

K S I Ę G A II.

O CZŁONKACH UTRZYMUJĄCYCH NAKRYCIE BUDOWLI.

69. Każde nakrycie budowli, razem wzięte ze swemi węzłami, oczepami, i wszelkimi podkładzinami, uważaliśmy dotąd, iakoby było złożone na niewzruszoney poziomey płaszczyźnie; a iest rzeczywiście w budowli na osobnych podporach lub ścianach usadowione. Owoż te członki utrzymujące nakrycie, to iest, słupy i ściany, ze wszystkimi ich częściami, roztrząsać ieszcze i poznać winniśmy. W prawdzie, wszystkie członki budowli, iedne drugim wzajemnie za podparcie służyć mogą; i przeciwnie, mamy słupy i ściany żadnego pokrycia nie utrzymujące; lecz każdy to zna należycie, iż, równie w rzeczach przemysłuiak i w tworach przyrodzenia, nie masz tak odrębnych w istocie przedziałów iakie między nimi nauka czyni. Owszem, przez takie w ogół gromadzenie, nauki postępuią i ułatwiają umysłowi ludzkiemu obięcie i spamiętanie ogromu rzeczy do wiedzenia potrzebnych.

R O Z D Z I A Ł I.

S Ł U P Y.

70. Podpory osobne czyli słupy, przez pośrednictwo węzłowiów, oczepów, podkładzin lub płatew, przeznaczone są do dźwigania na sobie sklepień, stropów i dachów. Słupy uważamy także na niewzruszonym poziomie prostopadle stojące.

Tab. X.
Wzory 1...5.

Podpory osobne zowiemy w ogólności: *filarami* (piliers), *stupami* (colonnes), albo *stupcami* (poteaux), podług tego iak są z wielu brył graniastych, lub z iedney kamienia albo drzewa zrobione bryły. Kiedy pierwsze lub drugie, mając wszystkie podporom właściwe części, mają prócz tego wysokość z szerokością własney podstawy, w pewnych zwyczajem uświęconych stosunkach, wówczas nazywamy je *pilastrami* czyli czworogrannemi słupami, jeżeli mają podstawy kwadratowe; a *kolumnami* lub *słupami* tylko, jeżeli ich podstawy są kołowe. Nadto, kiedy podpora utrzymuje na wezglowiu złożone końce łuków sklepionych, a jest do tego czworogranna, krótszą od pilastru i w szczególnych od niego częściach różną, wtedy nosi imię *węgaru* (pied-droit d'une arcade). Tablica X. Wzory 1...5.

Postać słupom właściwa.

71. Postać i wielkość każdej bryły jest już témsamém oznaczoną, skoro oznaczone mamy: linią tworzącą, iey kierownicę, oraz sposób tworzenia się czyli prawo, podług którego tworząca, stały lub zmiennej wielkości i postaci, odbywa ruch w przestrzeni.

Postać, wielkość, położenie i prawo ruchu tychto obudwóch liniy, wydaiących bryłowość każdego członka budowl, ściśle rzeczy biorąc, zależą od przeznaczenia iego w budowie: a stąd od wielkości iego, położenia, mocy bezwzględnej wątku, z którego ma być udziałany, od skrzytnego użycia iego i oszczędzenia pracy przy wyrobieniu; a to wszystko zależy ieszcze od pożądanego stopnia oporu, z którym stawieć się powinien siłom ciągle nań działającym. Tak więc postać i wielkość podpory osobney w każdym szcze-

