

CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE.

Rocznik XXVI.

Lwów, dnia 10 sierpnia 1908.

Nr. 15.

TREŚĆ: Inż. Stefan W. Bryła: Przestrzenne powierzchnie wpływowo. — Inż. K. Folkiński: Żelazno-betonowy mur oporowy dla nasypu drogowego 300 m wysokości w Ślemieniu — powiat Żywiec. — Pomianowski: Wycieczka Wydziału Inżynierii Szkoły politechnicznej w r. 1908 (z tablicą). — Sprawozdania z literatury technicznej. — Rozmaitości. — Od Redakcyi.

Przestrzenne powierzchnie wpływowo.

Do wyznaczenia wpływu jakiejkolwiek poruszającej się siły na pewną ilość mechaniczną używa się linii wpływowych. Używane są one prawie wyłącznie przy obliczaniu belek mostowych.

Przy mostach żelaznych, najczęściej obecnie używanych dla kolei, a bardzo często dla dróg, mamy wzajemny układ belek następujący: Z pomostu przenosi się ciężar na podłużnice, z tych na poprzecznicę, a wreszcie za pośrednictwem poprzecznic na belki główne. — Przy mostach łukowych z poprzecznic ciężar przenosi się na słupy (ewentualnie słupy wiszące przy mostach łukowych o pomoście dołem), a dopiero ze słupów na belki główne.

Otóż przy mostach w ten sposób budowanych użycie linii wpływowych jest zupełnie usprawiedliwione. — Pomost — czy to będą kształtówki, blacha falista, czy sklepienia pomostowe mostów drogowych, — czy też podkłady drewniane lub żelazne mostów kolejowych, — przenoszą ciężar na podłużnice (w ogólnie przyjętem przybliżeniu) według linii prostej (fig. 1) tj.:

$$O_1 = \frac{l-x}{l} P \dots \dots \dots 1)$$

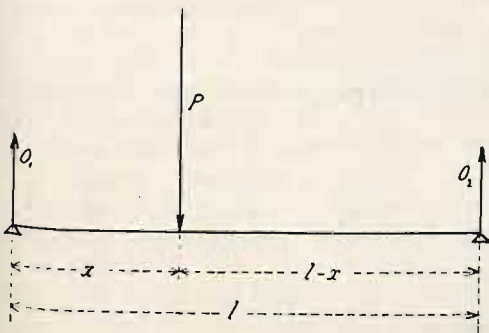


Fig. 1.

Jednak i tu zadowolamy się tym samym wzorem, co dla belki prostej¹⁾.

I tu jednak dla mostów żelaznych każda część — (kształtówka pomostowa, podłużnica itd.) — stanowiła całość dla siebie, — a chociaż połączenie ich — nitami czy też sworzniami — wpływało na natężenia innych części, to jednak wpływ ten był stosunkowo bardzo nieznaczny. Bardzo często nawet wpływu tężników poziomych i poprzecznych się nie uwzględnia, zadowolając się mniejszem natężeniem dopuszczalnym.

Zupełnie inaczej układa się stosunek sil w mostach żelazno-betonowych. Pomost niosący tworzy np. u Hennebique'a wraz z podłużnicami i poprzecznkami belki teowe. Słupy mostów łukowych działają w ścisłej łączności z niemi z jednej, a z belkami głównymi z drugiej strony, a to do tego stopnia, że nawet niektóre mosty, jak np. most nad Largą w Brünighofen lub most nad Beją w Tunisie, gdzie pomost jest zawieszony na łuku, należy uważać za belki o kracie czworokątnej (Pfostenfachwerk).

Weźmy pod uwagę przekrój poziomy łukowego mostu żelazno-betonowego, zwłaszcza punkt (słup) S (fig. 2)²⁾.

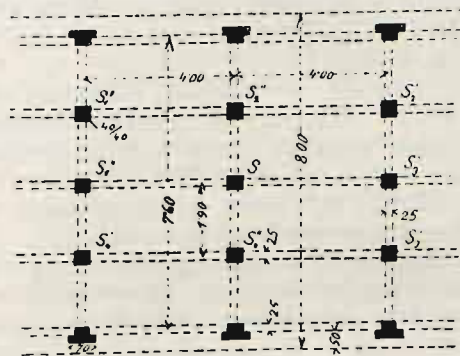


Fig. 2.

