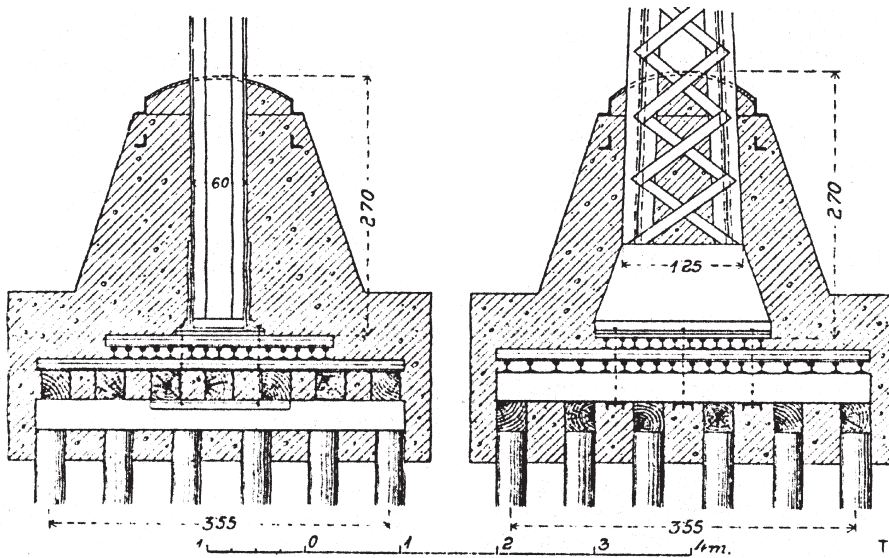
Rys. 68. Przykłady pali mieszanych (sztukowanych)



Rys. 69. Połączenie pala drewnianego z palem żelbetowym

drobne szpary, przeważnie prostopadłe do odkształconych powierzchni. Nie wykluczały one parcia gruntu i tarcia – ukazywały się i przy palu o przekroju kwadratowym, jak i kolistym zbieżnym. Ale było ich tym mniej, im większa była zbieżność pala. Zgodne to mogło być z opinią Sterna, według którego pale stożkowe odpowiadały bardziej celowi, niż walcowe. Ale – przypomina Rychter – Stern posuwał się zbyt daleko, utrzymując, że głębokość wbijania nie wpływa lub ma bardzo mały wpływ na wartość oporu trzonu i ostrza. Co do płaszcza pala, to Stern pomijał lepkość i tarcie. Knapf, wbijając pale sosnowe w warstwy bardzo miękkiego iltu i torfu, stwierdzał, że opór wzrastał wraz z głębokością. Rychter [18] daleki był od jakiegoś jednostronnego ujęcia: „Każdy z nich może być mały, ale mogą się też sumować. Nie znam rozstrzygających w tej sprawie doświadczeń”. Warto tu jeszcze przytoczyć zdanie Knapfa o nośności pali, dziś już może tylko w części aktualne: „Wielka mnogość wzorów wskazuje, że trudno z nich otrzymać wyniki zgodne z rzeczywistością. I nie może być inaczej, skoro te wzory nie zawierają wcale czynników określających własności przebijanych pokładów; wiemy zaś, że straty pracy uderzania i trwałość oporu zależą w wysokim stopniu od tych własności.”

A ileż ciekawych uwag o pracy kafara: „Jeżeli opór pala jest mały, a skok młota dosyć wielki i sprężystość pala i młota dostateczna, może stąd wyniknąć, że po uderzeniu prędkość postępu pala jest większa od pozostałej prędkości młota.”



Rys. 70. Pile drewniane zespolone z rusztem z belek drewnianych i szyn kolejowych, obciążone słupem żelaznym i zatopione w betonie

W takim razie pal oddziela się od młota, a ten uderza drugi raz. Powtórne uderzenie może być tylko wtedy szkodliwe, gdy pochodzi ze zbyt małej wysokości spadu pala. Gdy opór pala jest dosyć wielki, młot odbija się od pala, nabywa prędkość ujemną i podskakuje. Pal nie postępuje wcale w takim razie. Jeżeli dalszy postęp jego jest potrzebny, należy powiększyć ciężar młota.

W nowszej praktyce budowlanej rozpowszechnia się zdanie, że ciężar młota nie powinien być mniejszy od ciężaru pala.

Profesor Rychter [18] przytacza kilka połączonych sposobów posadowienia. W dużym stopniu wynikały one z wystąpienia różnych warunków gruntowych. Niektóre były jednak zamierzone. Przenosząc dużą siłę skupioną ze słupa żelaznego na zespół pali (rys. 70), w celu zapewnienia równomiernego obciążenia pali, konstruktorzy dawali ruszt z dwóch warstw kantowizny, trzech warstw szyn kolejowych, i to wszystko zatapiali w betonie, górującym 2,7 m nad rusztem.

