

wych, który to poziom określają obfite źródła słodkie, bijące u stóp tych wzgórz. Toż samo wskazują i studnie na wzgórzach, mające zwykle 25—40 m głębokości.

Gdyby źródła, o których mowa, powstawały dzięki podziemnemu potokowi wód, zasilanemu żelazem gdzieindziej, to strumień tych wód musiałby być albo ogromnej szerokości, wobec tego, że źródła żelaziste rozrzucone są na wielkiej przestrzeni, lub posiadać mnóstwo rozgałęzień i tworzyć sieć znacznych wymiarów. Ponieważ źródła wytryskują nie w dolinie jakiejś rzeczki, lecz spotyka się je u brzegów wielu, więc owe przypuszczalne strumienie powinnyby przecinać w poprzek doliny rzeczne, co jest oczywiście niepodobieństwem wobec tego, że poziom dolin jest tylko nieco wyższym od przypuszczalnych strumieni. Nadto warunki geologiczne Lubelskiego wogóle nie sprzyjają powstawaniu żył wód podziemnych wobec prawie poziomego uwarstwienia skał i braku szczelin dyfuzyjnych.

Z powyższego rozumowania wynika, że przyczyn żelazistości wód należy szukać w warunkach miejscowych. Na zasadzie wyżej wskazanego podobieństwa źródeł słodkich i żelazistych należy przyjąć, że geneza ich początkowo jest jednakowa. Przyjrzyjmy się teraz sposobowi powstawania wogóle źródeł w okolicach Lublina, w celu wyszukania warunków, w których woda może się nasycać żelazem. Wskutek przepuszczalności utworów lodowcowych, pokrywających tu powierzchnię ziemi i składających się z lössu (gliny mamutowej) i piasków, znaczna część opadów atmosferycznych przedostaje się w głąb, gdzie spotyka warstwy wapieni marglowych, formacji kredowej. Muszę tu zaznaczyć, że löss, aczkolwiek to glina, jest pomimo to dość przenikliwym dla wody z przyczyny po pierwsze swej piaszczystości, a po drugie dzięki temu, iż jest on złożenia rurkowatego w kierunku pionowym, które warunkuje jednocześnie właściwość jego trzymania się w postaci pionowych ścian w wąwozach. Powierzchnia wapieni wskutek zwietrzenia jest silnie popękana w pionowym i poziomym kierunku. Przy oglądaniu kamieniołomu, wapienie wydają się jakoby złożone z oddzielnych kostek od góry, a im głębiej, tem całkowitszymi stają się ich warstwy. Chociaż więc warstw bezwzględnie nieprzenikliwych tu niema, to jednak, ponieważ trudność przesiąkania wody w kierunku pionowym wzrasta jednocześnie z głębokością, więc rozlewa-

nie poziome także powstaje i warunkuje wytrysk źródeł w dolinach tam, gdzie występują obnażenia wapieni lub gdzie wapienie są pokryte tylko cienką warstwą napływów. Wodonośnym poziomem, a przynajmniej pierwszym wodonośnym poziomem są górne warstwy wapieni.

Przed nasyceniem wodą, ani löss ani też piaski nie mogą posiadać żelaza w dostatecznej ilości, wypływa to z geologicznego charakteru tych utworów. Gdyby to zresztą zachodziło, to wtedy w pewnych miejscowościach źródła musiałyby być wogóle żelazistemi; słodkie mogłyby się ukazywać tylko wyjątkowo. W rzeczywistości jest jednak naodwrot. Wapienie natomiast zawierają wszelkie sole mineralne, spotykane w wodach; piroluzyt uwiadcza się jako dendryty na płaszczyznach łupliwości, brunatną rudę żelazną (limonit) znajdowałem w postaci gałek wielkości grochu w szczelinach wapieni (Nałęczów), sole potasu, sodu, fosforu znajdują się wszędzie w małych ilościach, więc obecność ich w wodzie jest naturalna.