gólnym przypadku nie pierwey dokładnie mogą być oznaczone, aż gdy te wszystkie względy z ogólnego i szczególnego iey przeznaczenia pochodzące, dokładnie też ocenionemi zostaną. Droga iednak szczególnego postępowania, ogólnie tu wskazaną być może. Podpora osobna, stojąca prostopadle na niewzruszoney płaszczyźnie poziomey, przeznaczona iest utrzymywać albo ciężar tylko, wedle iey osi działającej; albo ciężar i parcie pokrycia; albo prócz tego ieszcze siły przypadkowe w nieprzewidzianém miejscu i kierunku na nią wywierane. Podstawa tedy iey przełamania, przyymuiąc skutek sił połączonych, opierać się im powinna mocą spoienia i liczbą cząstek zbiorowych. Wielkość zatém tey pierwszej podstawy przełamania, zależeć będzie od potęgi sił na nią przypadających i od mocy materyału. Lecz ponieważ moc iednakich i iedney liczby cząstek, zależy od kształtu podstawy (C. I. 11); przeto, oszczędzając materyału, taką postać tey pierwszej podstawy wybrać powinniśmy, przy którejby najmniejsza liczba iey cząstek zbiorowych, daney mocy, stawiała opór naywiększy. Wiemy z doświadczenia, iż moc od postaci zależąca iest prawie w stosunku odwrotnym obwodu podstawy (C. I. 56); więc podstawie słupa oznaczoney powierzchni, na którą ciężar prostopadle działa, damy iedną z następujących postaci: wieńca kołowego, koła, wieloboku, albo kwadratu. Lecz gdy parcie lub inne siły wywierają swe działanie ku pewney stronie podpory, wówczas podstawę iey bardziey ku tey też stronie poszerzyć, i postać prostokąta, albo nawet tróyramiennego lub czwororamiennego krzyża, nadać iey możemy.

Tak tedy mając oznaczoną postać i wielkość iedney podstawy w danym przypadku naywłaściwszą, wziąć należy oś słupa za kierownicę a obwód teyto podstawy za tworzącą bryłowatość iego. Ale wiedzieć wprzód należy, czy tey podstawy wielkość przez całą wysokość słupa będzie stateczną, albo czy iey wymiary odmieniać się powinny, i to podług iakiego prawa?

Ieżeli postać słupa iako członka budowli ma być, ile być może, doskonałą, powinna też być postacią bryły równego oporu (3). W bryle zaś równego oporu pod własnym tylko ciężarem stojącej, prawo zmienności wymiarów tuż po sobie następujących podstaw przełamania, zawarte iest w tém oto zrównaniu na linię logarytmikę

$$-x = 2m. \log. \frac{zy^2}{ah^2}, (*)$$

gdzie przystawa $\frac{zy^2}{ah^2}$ okazuje zmianę wymiarów każdej następney podstawy,

x, y, z , są tu współuszykowane bryły, którey oś pionowa wzięta iest za oś odcinków,

a, h , są to dwa dane wymiary podstawy, na której bryła stoi,

$2m$, podstyczna logarytmiki, ilość stała zależąca od mocy spoienia użytego materyału.

Zrównanie to daie bryłę równego oporu, którey podstawy przełamania mogą być lub nie być poddane prawu ciągłości, bryłę mającą wysokość nieskończoną, i cieniejącą od podstawy na której stoi aż do wierzchołka lub krawędzi

(*) GIRARD. De la résistance des solides. Section II me n. 178 i następne.

w nieskończoney wysokości przypadającej. Wszakże bryła materyalna do nieskończoney wysokości wznosić się nie może, lecz tylko dopóty, dopóki własnym ciężarem nie pokona mocy spoienia swojego wątku (*). Owszem ścisły zachodzi stosunek między tą, do iakiey się wzniesć może, wysokością, a mocą spoienia wątku; tak dalece, że iedna ilość przez drugą wyrazić się może, i iest

$$m = -\frac{H}{4}, \text{ a stąd } x = \frac{H}{2} \log. \frac{zy^2}{ah^2};$$

gdzie H , oznacza wysokość, do której wzniesiony być może graniastosłup z teyże materyi i teyże podstawy, co bryła, na którą iest poprzedzające zrównanie, iżby się mógł utrzymać bez nagięcia widocznego pod własnym ciężarem.