Pomost w połączeniu ze słupami stanowi tutaj właściwie płytę ciągłą, opartą na pewnej (dość znacznej) liczbie sprężystych słupów.

¹⁾ O ile płyty kamienne są w czterech punktach lub czterech krawędziach podparte, liczymy je (wobec nieznaczących wymiarów ich) według Foepppla dla ciężaru umieszczonego w środku płyty lub ciężaru jednostajnie rozłożonego.

²⁾ Fig. 2 przedstawia przekrój poziomy mostu na Izarze pod Grünwaldem.

Tegoż wzoru używamy przy obliczaniu podłużnic i poprzecznic. Wprawdzie odnosi się on wyłącznie do ciężarów i oddziaływań w jednej płaszczyźnie działających, jednakowoż wobec małej szerokości tych wszystkich części składowych śmiało go możemy używać.

Już inaczej rzecz się ma przy użyciu pomostu np. z płyt kamiennych, posiadających w stosunku do swej rozpiętości znacznie większą szerokość.

Właściwie z powodu ciągłości płyty, gdziekolwiek ciężar stanie, wywoła oddziaływanie w S . Głównie jednak na to oddziaływanie wpływać będą ciężary znajdujące się w obrębie pola $S_1' S_2' S_3' S_4'$.

Otóż celem moim jest przybliżone wyznaczenie wpływu położenia ciężaru P na oddziaływanie w S , a to dla następujących założeń:

1. Ciężary poza polem $S_1' S_2' S_3' S_4'$ się znajdujące nie wpływają wcale na oddziaływanie w S .
2. Ciężar, znajdujący się na polu $S_1' S_2' S_3' S_4'$ wywołuje oddziaływania tylko w tych czterech przyległych punktach podporowych.
3. Płyty, zamknięte między czterema słupami, działają same dla siebie, jako w punktach podparcia wolno podparte.

Z góry zaznaczyć muszę, że przyjęcia te są do pewnego stopnia dowolne, zwłaszcza przyjęcie trzecie, jednakowoż dokładne wyznaczenie oddziaływań jest zadaniem wielokrotnie statycznie niewyznaczalnym.

Weźmy pod uwagę jedno takie pole (fig. 3)

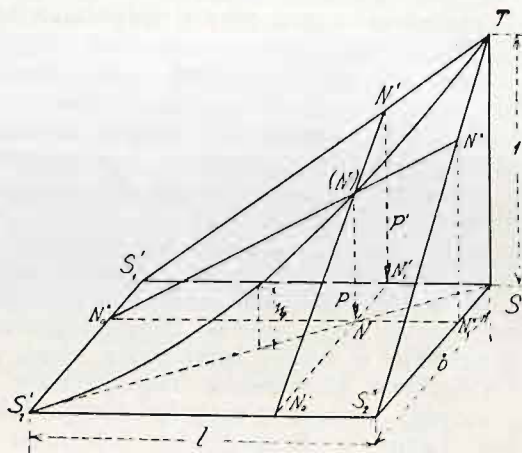


Fig. 3

i zbadajmy, jak wielkie będą oddziaływania w S dla ciężaru stojącego gdziekolwiek na niem.

Tu spotkać się musimy odrazu z nowym pojęciem, które w teorii mostów dotychczas nie przychodziło, z pojęciem przestrzennej „powierzchni wpływowej“ (w przestrzeni), wzgl. „ciała, bryły wpływowej“¹⁾

Jeśli bowiem w miejscu położenia danego ciężaru $P=1$ odetniemy wielkość oddziaływania, powstającego wskutek niego w S , otrzymamy powierzchnię wpływową oddziaływania, która z płaszczyzną $SS_1'' S_2''$ oraz płaszczyznami $S_1'' ST$ i $S_2'' ST$ utworzy bryłę wpływową.

Dla ciężaru P , stojącego w środku płyty, ciężar rozłoży się jednostajnie na wszystkie cztery punkty podporowe, zatem oddziaływanie wynosić będzie $\frac{P}{4}$. Wprawdzie równowagę otrzymamy i dla innego rozkładu oddziaływań²⁾. Jednak dla jednostajnego materiału, jaki założyliśmy, nie mamy powodu przypuszczać nierównych oddziaływań, a również dla tego przypadku otrzymamy najmniejszość pracy odkształcenia. Zatem w środku

¹⁾ Należy odróżnić tu pojęcie powierzchni wpływowej przy użyciu linii wpływowych. Oznacza ono tam powierzchnię, zamkniętą liniami wpływowymi. Tu — analogicznym byłoby pojęcie objętości „ciała“ wzgl. „bryły wpływowej“.