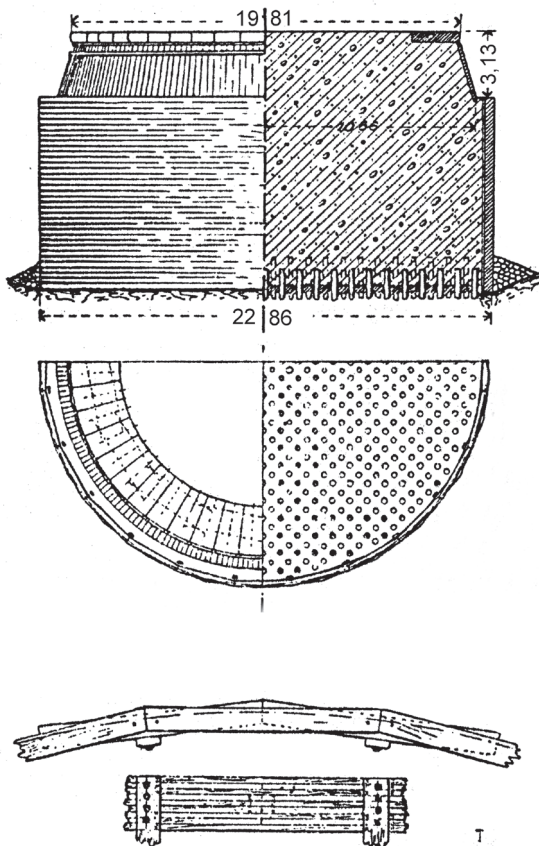
Fundament pod filar mostu obrotowego Charlestown w Bostonie (1906 r.) był kołem o średnicy blisko 23 m i spoczywał na istnym rojowisku z pali drewnianych (rys. 71), wbijanych w odstępnie 0,9 m. Filar miał wysokość 13 m. Prosta jego dolna część

była wykonana w skrzyni drewnianej z poziomych brusów, układanych za pomocą pali kierujących, zaś górna część stożkowa w deskowaniu z brusów. Beton układano wewnątrz skrzyni warstwami. Takie rozwiązania, z zastosowaniem skrzyni bez dna, narzuciły warunki – niemożność osiągnięcia zagłębienia wskutek przepuszczalnych warstw gruntu.

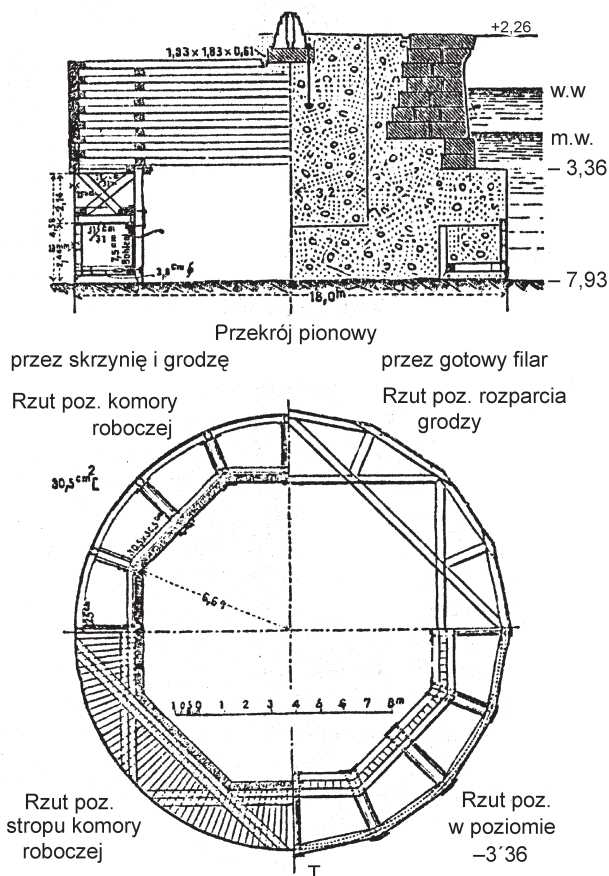
Po opuszczeniu studzien pod bulwar portu w Delfzijl (1904 r.) nad rzeką Ems zorientowano się, że podłoże jest za słabe, by przenieść naprężenia pod przednią krawędzią studni. Studnie były w rzucie prostokątne o wymiarach 7,0 × 9,5 m, z zaokrąglonymi narożami. Zdecydowano się tedy na wbicie w obręb każdej studni (od strony wody) w dwóch rzędach 13 rur żelaznych średnicy 40 cm. Po wbiciu rur wydobyto z ich wnętrza ił, wstawiając wzorcówki (profile) I 320 i wypełniając rurę betonem.