Czyniąc w tém zrównaniu następnie, $z = a$, $y = h$, $z = y$; mieć z niego będziemy trzy:

$$1) \quad x = \frac{H}{2} \log. \frac{y^2}{h^2} = H \log. \frac{y}{h},$$

$$2) \quad x = \frac{H}{2} \log. \frac{z}{a},$$

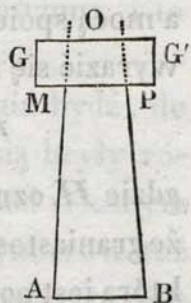
$$3) \quad x = \frac{H}{2} \log. \frac{y^2}{h^2} = \frac{5}{2} H \log. \frac{y}{h}.$$

Zrównania 1) i 2) są na ten przypadek, w którym ieden lub drugi wymiar podstawy przez całą wysokość stałym będzie; zrównanie zaś 3) na ten, kiedy obadwa wymiary sobie są równe i statecznie zmienne, iak to iest w ostrokręgu i w ostrosłupie. Ich też postać naywłaściwszą iest dla słupów loźnie stojących, iakiemi są obeliski i piramidy egipskie.

Stąd ieszcze wypada, iż słup daney podstawy i utworzony

(*) GIRARD. n. 124.

przez obrót logarytmiki, której podstyczna ze względu na moc materiału przyzwoicie jest oznaczoną, opiera się wciąż iednostaynie swojemu ciężarowi. A ponieważ część ciężaru *OPM* słupa tak utworzonego, zaięta między wierzchołkiem iego i iakąkolwiek podstawą przełamania *PM*, może być ściśle oznaczoną, a zatem wyraz iey ciężaru jest zawsze wyrazem skończonym; można więc odiać tę część, i tyle wazącą na iey mieysce postawić bryłę *GG'*, której śrzodek ciężkości należy umieścić na osi pozostałego słupa *ABPM*. Słup przez takie zastąpienie części swojego ciężaru nie przestaje być bryłą równego oporu, tak własnemu, iako też obcemu ciężarowi, którym jest obarczony. Postać więc doskonała podpór osobnych jest postacią ostrokręgu ściętego, utworzonego w obrócie logarytmiki około swej osi. Lecz że podstyczna $\frac{3}{2}H$, jest zawsze ilością niezmiernie wielką w porównaniu ze średnicą podstawy słupa (C. I. 107), i tym większą im watek iego jest oporniejszy, albo, co na iedno wychodzi, ciężar słupa jest bardzo małym ciężarem w porównaniu do ciężaru, który znieść może; łuk tedy tworzący, niezmiernie płaski, mięszać się będzie z linią prostą, prawie równoległą do osi obrotu, a ostrokrąg w walec się nieiako przemieni; i to się zgadza z wypadkiem, do którego przychodzimy, ieżeli ciężar słupa za nic uważać będziemy. I odwrótnie wypada, że im materiał słupa jest słabszym, czyli *H* ilością mnieyszą, tym logarytmika, mająca $\frac{3}{2}H$ za podstyczną, bardziey też będzie się skłaniała ku osi, a słup nagley ku górze cienieć musi. *Z materiału więc*



opornego, iak granit, porfir, albo drzewo, urobione słupy, mogą być prawie walcowe; z miękkiego zaś iak piaskowiec sypki, muszą mieć postać ostrokągu ściętego. Takiey też właśnie postaci są greckie i egipskie słupy. Słupy zaś metaliczne nayopornieysze będą, gdy są wewnątrz próżnemi walcami, czyli równey grubości rurami. (C. I. 100).

Ieżeli na podpórę osobną działaia siły pod pewnym kątem do iey osi skierowane, i na iedney z nią płaszczyźnie działaia w strony przeciwnie i pod tymże samym do osi kątem, wtedy, ieżeli każda każdej iest równa, zniszczą się w części; a z nich wypadkowa, w kierunku pionowym działaia, iest iakoby nowym z góry na wierzch podpory przydanym ciężarem. Lecz ieżeli, czyto z kilku wypadkowa, czy też, iaka pojedyncza, w iedną stronę podpory biie, wówczas podpora ku tey stronie bardziey wysunioną czyli grubszą być powinna, a grubość iey w tém miejscu zawsze łatwo daie się oznaczyć: kiedy bowiem mamy znaną siłę parcia i wysokość podpory w której iest zastosowaną, naydziemy wymiar podstawy przeciwny momentowi tey siły. I tak, niech będzie siła p , wysokość podpory do której iest przyłożoną d , wymiar podstawy x . Ieżeli siła poziomie działa, iey moment będzie pd ; opór zaś podstawy, wyrażaiąc ciężar słupa przez powierzchnią iego przecięcia, i ten tylko ciężar biorąc za opór, będzie $\frac{dx^2}{2}$; stąd