Ostatecznie sprawa czerpania żelaza przez wodę wobec wykazanych faktów daje się wyjaśnić tylko przez przypuszczenie, że w wapieniach tu i owdzie istnieją poziomy bogate w żelazo, czego możliwości dowodzą owe sporadyczne gałki limonitu.

Niewyjaśnionym na razie pozostaje fakt zawartości w wodzie żelazistej ciał organicznych stałych, azotu i metanu. Osady atmosferyczne, jak wiadomo, zawierają ciała organiczne, pobrane z powietrza, łącznie z dwutlenkiem węglowym, koniecznym do rozpuszczenia wapna i żelaza, przy przesiąkaniu przez glebę (ziemię rodzajną) i ilość tych ciał powiększa się znacznie, ale już na głębokości 50 m (patrz temperaturę źródeł) ciał organicznych stałych, azotu i metanu nie może być wcale!

Skąd więc biorą się te składniki w źródłach? Fakt, że analizowane źródła nałęczowskie i sławinkowskie leżą bardzo nisko, niżej od przasnyskich, naprowadza na myśl, że składniki organiczne, zawarte w nich, zawdzięczają one domieszcze wód zaskórnych, w które obfituje błotnisto-łukowy teren tych źródeł, a zatem są to domieszki obce, które możnaby bez zbyt trudności usunąć, drogą ścisłego oddzielenia źródeł od wód bocznych. Dlaczego dotąd tego nie zrobiono a nawet nie przedsięwzięto w takim renomowanym zakładzie jak „Nałęczów“, badań przedwstępnych, objaśnić nie umiem.

St. Doborczyński, inż. górn.

## Obliczenie lin drucianych, pracujących na wale.

Napisał H. Czopowski, inżynier.

(Ciąg dalszy; p. № 35 r. b., str. 467).

Porównyując to ostatnie równanie z równaniem (48), przyjdziemy do wniosku, iż w danym wypadku  $i = \beta$ .

Oznaczmy obecnie z rys. 4 wielkość  $(z)$  mierzona po łuku koła największego, na którym leży pewien punkt włókna. Z geometrycznego stosunku wynika:

$$\frac{d(z)}{EF} = \frac{GO}{DO} \quad (60),$$

$$\text{oraz} \quad \overline{DF} = r d\psi \frac{1}{\tan \beta} \quad (61),$$

$$\overline{DO} = R + r - r \cos \psi \quad (62),$$

oznaczę:

$$GO = R_z;$$

z (60), (61) i (62) napiszemy:

$$d(z) = \frac{r d\psi}{\tan \beta} \cdot \frac{R_z}{R + r - r \cos \psi} \quad (63),$$

$$\text{skąd} \quad (z)_\psi = R_z \cdot \frac{r}{\tan \beta} \cdot \int_0^\psi \frac{d\psi}{R + r - r \cos \psi} \quad (64).$$

Zcałkowanie wzoru (64) daje <sup>1)</sup>:

$$(z) = R_z \cdot \frac{r}{\tan \beta} \cdot \frac{2}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \arctg \left( \sqrt{\frac{R+2r}{R}} \tan \frac{1}{2} \psi \right) \quad (65).$$

Stała wielkość pochodząca z całkowania = 0, gdyż dla  $\psi = 0$  powinno być  $(z) = 0$ .

Obliczmy  $(z)$  dla  $\psi = 2\pi$ ; w danym wypadku

$$R_z = R; \quad \tan \frac{2\pi}{2} = -0$$

$$\arctg(-0) = \pi.$$

Podstawiając w (65), otrzymamy:

$$(z)_{2\pi} = (\overline{AC}) = \frac{2\pi r}{\tan \beta} \cdot \frac{R}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \quad (66);$$

mając na uwadze wzór (52), możemy napisać:

$$(\overline{AC}) = (z)_{2\pi} = \overline{AB} \cdot \frac{R}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \quad (67).$$