Jeżeli warstwa była nieprzepuszczalna i leżała na małej głębokości pod korytem rzeki, wówczas za pomocą sprężonego powietrza można było opuścić skrzynię do poziomu tej warstwy. Potem ostrze należało uszczelnić betonem, strop skrzyni rozebrać i pracować dalej na otwartym powietrzu. Sposób ten po raz pierwszy zastosował Brunel (młodszy) przy posadowieniu mostu pod Saltash oraz w Kopenhadze w 1868 r. Sposób Brunela, który w Kopenhadze wprowadził skrzynię pokrywającą całą powierzchnię fundamentu, zastosował inż. Liebeaux przy posadowieniu mostu na rzece Dordogne (1881 r.), gdzie skalę pokrywała cienka warstwa piasku i żwiru. Skrzynia, której używał, była żelazna, usztywniona wspornikami, o wysokości 5 m, z belkami stropu wystającymi na wierzchu. W rzucie skrzynia miała kształt prostokąta z zaokrąglonymi krótszymi bokami. Po osiągnięciu stabilnego gruntu, strop zdejmowano, a ściany boczne służyły jako płaszcz. Po wzniesieniu fundamentu nad poziom wody, skrzynię usuwano i przenoszono do następnego filara.

Bardziej ulepszoną konstrukcją skrzyni wprowadził Brennecke w 1884 r. przy posadowieniu mostu na Dnieprze pod Jekaterynosławiem. Jego skrzynia była żelazna, nitowana, o podwójnych ścianach, z bębniami – w celu jej podwyższenia, przyśrubowanymi od góry. Spławiano ją na miejsce bu-



Rys. 71. Filar pod most obrotowy Charlestown w Bostonie w postaci koła o średnicy 23 m, posadowiony na gęstej siatce pali



Rys. 72. Posadowienie filara o średnicy 18 m mostu obrotowego w Nowym Jorku pod dwa przęsła obrotowe o długości 63 m między podporami

dowy między galarami, a po wykonaniu fundamentu i wymurowaniu filara - skrzynię rozbierano.

Pod osłoną płaszcza posadowiono w 1893 r. filar mostu obrotowego w Nowym Jorku o średnicy 18 m, dźwigający dwa przęsła obrotowe po 63 m długości między podporami (rys. 72). Skrzynia robocza miała kształt pierścienia o konstrukcji drewnianej, do 4,6 m okryta płaszczem z blachy żelaznej grubości 11 mm. Spławiano ją na miejsce budowy przy wysokim stanie wody, przymocowując dno drewniane do wewnętrznego ośmiobocznego pierścienia. Po zdemontowaniu dna, skrzynię zatopiono przy użyciu kamieni o masie 600 t. Komory robocze, gdzie pracowano pod ciśnieniem sprężonego powietrza, miały wymiar w świetle 2,44 m. Opuszczenie pierścienia szło bardzo wolno, skrzynia miała bowiem dwie powierzchnie tarcia. Na głębokości 8 m ostrze osiągnęło twardą skałę o licznych pęknięciach. Nie udawały się wszelkie uszczelnienia i trzeba było uciec się do betonowania pod wodą.

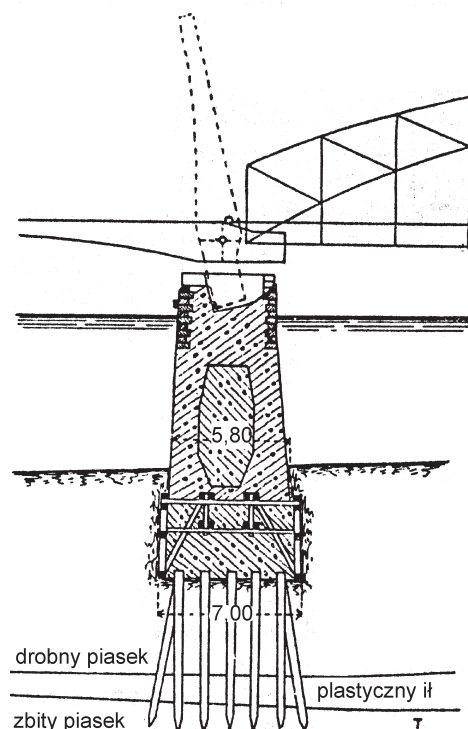
Uzupełnienie posadowienia pod sprężonym powietrzem przy użyciu palowania zastosowano po raz pierwszy przy budowie mostu na Cisie pod Segedynem w 1857 r. Opuszczono tam rury w dno rzeki tylko na głębokość 8 m, nie zdając sobie wtedy sprawy ze zmienności nurtu rzeki i związanym z tym pogłębianiem koryta aż o 5 m. Postanowiono więc wbijać pale na głębokość około 8 m do głębiej leżącej warstwy. Wewnątrz rury była dostateczna wysokość do wbijania pali.

Dodatkowo, stateczność rur zwiększono palisadą i narzutem z kamienia.