$$pd = \frac{dx^2}{2}, \text{ a } x = \pm \sqrt{2p}.$$

Ieżeli siła p' działa ukośnie, wtedy albo iey ramie nazwawszy f , będzie

$$p'f = \frac{dx^2}{2}, \text{ a } x = \pm \sqrt{2p'f},$$

albo, rozkładając siłę ukośną na poziomą którą p zowiemy i pionową n , z góry uciskającą i tém samém powiększającą ciężar podpory, którey też cały wymiar podstawy x ma być wzięty za ramię działania, będziemy mieli

$$pd = \frac{dx^2}{2} + nx, \text{ a } x = -\frac{n}{d} \pm \sqrt{2p + \frac{n^2}{d^2}}.$$

Wzór ten ostatni jest ogólny, i do znalezienia grubości słupa przez x oznaczoney, zawsze przydatny.

Części słup
składające.
Tablica X.
Wzory 1...5.

72. Podpora osobna ze trzech części różnych pospolicie złożoną bywa: *trzonu* (fût) A , czyli rzeczywistego słupa, i dwóch części po obu jego końcach przydatnych, to jest: *głowicy* (chapiteau) B i *podstawy* (base) C . Wzory 1...5.

Wyprowadziwszy z przeznaczenia i innych względów istotnych, ogólną postać trzonu (71); zastanówmy się nad przeznaczeniem i postacią głowicy i podstawy słupa.

Obciążone wezgłowia sklepień, i tramy lub brusy stropu, które bezpośrednio na słupach kładziemy, są zawsze bryłami graniastej postaci, które występują za powierzchnią słupa, i nań sposobem drążka działają; dla tego na górne podpor krawędzie wywierają nie iednostayne, ciśnienie. Te zatem brzegi słupa, które są silniey uciśnione, łatwo by odkruszyć się mogły, gdyby temu nie zapobiegało użycie głowicy. Jest to więc część istotnie przydatna każdej podporze, i pospolicie z oporniejszego niż trzon materyału urobioną bywa.

W skład głowicy wchodzi naprzód część bezpośrednio przyymująca brzemień ciężaru, *wiekiem* iey zwaną (tailloir) (wzory 3 i 4) a ; jest to mniej więcej miąższa, kwadratowa lub powykrawana kamienna płyta. Wieko na filarach pospoli-

tych i węgarach całą głowicę stanowi, i jest w nich tyle tylko użyteczne, ile jest warstwą całą oporniejszego kamienia. Wieka na słupach okrągłych i czworogrannych, noszących na sobie poziome brusy, przez swoje za powierzchnią podpory wystawanie skracaia długość brusa od słupa do słupa sięgającego.

Drugą częścią w skład głowicy wchodzącą jest tak nazwany iej *spodek* (cymaise) *b.* (wzór 3 i 4). Na słupach czworogrannych ma on postać piramidy ściętej i odwróconej, większą podstawą przystaie do wieka, mniejszą do górnej podstawy słupa. Na słupach zaś okrągłych jest to bryła toczona, postaci ostrokągu ściętego, wierzchnią podstawę ma iakoby wpisaną w spód wieka a mniejszą przystaie do wierzchu słupa. Istotną posługą spodka głowicy na tém zależy, iż pionowy kierunek działającego ciężaru, zwraca ku środkowi słupa, albo raczej rozdziela go równie na wszystkie punkta górnej podstawy, i tym sposobem krawędzie iej od uszkodzenia broni. Wieko i spodek stanowią właściwą głowicę słupa, wszakże przydaie się im niekiedy część trzecia mniej istotna. Jest to niby przedłużenie trzonu z iednej bryły ze spodkiem udziałane: nazywamy ie *szyją* głowicy (gorgerin) i przeznaczamy pospolicie do przyięcia rzeźbiarskich ozdób.