Linia  $\overline{AB}$  cylindra (rys. 3) przyjmuje położenie  $(\overline{AB})$  na pierścieniu (rys. 4), stosunek tych długości da się wyrazić:

$$\frac{(\overline{KL})}{(\overline{AB})} = \frac{\overline{AB}}{(\overline{AB})} = \frac{R+r}{R} \quad (68),$$

przypuszczając, iż długość osi cylindra musi być równą długości osi obojętnej liny zgiętej (zasadnicze pojęcie ugięcia się liny). Określając  $\overline{AB}$  ze wzoru (68) i podstawiając w (67), otrzymamy po zniesieniu  $R$ :

$$(\overline{AC}) = (\overline{AB}) \cdot \frac{R+r}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} \quad (69).$$

Z tego ostatniego wzoru widzimy, że wielkość:

$$\frac{R+r}{\sqrt{(R+r)^2 - r^2}} > 1 \quad (70),$$

<sup>1)</sup> Por. podręcznik niemiecki „Hütte“, wyd. 18, 1902 r., t. I, str. 72, wzór 30.



na podstawie tego możemy stwierdzić, iż

$$(\overline{AC}) > (\overline{AB}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (71).$$

Ten ostatni wzór dowodzi, iż po zgięciu liny prostej w kształt pierścieniowy, włókna tej liny przy swobodnym ułożeniu wychodzą będą poza granicę pierścienia, czyli po zgięciu liny włókna jej posiadające pewne skrócenie nie tylko że nie podlegają wskutek tego żadnym *dodatkowym* naprężeniom ciągnącym, lecz przeciwnie długości ich stają się względnie większe w stosunku do długości duszy.

Wniosek ten pozwala nam twierdzić, iż ta część całkowitego naprężenia  $\sigma_{kw}$  we wzorze (43), która wyraża ciągnięcie, musi być równa zeru, a więc ze wzoru (44):

$$\sigma_e = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (72)$$

i ostatecznie możemy twierdzić: naprężenia występujące we włóknach wskutek zgięcia się liny dadzą się oznaczyć ze wzoru (43):

$$\sigma_{kw} = \frac{\delta/2}{R+r} \cdot E_k \cdot \mu_k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (73).$$

Wyżej wyraziłem się, iż włókno naciągnięte na pewną powierzchnię opisze linię najkrótszą, jednakże dla obliczenia położenia włókna przyjąłem dowolnie, iż kąt  $i$  jest wielkością stałą, gdy tymczasem przytoczone w uwadze twierdzenie CLAIRAUX głosi, iż dla linii najkrótszej kąt  $i$  jest zmienny, a mianowicie iż

$$R_\rho \cdot \cos i = k = \text{wielkości stałej} \quad . \quad . \quad . \quad (74).$$

Dowolność ta jednakże nie zmienia w niczem wzoru (67) o który mnie szło, gdyż skoro ułożymy dane włókno na pierścieniu podług rzeczywiście najkrótszej linii, to koniec tego włókna odsunie się jeszcze dalej od punktu (B), a więc stosunek wyrażony wzorem (71) utrzymuje się w mocy, i z wnioskami z niego wyprowadzonymi musimy się zgodzić. Nawiasem tu zaznaczę, iż krzywa, której kąt  $i$  jest stały, nie wiele może odbiegać od krzywej wyrażonej przez  $\cos i \cdot R_\rho = k$ , gdyż  $R_\rho$  jest zmiennym w bardzo małych granicach, wartość jego leży pomiędzy  $R$  i  $R+r$ , a więc:

$$R < R_\rho < R+r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (75),$$

a ponieważ  $r$  jest bardzo małą wielkością w stosunku do  $R$ , przeto  $R_\rho$  można przyjąć jako wielkość stałą, a stąd również kąt  $i$  jako stały. Szczególniej błąd musi być bardzo mały, jeżeli całkujemy funkcję  $i$  od 0 do  $2\pi$ .