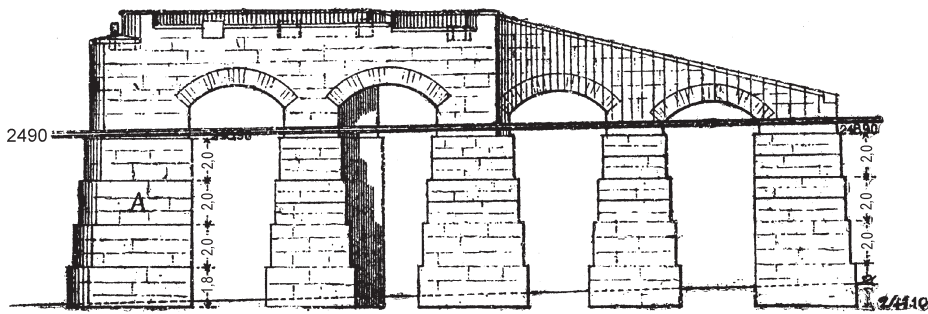
Do tego rodzaju techniki uciekano się nie tylko *ex post* – po bliższym zapoznaniu się w czasie robót z warunkami wodno-gruntowymi – ale bywała ona z góry zamierzona. Tak rozwiązano posadowienie filarów mostu przy wypływie z jeziora Zurychskiego w latach 1882–1883 przez firmę „Holzmann i S-ka” (według projektu inż. Lauera). Firma ta w ten sam sposób opierała filary mostu na Dunaju pod Czernawodą, mimo że miała wszelkie urządzenia do posadowienia pneumatycznego. Brennecke wznosił ramionami nad tego rodzaju postępowaniem. Według niego jednolite posadowienie nie byłoby droższe, a zdecydowanie pewniejsze.

Widocznie jednak jakieś względy kierowały wykonawcami, jeśli i w Szczecinie wybrano taki sam sposób przy budowie mostu na Odrze obok dworca kolejowego (1906 r.). Wbite pale ucięto równo z dnem rzeki! Potem pod sprężonym powietrzem opuszczono drewnianą skrzynię (keson), zawieszoną na rusztowaniu i obejmującą wszystkie pale (rys. 73). Równocześnie z murowaniem filara na stropie skrzyni, wewnątrz zajmowano się odkopywaniem pali i ucinaniem ich częściami. Pod koniec wypełniono skrzynię betonem. Ostrze skrzyni znajdowało się 6 m pod korytem rzeki, a pale sięgały 7,5 m głębiej. Takie osadzenie skrzyni było wystarczające w miejscu ujścia rzeki, gdzie nie było rozmywania dna.

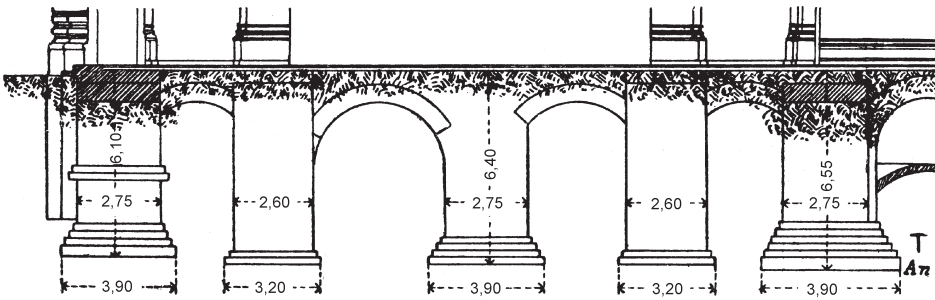
Jeżeli wytrzymała warstwa leżała głęboko, ale mogła być osiągnięta przez wykonanie wykopu bez kosztownego pompowania wody, to można było zmniejszyć koszty posadowienia, zmieniając fundament ciągły na kilka filarów, wykonywanych w szybach i łączonych następnie za pomocą sklepień czy belek żelbetowych. W miejsce zaoszczędzonego muru i wykopu przybywał koszt oprawy szybów i lepszego



Rys. 73. Filar mostu na Odrze w Szczecinie z 1906 r., obok dworca kolejowego, posadowiony na palach



Rys. 74. Fundament pod przyczółek mostu przy dworcu kolei w Blankenheim w postaci filarów