²⁾ Równowaga znajdzie np. wtedy, gdy S_1'' i S_2'' wynoszą po $\frac{1}{2} nP$, zaś oddziaływania S i S_1'' po $\frac{1}{2} mP$, gdzie $n+m=1$.

rzędna linii wpływowej będzie wynosić $z=\frac{1}{4}$. — Dla ciężaru w S otrzymamy rzędną $z=1$, zaś dla ciężaru w S_1'' rzędną $z=0$ — A zatem przyjmując możemy, że dla ciężaru poruszającego się w przekątnej, rzędne wpływowe zmieniają się według paraboli.

Dla ciężaru, poruszającego się w linii SS_1'' , otrzymujemy dla S : $z=1$, zaś dla S_1'' : $z=0$, o ile — w myśl założenia — opuścimy wpływ ugięcia płyty i — bardzo małe zresztą — powstające wskutek tego oddziaływania w S_2'' i S_1'' . Podobną prostą otrzymamy i dla linii SS_2'' .

Na podstawie tych trzech linii możemy wyznaczyć odpowiednią powierzchnię wpływową. Będzie nią w tym przypadku paraboloida hyperboliczna (powierzchnia siodełkowata), powstająca — jak wiadomo — przez ruch prostej po dwu innych nierównoległych prostych, równoległe do pewnej płaszczyzny. Tutaj prostymi kierownicami są $S_1'' T$ i $S_2'' T$, zaś płaszczyzną kierownicą pł. $S_2'' ST$. Dla drugiego układu prostych na tej płaszczyźnie są kierownicami $S_1' S_1''$ i $S_2' T$, oraz pł. $S_1'' ST$.

Dla przyjętego układu współrzędnych, jak fig. 4, otrzymamy równanie tej powierzchni:

$$z = \frac{x \cdot y}{l \cdot b} \quad \dots \quad 2)$$

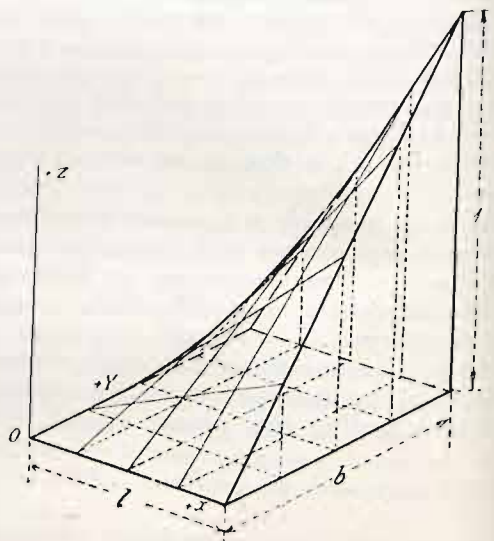


Fig. 4.

przyczem równaniami prostych kierującymi są:

$$y = b, \quad z = \frac{1}{l} x \quad \dots \quad 3)$$

oraz:

$$y = 0, \quad z = 0 \quad \dots \quad 4)$$

Dla przekroju przekątnego, a zatem płaszczyzną:

$$bx - ly = 0,$$

otrzymamy z wz. 2):

$$z = \frac{xy}{l \cdot b} = \frac{ly}{b} \cdot \frac{y}{l \cdot b} = \frac{y^2}{b^2} \quad \dots \quad 5)$$

zatem parabolę.

Inne przekroje pionowe są parabolami, coraz bardziej płaskimi ku SS_1'' i SS_2'' .

Podobne powierzchnie wpływowe otrzymamy dla wszystkich pól, przyległych do słupa S , zatem pow. wpl. oddziaływania na słup składać się będzie z czterech równych odcinków paraboloidy hyperbolicznej.