Wniosek wyżej przytoczony, iż włókna po zgięciu liny wychodzą poza obręb pierścienia, doprowadził nas do ważnego wniosku, iż  $\sigma_e = 0$ , lecz z drugiej strony nasuwa ten wniosek trapiącą myśl, iż przedłużenia włókien, wychodząc poza pierścień, mogą sprawić zmianę układu włókien w części liny, leżącej poza pierścieniem, a stąd i zmianę pierwotnych naprężeń w linie. Wpływ tego przedłużenia może być taki, iż naprężenie w przedłużonym włóknie zmniejszy się stosownie do wielkości tego przedłużenia, a nawet przedłużenie może okazać się tak wielkie, iż dane włókno przestanie zupełnie dźwigać i obciążenie przejdzie na inne włókna. Analogiczne zjawisko, lecz w prostszej postaci, możemy sobie wyobrazić, gdy np. pewien ciężar zawiesimy na dwóch lub kilku równoległych prętach (drutach) i jeden z tych prętów opuści się o pewną długość w swoim umocowaniu, nastąpi wtedy zmniejszenie się naprężenia w tym pręcie, wielkość tego zmniejszenia może być tak wielka, iż naprężenie w danym pręcie stać się może równem zeru, naprężenia zaś w pozostałych prętach odpowiednio powiększyć się muszą.

Ażeby obliczyć wpływ tego względnego wydłużenia się włókna na zmianę pierwotnych naprężeń w części prostej danej liny, obliczę wpierw wielkość tego wydłużenia; wielkość tę da się obliczyć ze wzoru (69), jeżeli zauważymy, iż jest ona równą:

$$(\overline{AC}) - (\overline{AB}) = (\overline{AB}) \left( \frac{R+r}{\sqrt{R^2 + r^2}} - 1 \right) \quad . \quad (76).$$

Wogóle biorąc, wydłużenie to oznaczę przez  $\Delta$  i zauważę, iż:

$$(\overline{AB}) = R \cdot \gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (77),$$

$$\text{a więc:} \quad \Delta = R \cdot \gamma \left( \frac{R+r}{\sqrt{R^2 + r^2}} - 1 \right) \quad . \quad . \quad . \quad (78).$$

Posiadając wielkość  $\Delta$ , przystąpię do rozwiązania właściwego zadania, t. j. do oznaczenia wpływu  $\Delta$  na wielkość  $S_k$  lub  $\sigma_k$ ; oznaczając przez  $S_k$  i  $\sigma_k$  naprężenie we włóknach obciążonych w kierunku osi liny, gdy włókna nie podlegały jeszcze opuszczeniu.

Wobec opuszczenia  $\Delta$  występują we włóknach nowe naprężenia, nowe wydłużenia, wszystkie te nowe wielkości będą oznaczał tymi samymi znakami jak poprzednio, dla rozróżnienia zaś od wielkości występujących w normalnych warunkach, ujmę je w nawiasy, a więc będziemy mieli  $(S_k)$ ,  $(\mu)$ ,  $(\sigma_k)$  i t. p. w przeciwieństwie do  $S_k$ ,  $\mu$ ,  $\sigma_k$  i t. p. Rozwiązanie zadania polega na ujęciu w matematyczną formę następującego rozumowania: linę, która wskutek jakichkolwiek przyczyn, posiada część włókien względnie wydłużonych o wielkość  $\Delta$ , obciążam stopniowo siłą rosnącą od 0 do  $P$ ; początkowo obciążenie działa tylko na włókna nieopuszczone, włókna zaś opuszczone czyli względnie wydłużone pozostają na razie, wskutek swego geometrycznego położenia, nie objęte obciążeniem, ten stan trwa aż do chwili, gdy włókna pierwszej grupy (t. j. nieopuszczone) wydłużą się wskutek swej sprężystości o wielkość  $\Delta$ , wtedy obciążenie zaczyna działać na całą linę, zaczynają więc występować naprężenia we wszystkich włóknach i występują one podług praw wyprowadzonych przeze mnie dla zwykłych lin, z tą tylko różnicą, iż siłą obciążającą nie jest już  $P$ , lecz  $P$  minus siła, która potrzebna była na wydłużenie pierwszej grupy włókien o wielkość  $\Delta$ .