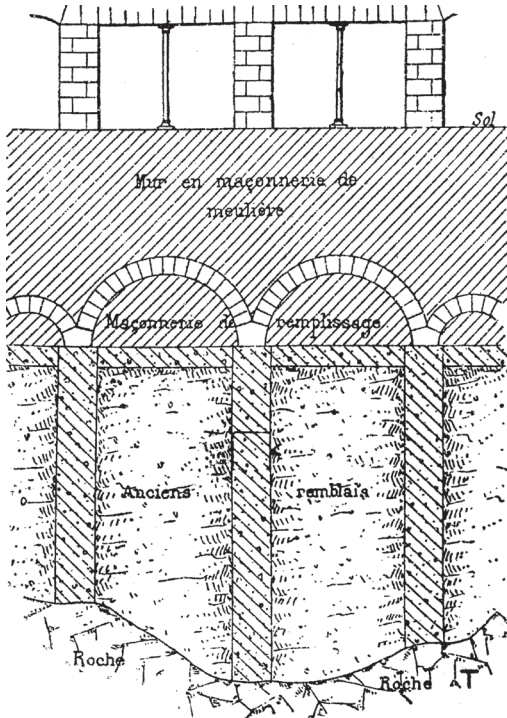


Rys. 75. Oparty na słupach (filarach) fundament dworca kolejowego w Düsseldorfie

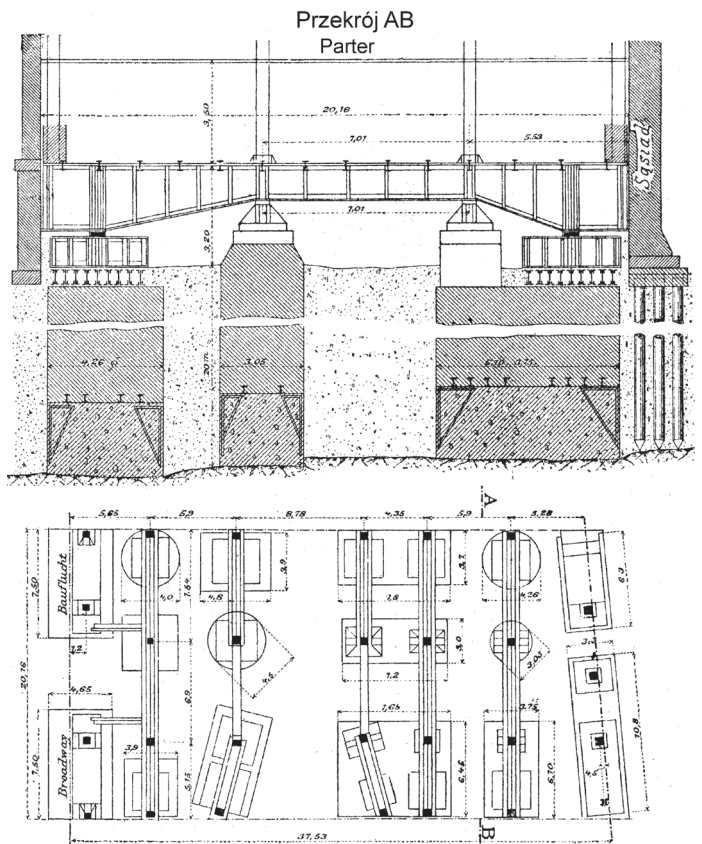
wykonania filarów. W ten sposób wykonano fundament przyczółka mostu przy dworcu kolei w Blankenheim w 1883 r. (rys. 74), fundamenty dworca kolejowego w Düsseldorfie w 1894 r. (rys. 75), fundament domu na słupach w Paryżu (rys. 76) – według Debaueu'a. Na specjalną uwagę zasługuje rozwiązanie fundamentów pod jednym z wysokich domów w Nowym Jorku z 1895 r. Dzięki potężnym belkom blachownicowym udało się posadowienie przy ścianach sąsiada, a oparcie bu-

dowli na opuszczonych w sprężonym powietrzu kesonach pozwoliło zmieścić konstrukcję w dość ciasnej przestrzeni (rys. 77). Dźwigary blachownicowe użyto jako wsporniki do oparcia kolumn obwodowych, przysuniętych tuż do płytko posadowionych murów, a mimo to filary fundamentowe były obciążone osiowo. Kolumny wewnętrzne, oparte na tych samych dźwigarach, tworzyły przeciwwagę dla zewnętrznych.

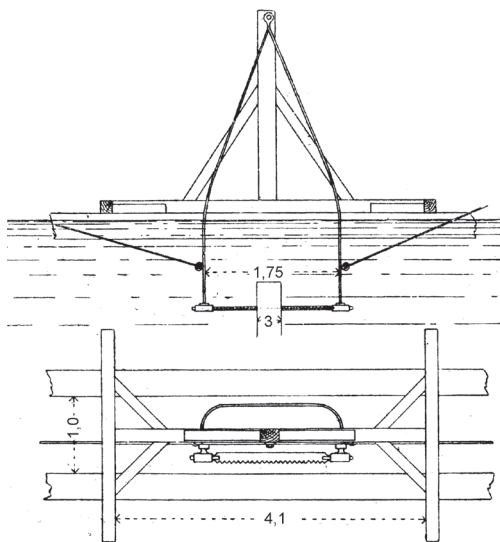
Ucinanie pali pod wodą wykonywano mniej lub bardziej skomplikowanym urządzeniem. Najprostszym urządzeniem była piła drążkowa (zamocowanie – jak piłki do cięcia żelaza), z wysuniętym długim drążkiem, dająca cięcie skośne. Innym była piła suwakowa lub wózkowa, także pasowa. Piła wahadłowa (rys. 78) tworzyła wraz z oprawą trójkąt, wiszący na osi umieszczonej w wierzchołku. Ruch nadawały jej drążki ukośne, poruszane przez 2 lub 4 robotników. Powstawało co prawda cięcie szerokie i niezbyt płaskie – wszelako przyrząd ten był wygodny. Mniej miejsca zabierało urządzenie, używane przy budowie mostu przez Wisłę pod Grudziądzem (rys. 79). Przypominało piły ramowe stolarskie. Tym