Rozmaitość postaci słupowych głowic jest nader wielką. W iednych pierwsze dwie części są wyraźne i stosownie do swojego przeznaczenia ukształtowane, iak na słupie wzoru 3^{go}; w drugich nayduiemy wieka zbyt cienkie i powykrwane, a spodek z szyją w iedną bryłę zlane, na podobieństwo odwróconego dzwonu (campane), iaką jest na wzorze 4^{ty}m;

w innych niedostaie wieka, i tylko mają w górze rozszerzoną szyję iak są egipskie i niektóre gockie.

Na słupach drewnianych albo metalicznych, które wyobraża wzór 5^{ty}, zdarza się widzieć nad głowicą zwyczajną, lub, zamiast niej, z wierzchu wychodzące esowate podstawki czyli *wsporniki* (consoles), które służą do podparcia końców, na środku słupa zbiegających się tramów. Pełnią one rzeczywiście usługę silney głowicy i przez to istotnie są użyteczne, zwłaszcza na podporach cienkich drewnianych lub kruszcowych.

U słupa czworogrannego i kołowego podstawa zdaie się mieć podobne z głowicą przeznaczenie: bo działaniu ciężaru z góry, odpowiada oddziaływanie niewzruszoney z dołu posady, i dla teyto snadź łudzacey podobności, postać iej na podobieństwo odwróconey głowicy daia. Pilniey się iednak nad rzeczą zastanawiając, wielkiey dostrzegamy różnicy między działaniem obciążonych tramów na podporę z góry, a oddziaływaniem niewzruszoney posady z dołu: ta bowiem w stanie spoczynku iednostaynie odpiera wszystkie punkta trzonowego spodu, kiedy tamte szczególnie uciskają wierzchnie krawędzie, (iako punkta podparcia sposobem drażka działających tramów); które mogłyby często bydź odkruszone gdyby głowica słupa swoją ku temu postacią i większą niekiedy mocą spoienia nie strzegła całości trzonu; tey zaś usługi, od podstawy, słup z dołu nie potrzebuie. Nadto, głowica słupa przez znaczne wystawanie robi ulgę tramowi, sięgającemu od słupa do słupa; kiedy przeciwnie podstawa rozszerzając się pomiędzy słupami, chodzeniu w około przeszkadza. Skoro

zatem posada słupów rzeczywiście i pozornie wciąż niewzruszoną będzie, nie masz żadney potrzeby, przydawania pod trzon podobnych głowicy podstaw; gdyż jeżeli spód słupa przeciwko psuciu się i otłukaniu zabezpieczyć chcemy, to zacożbyśmy go uczynić nie mogli z opornego wátku wciąż z trzonem równo, albo nie wiele, póki jest twardszy materiał, nad powierzchnią trzonu wydatnym, nie zmieniając bynajmniej postaci, iak to zwykliśmy robić pod węgarami. Wzór 2.

75. Węgary miąższe, niskie lub wysokie filary, robią się zawsze z graniastych brył ciosu albo też cegieł i płyty. Słupy wysmukłe, a osobliwie okrągłe, jeżeli z ciosu robione bywać mają, tedy z całych a ile można równo wysokich *kłódek* (tamboure) złożone być powinny; a lepiej ieszcze zbudowane zostaną, kiedy trzon z iedney i głowicę z iedney też całkiew bryły udziałane mieć będą; co też się zawsze czyni ilekroć słupy z porfiru, granitu, serpentynu albo z pięknego marmuru są zrobione. W tych drogich słupach, głowice rzęzbą ozdobione, z odmiennego są niż trzon kamienia, a czasem z bronzu ulane bywają.

Budowanie
podpór osób-
nych.

Jeżeli słupy okrągłe z cegły robione być muszą, w tym razie oś żelazna, przez całą ich wysokość przechodzić powinna. Słupów drewnianych nigdy do okazałych budowli nie wprowadzamy. Iedyny może w świecie był tego przykład w kościele Salomonowym, gdzie słupy cedrowe miedzią i srebrem powleczone zdobiły przybytek. Część trzonu słupów kruszcowych dętych nayprzyzwoiciej razem z głowicą odlewać.