Dla przykładu wezmę linę o duszy i włóknach raz skręconych; względnemu wydłużeniu się przy nawinięciu liny na wał podlegają tu wszystkie włókna raz skręcone, dusza zaś liny zostaje w pierwotnej długości.

Skoro obciążamy stopniowo taką linę, to obciążenie początkowo działa tylko na duszę, aż do wydłużenia się jej o długość  $\Delta$ . Naprężenie duszy, które oznaczę przez  $(S_0)_1$ , występujące w danej chwili, da się obliczyć ze wzoru ogólnego na wydłużenie sprężyste:

$$\Delta = \frac{(S_0)_1 l}{f_0 E_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (79),$$

$$\text{skąd} \quad (S_0)_1 = \Delta \cdot \frac{f_0 E_0}{l} \quad \text{lub} \quad (\sigma_0)_1 = \Delta \cdot \frac{E_0}{l} \quad . \quad . \quad (80).$$

Powiększając dalej siłę obciążającą do  $P$ , powinienem już wziąć w rachubę wszystkie włókna danej liny; w tym celu stosuję wzory już wyprowadzone, z tą tylko różnicą, iż siła obciążająca jest nie  $P$ , lecz  $P - (S_0)_1$ , czyli:

$$P - \Delta \frac{f_0 E_0}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81),$$

a więc naprężenie w  $k$ -tem włóknie o jednym skręceniu obliczę ze wzoru (33) (por. Przegl. Techn. № 4 r. b., str. 42):

$$(\sigma_k') = \left( P - \Delta \frac{f_0 E_0}{l} \right) \cdot \mu_0 \cdot \mu_k' \cdot E_k' \quad . \quad . \quad (82),$$

$$\text{inaczej} \quad (\sigma_k') = P \cdot \mu_0 \mu_k' E_k' - \Delta \frac{f_0 E_0}{l} \cdot \mu_0 \cdot \mu_k' \cdot E_k' \quad . \quad (83);$$

zauważę, iż wyraz

$$P \cdot \mu_0 \cdot \mu_k \cdot E_k = \sigma_k' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (84),$$

t. j. równa się naprężeniu włókna liny przy normalnem jej położeniu i obciążeniu  $P$ , zmniejszenie się więc naprężenia w danym włóknie nastąpi o wielkość:

$$\sigma_k' - (\sigma_k') = \Delta \cdot \frac{f_0 E_0}{l} \cdot \mu_0 \mu_k' E_k' \quad . \quad . \quad . \quad (85).$$

Naprężenie w duszy da się obliczyć również ze wzoru (33), gdy zauważymy, że  $E_k = E_0$  i  $\mu_k = 1$ , i że do obliczonego w ten sposób naprężenia należy dodać wyżej wyprowadzone  $(S_0)_1$ , a więc:

$$(\sigma_0) = \left( P - \Delta \frac{f_0 E_0}{l} \right) \mu_0 \cdot E_0 + \Delta \frac{f_0 E_0}{l} \cdot \frac{1}{f_0} \quad . \quad (86),$$



w analogiczny sposób jak wyżej:

$$\sigma_0 - (\sigma_0) = \Delta \frac{f_0 E_a}{l} \left( \mu_0 E_0 - \frac{1}{f_0} \right) \quad (87).$$

Wzory (85) i (87) dają nam możliwość obliczenia wpływu  $\Delta$  na pierwotne naprężenia włókien lub duszy. We wzo-

rach (85) i (87) zauważymy, iż gdy  $E_0 = 0$ , t. j. gdy dusza jest konopna, wpływ nawinięcia liny na wał, na pierwotne naprężenia włókien równy jest zeru, w razie zaś duszy metalowej zmianę naprężeń należy obliczyć.