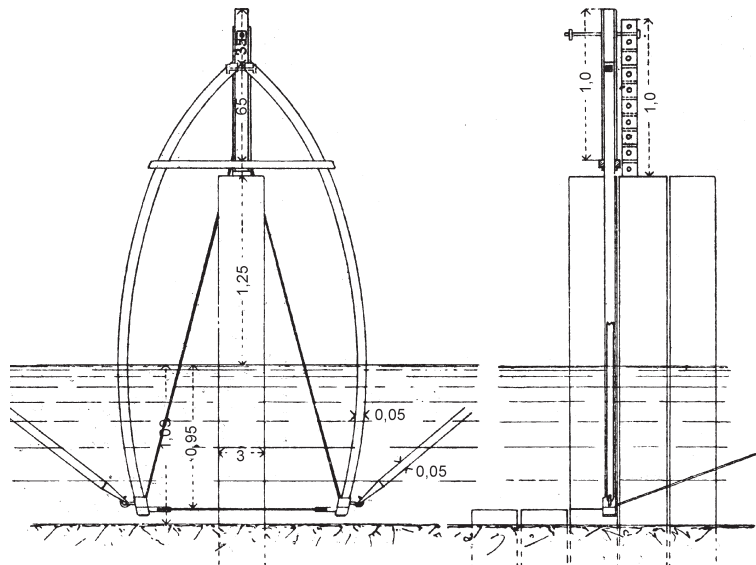
Rys. 76. Fundament budynku w Paryżu na słupach



Rys. 77. Fundament pod wysokim domem w Nowym Jorku

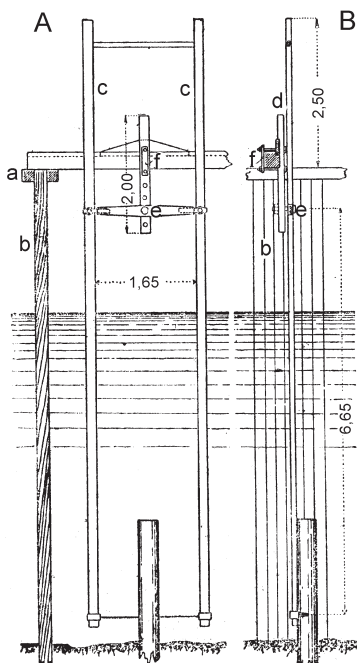


Rys. 78. Ucinanie pali drewnianych pod wodą za pomocą piły wahadłowej



Rys. 80. Ucinanie pali drewnianych pod wodą z zastosowaniem piły wahadłowej w oprawie żelaznej, z odpowiednim słupem opartym na palu

przyrzędem 3 robotników ucinano w ciągu 12 godzin średnio 15 pali, na głębokości 5 m pod wodą. Piłę wahadłową w oprawie żelaznej (rys. 80) opierano za pośrednictwem odpowiednio skonstruowanego słupa wprost na palu. Słup ten tkwił kolcem żelaznym w palu i miał kilka otworów ułatwiających zawieszanie piły na odpowiedniej wysokości. Podobne były kombinacje z zastosowaniem wózka i śruby do przesunięcia piły w kierunku poziomym i pionowym. Używano też piły w kształcie wycinka koła, segmentowej, gdzie wierzchołek wycinka koła osadzony był na osi, trzymanej przez drewniany słup umieszczony na wózku. Piły tej, obsługiwanej przez 2 robotników, używano na budowach portowych w Kiel, do ucinania pali na głębokości 5÷6 m oraz brusów na głębokości 4 m (relacje z 1876 r.). Duże powodzenie zyskała piła tarczowa, inaczej kolista (niem. *Kreissäge*), stosowana w różnych odmianach. Ruch obrotowy nadawany był pile za pomocą pary zębatach kół stożkowych (trybów). Na osi poziomej nasadzona była zaś korba ręczna lub koło pasowe do maszyny. Piłą tarczową ucinano palisady przy długim bulwarze w Kiel. Tarcza miała średnicę 1 m i grubość 3 mm; poruszana była maszyną parową. Ustawioną na promie, użyto przy naprawie filarów mostu Inwali-



Rys. 79. Ucinanie pali drewnianych przy budowie mostu przez Wisłę pod Grudziądzem za pomocą piły ramowej

dów w Paryżu, uszkodzonych przez spływający lód wiosenny (1881 r.). Tarcza ta jednak miała większą grubość – 5 mm. Piła kolista, patentu Niemca Meyera, o szkieletie żelaznym, przesuwała się wzdłuż dźwigara przymocowanego do palisady.

Wyciąganie pali o mniejszej średnicy odbywało się z zastosowaniem lewarów śrubowych, hydraulicznych, korbowych (furmańskich) z jarzm montażowych, przy użyciu kombinacji prętów i wielokrążków oraz dźwigni. Głowicę pala chwytało łańcuchem lub liną stalową i aby łańcuch nie ześlizgnął się pod opaską łańcucha wbijano kłamić ciesielską, w najgorszym razie przetyczkę żelazną. Zamiast wiotkich opasek używano obręcze zębate, albo też nożyce z końcami zazębionymi. W przypadku wyciągania pali na wodzie, uciekano się do bardzo kosztownego zastosowania prawa Archimedesesa (prawa dźwigni), obciążając silnie przeciwny w stosunku do usytuowania pala koniec galaru. Gdy obciążony na jednym końcu galaru przechylał się, wtedy drugi jego koniec podnosił się do góry wraz z przymocowanym do niego palem. Można było też dwa galary, obejmujące pal i wypełnione wodą, połączyć z palem silnymi belkami poprzecznymi. Wskutek szybkiego pompowania wody pompą parową, łodzie unosiły się do góry i wyrwały pal. Wykorzystywano tu też zjawisko odpływu i przypływu morza, co okazało się mało opłacalne. Przeważnie wyciągano pale lewarami, podstawionymi pod mocne belki lub nawet kratownice, złączone z palem, z tym że lewary umieszczano na galarach lub łodziach, zwanych prądówkami. Naturalnie, łodzie obejmowały dwustronnie pal – tak jak w opisanym zastosowaniu ciśnienia hydrostatycznego. Do wyciągania pali użyto siły pary na większą skalę w czasie regulacji Dunaju. W 1877 r. w zatoce San Francisco pale usytuowane głęboko pod wodą wyciągano, sprowadziwszy olbrzymi galar z kafarem i żurawiem drewnianym, z windą i kombinacją wielokrążków. Pale pod wodą chwytało łańcuchem przy użyciu specjalnego rękawa. Opór pala opłacało się osłabić przy użyciu strumienia wody, jak np. w Newport (1889 r.) i Bremie (1889 r.).

Bibliografia

- [1] Chwaściński B., *Projektowanie palowań fundamentów*, skrypt Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1977, s. 382
- [2] Czarnota-Bojarski R.Z., *Wnioski z licznych prób obciążeń pali systemu Wolfsholza*, Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, 1955, z. 3, s. 31–37
- [3] Czarnota-Bojarski R.Z., *Mechanika gruntów i fundamentowanie*, skrypt, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1977 (pierwsze wydanie z 1973 r)
- [4] Emperger F., *Handbuch von Eisenbetonbau*, t. III, VIII, Berlin, 1922
- [5] Fedorowicz J., *Fundamentowanie*, skrypt w opracowaniu Stanisława Pużyny, Komisja Wydawnicza Towarzystwa Bratniej Pomocy Studentów Politechniki Warszawskiej. Wydano wspólnie z Kołem Inżynierii Lądowej Studentów Politechniki Warszawskiej, 1934, s. 356
- [6] Kieniewicz K., *Problem placu katedralnego w Wilnie*, „Architektura i Budownictwo”, 1938, s. 373–375
- [7] Lutostawski M., *Pale betonowe Simplex*, „Przegląd Techniczny”, 1908, nr 8, s. 100
- [8] Lutostawski M., *Nowy system głębokiego fundamentowania na gruntach niepewnych*, Warszawa, 1907, odbitka z „Przeglądu Technicznego”
- [9] Mörsch B., *Der Eisenbetonbau*, t. II, zeszyt 1, Stuttgart, 1926
- [10] Muchowski K., *Zalety i wady wykonania pali Straussa*, „Przegląd Budowlany”, 1937, nr 1, s. 9
- [11] Pawlikowski W., Świecki J., *Fundamentowanie na palach Franki*, „Budownictwo i Architektura”, 1957, s. 210
- [12] Pomianowski K., *Fundamentowanie*, skrypt, Warszawa 1942
- [13] Pomianowski K., *Fundamentowanie*, skrypt wydany przez Koło Studentów Inżynierii Lądowej i Wodnej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 1948
- [14] Pomianowski K., *Fundamentowanie*. w: *Podręcznik inżynierii*, t. II, Wydawnictwo Trzaska, Ewert i Michalski, 1949, s. 127–200
- [15] Pużyna St., *Problem pali Straussa*, „Przegląd Budowlany”, 1949, nr 12, s. 517
- [16] Rapaczyński M., *Runięcie filaru rzeczno nr II przyszłego mostu na Sanie pod Korytówką*, „Czasopismo Techniczne”, 1932, s. 261
- [17] Rossiński B., *Fundamentowanie*, skrypt, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Łódź–Poznań, 1955 (książka *Fundamentowanie*, 1961, wydawnictwo Arkady)
- [18] Rychter J., *Roboty wodne*, część II: *Fundamenty*, Lwów, 1910
- [19] Smoliński B., *Pale Wolfsholza*, „Inwestycje i Budownictwo”, 1952, nr 3, s. 39
- [20] Wasiułyński Zb., *Pale żelazobetonowe jako podpory małych mostów drogowych*, Księga pamiątkowa z II Zjazdu Inżynierów Budowlanych w Katowicach, 15–17.II.1936, s. 163–169
- [21] Wąsowicz H., *Prace nad umacnianiem fundamentów Bazyliki Wileńskiej*, „Architektura i Budownictwo”, 1933, s. 167–178
- [22] Węgrzyn M., *Przedłużanie pali żelbetem w budownictwie morskim*, „Technika Morza i Wybrzeża”, nr 3, 1950
- [23] Wiłun Z., *O ubijaniu betonu sprężonym powietrzem w palach pneumatycznych*, „Inżynieria i Budownictwo”, luty, 1953
- [24] *Most i wiadukt imienia ks. Józefa Poniatowskiego przez rzekę Wisłę w Warszawie*, Warszawa, 1927
- [25] *Pale śrubowe wynalazku angielskiego inżyniera Mitchella*, wzmianka w „Dzienniku Politechnicznym”, 1860, s. 1 ■