(D. n.).

## Most Troicki na rz. Newie w Petersburgu.

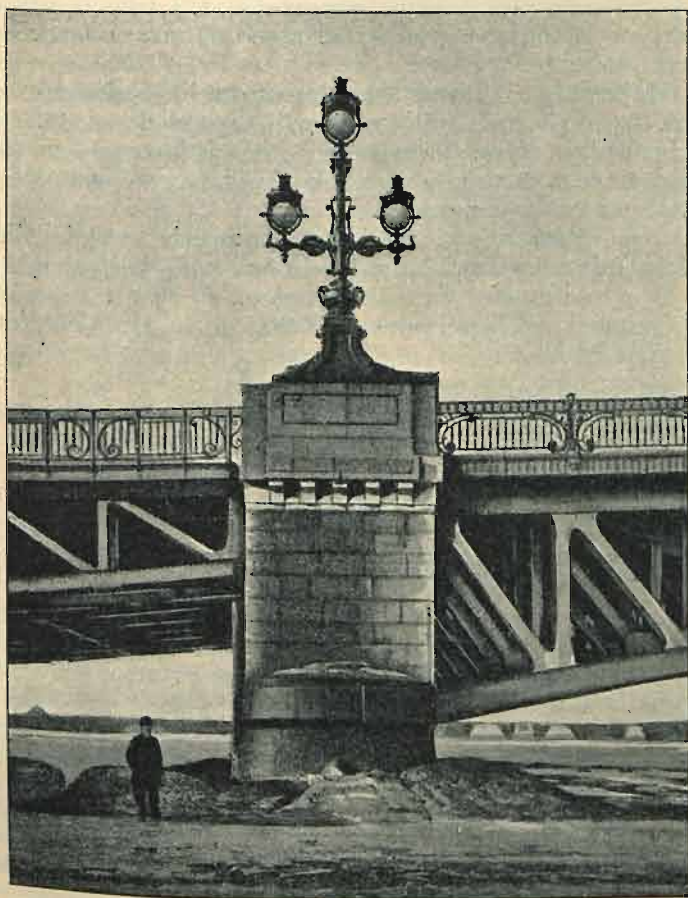
(Dokończenie; p. № 35 r. b., str. 469).

**Filary i przyczółki.** *Filary.* Fundamenty filarów zostały założone na kesonach zapomocą ściśnionego powietrza, zapełnieniem komory roboczej, po skończonem zapuszczaniu, betonem cementowym. Wznoszenie muru nad komorą odbywało się stopniowo w miarę zapuszczania, przyczem postęp roboty regulowano tak, aby ciężar kesonu z murem przewyższał zawsze nieco ciśnienie powietrza w kesonie z dołu do góry i aby ta przewyżka nie była tak znaczna, by ciśnienie na grunt mogło przewyższać obciążenie bezpieczne gruntu. Reszta muru fundamentu została wzniesiona już po za-

nana z ciosów granitowych. Kamienie podsiodełkowe dźwigarów i gzymsy są wykonane również z ciosów granitowych.

*Przyczółki.* Fundamenty przyczółków są z betonu założonego na grunt w przestrzeni ogrodzonej. Grunt uprzednio został wzmocniony przez zabicie odpowiedniej liczby pali tak rozstawionych, ażeby ciężar fundamentu z przyczółkiem rozkładał się możebnie równomiernie na każdy pal. Beton jest doprowadzony do wysokości 2 m pod poziomem zwykłych wód. Sam mur przyczółków jest podobnie zbudowany jak i w filarach.

Filar pomiędzy częścią stałą a częścią ruchomą mostu.