Z prasy zagranicznej

Niepokój z powodu dębów

Europejski Bank Rekonstrukcji i Rozwoju (EBRD) jest zaniepokojony opinią ochrony środowiska wydanej w związku z zamierzoną budową płatnej drogi Moskwa – St. Petersburg. Dotyczy ona 14 historycznych dębów, znajdujących się na trasie projektowanej drogi w lesie Chimki, które mają być wycięte w związku z jej budową.

Europejski Bank Rekonstrukcji i Rozwoju rozważa wycofanie się z finansowania tego zadania.

World Highways, kwiecień 2010

(Jerzy Godziejewski)

Nagrody w dziedzinie budownictwa mostowego

Amerykańskie Stowarzyszenie Producentów Kompozytów ogłosiło wyniki na najlepszy produkt w ramach konkursu „Najlepsze kompozyty 2010”.

Nagrody przyznano w kilku kategoriach, w tym dwie w zakresie kompozytowych konstrukcji mostowych. Nagrodę dla najbardziej kreatywnego zastosowania przyznano Centrum Zaawansowanych Konstrukcji i Kompozytów Uniwersytetu Main w miejscowości Orono za „most w plecaku”, tj. hybrydowy most kompozytowo-betonowy łączący korzyści zaawansowanego materiału kompozytowego i betonu. Pomysł oferuje efektywną kosztowo, trwałą i łatwą do budowy technologię stanowiącą lekki i odporny na korozję system krótkich i średnich przęseł mostowych. System przewiduje zastosowanie łukowych rur z kompozytu (FRP), które mogą być ustawiane bardzo szybko ręcznie bez pomocy sprzętu na miejscu w budowaniu.

Stanowią one formę do wypełnienia betonem, wzmocnienie konstrukcji i jednocześnie zabezpieczenie wbudowanego w nie betonu przed korozją.

Nagrodę „Nieograniczonych możliwości” przyznano firmie Technologii Portowych z miejscowości Brunswick w stanie Main za ich hybrydową kompozytową belkę (HCB). Opracowano ją jako dźwigar do wykorzystania w konstrukcjach mostowych, jak również do innych konstrukcji budowlanych.

Belka składa się z powłoki oraz ze sprężonego i naprężonego zbrojenia.

Powłoka stanowi skrzynkową belkę polimerową wzmocnioną włókna. Sprężone zbrojenie składa się z betonu wpompowanego do belki (zwykle mającej kształt łukowy) oraz z włókien węglowych, szklanych lub stalowych zakotwionych na końcach belki po naprężeniu i stanowiących sprężone wzmocnienie.

Belka łączy wytrzymałość i sztywność betonu i stali z lekkością materiału kompozytowego oraz zabezpiecza wbudowany w nią beton przed korozją.

World Highways, kwiecień 2010

(Jerzy Godziejewski)

Przetargi na Węgrzech

Wkrótce na Węgrzech ogłoszony będzie przetarg dla serii robót związanych z przebudową i utrzymaniem dróg.

Zarządzająca drogami w kraju firma Allami Autopalia Kezelo (AAK) również zaprosi do przetargu oferentów na roboty związane z 118-kilometrowym odcinkiem drogi M1. Zwycięzca przetargu miał być ogłoszony w maju, a roboty powinny być rozpoczęte po podpisaniu umów.

World Highways, kwiecień 2010

(Jerzy Godziejewski)

Ponowne otwarcie kamieniołomu w Belgii

Firma Sagrex, belgijska filia niemieckiego przedsiębiorstwa cementowego Heidelberg Cement planuje ponowne otwarcie kamieniołomu w miejscowości Lives-Bossime. Przewiduje się, że licencja na ponowne otwarcie kamieniołomu zostanie przyznana we wrześniu 2010 r., co pozwoli rozpocząć prace przygotowawcze między latami 2011 i 2014 t.j. przed ponownym uruchomieniem kamieniołomu, przewidywanym w roku 2015. Reaktywacja kamieniołomu kosztować będzie 18 milionów euro i utworzy 120 stanowisk pracy.

AGGREGATES

(Jerzy Godziejewski)