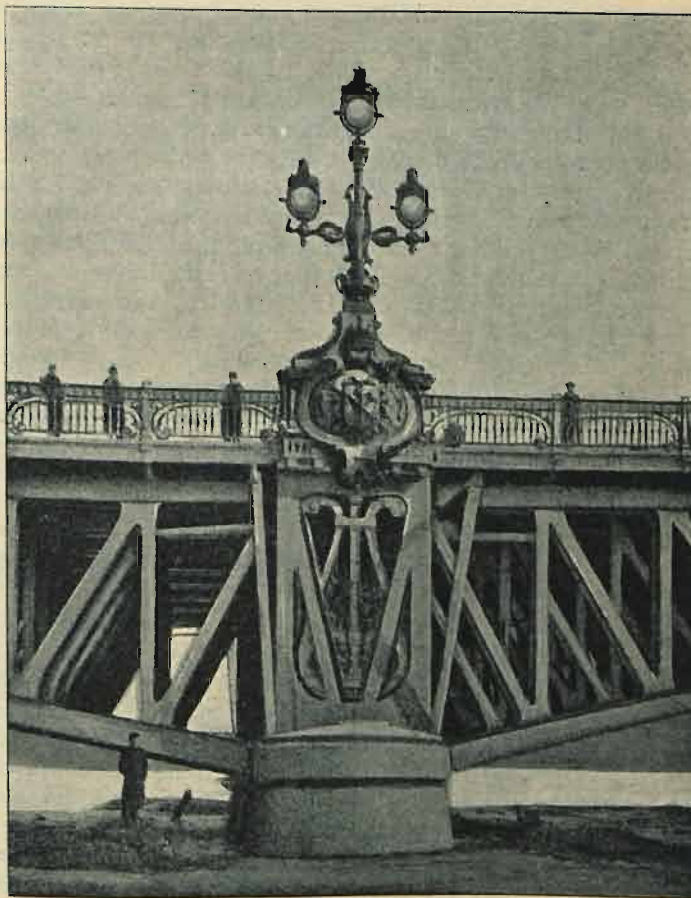
Rys. 16.

pełnieniu komory roboczej betonem, t. j. wtenczas, gdy ciężar muru rozkładał się na całą powierzchnię gruntu pod fundamentem.

Sam filar w części pod poziomem wody został wykonany przy pomocy ruchomego nadsztukowania powłoki kesonowej, które dozwoliło wypompować wodę i murować w suchej przestrzeni. Fundament jest doprowadzony do wysokości 2 m pod poziomem zwyczajnym wody i ma większą szerokość aniżeli spód filaru właściwego, zaś część fundamentu, stanowiąca wyskok, jest przykryta kamieniem ciosowym. Również i cała część fundamentu od dna rzeki do wody jest także oblicowana grubo obciosanym kamieniem. Jest to zrobione dla zabezpieczenia fundamentu od uszkodzenia wtenczas, kiedy powłoka metalowa kesonu ulegnie zniszczeniu.

Filar jest wymurowany z kamienia polnego granitowego z licowaniem z ciosu; izbica wszakże jest całkowicie wyko-

Filar przęsła środkowego.



Rys. 17.

**Baryery, ozdoby i oświetlenie.** Bardzo silne i ozdobne baryery mostowe są wykonane z żelaza lanego i mają wymiary profilów zdolne bezpiecznie wytrzymać największe możliwe parcie boczne.

Dla podniesienia wrażenia estetycznego zbudowano przy wejściach na most obeliski, a na dźwigarach zewnętrznych w widocznej części nad filarami, jak również w wierzchołku przęsła środkowego umieszczono ozdoby metalowe.

Nad filarem pośrednim, między częścią stałą a częścią ruchomą mostu są wymurowane parapety, które zasłaniają połączenie dźwigarów części stałej i ruchomej mostu (rys. 16 w tekście).

Wreszcie do upiększenia mostu przyczyniają się okazałe kandelabry z lampami elektrycznymi, umieszczone z obu stron nad każdym filarem i przyczółkiem, oraz małe latarnie