Dla kontroli tej powierzchni wpływowej przeprowadzimy następujące rozumowanie:

Dla belki prostej suma obu „powierzchni“ wpływowych oddziaływań musi być równą:

$$A = 2 \cdot \frac{l \cdot l}{2} = l \cdot m \dots \dots \dots 6)$$

Wynika to stąd, że dla ciężaru jednostkowego 1 kg/m , otrzymujemy całkowity ciężar na belkę działający $l \text{ kg}$. Podobny warunek mamy dla linii wpływowych oddziaływań każdej belki.

Dla powierzchni wpływowych (w przestrzeni) otrzymujemy podobny, — tylko odpowiednio zmieniony — warunek. Mianowicie suma objętości „ciał wpływowych“ dla wszystkich (tu czterech) oddziaływań musi być równą

$$V = b \cdot l \cdot l \cdot m^2 \dots \dots \dots 7)$$

Tu otrzymamy (fig. 4):

$$dV = dx \cdot \frac{1}{2} b \cdot z = \frac{1}{2} b \cdot \frac{x}{l} \cdot dx$$

$$V = \frac{1}{2} \frac{b}{l} \int_0^l x dx = \frac{1}{2} \frac{b}{l} \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^l = \frac{1}{4} bl \dots \dots \dots 8)$$

zatem warunek 7) sprawdza się rzeczywiście.

Z własności paraboloidy hyperbolicznej wynika jednak bardzo prosty sposób znajdowania poszczególnych rzędnych wpływowych bez znajomości równania tej powierzchni. — Ponieważ przekrój równoległy do płaszczyzny $S_2'' ST$ (podobnie jak i przekrój równoległy do $S_1'' ST$) jest trójkątem, przeto możemy najpierw wziąć składową P' ciężaru P , działającego w N , w kierunku prostopadłym do osi mostu, a następnie znaleźć oddziaływania, powstające w S wskutek ciężaru P' , stojącego w N' . Sposób ten jest identyczny ze sposobem wyznaczania oddziaływań na poprzecznicę przy ciężarach, przenoszących się na nią zapomocą pomostu niosącego (np. kształtówek), oraz podłużnic.

O ile wiem — pojęcie „powierzchni“ wzgl. „brył wpływowych“ nie powstało dotychczas w literaturze technicznej. Jeśli jednak wzniesiemy się od sił, działających w jednej płaszczyźnie z oddziaływaniami, do sił w przestrzeni, nasuwa się ono samo przez się, tworząc analogię do odpowiedniego pojęcia w płaszczyźnie.

Inż. Stefan W. Bryła.

Żelazno-betonowy mur oporowy dla nasypu drogowego 3'00 m wysokości

w Ślemieniu — powiat Żywiec.

Nim przystąpię do opisu obiektu powyżej wymienionego, podam krótki pogląd na budowę żelazno-betonowych murów oporowych, w porównaniu z takimiż budowlami kamiennymi.

* * *

Z chwilą opanowania dziedzin budownictwa inżynierskiego przez konstrukcje żelazno-betonowe, budowa murów oporowych została również przez nowy materiał budowlany nie tylko opanowana, ale uległa zasadniczym zmianom, tak że może więcej od innych budowli, budowa murów oporowych weszła na zupełnie nowe tory.

Dotąd mur oporowy, jako budowla podtrzymująca, oddziaływać musiał swą masą działaniu masy materiału podtrzymanego, dążącego do jego przewrócenia. Z tego wynika, iż podparty materiał, przy murach oporowych kamiennych, działa tylko szkodliwie na budowlę podpierającą, bez możliwości wyzyskania go dla wytrzymałości tego obiektu.

Ponadto — chociaż dla stateczności muru kamiennego, wystarczającym było, aby wypadkowa z parcia, wywieranego przez materiał podtrzymany¹⁾ i ciężaru własnego obiektu nie wychodziła z podstawy budowli — grubość muru kamiennego musi być znaczną, a to z powodu warunków statycznych dla tego rodzaju budowli. Kamienny mur oporowy składa się z poszczególnych bloków spojonych zaprawą (biorę pod uwagę ten przypadek korzystniejszy od muru suchego). Otóż na wytrzymałość zaprawy na ciągnięcie rachować nie można, przeto przekrój cały pracować musi tylko na ciśnienie, czyli linia ciśnienia w najgorszym razie przechodzić musi przez punkt jądry zewnętrzny, czyli w każdym punkcie swej wysokości musi mur oporowy kamienny przedstawiać odpowiedni opór ciśnącemu nań materiałowi.

Mur oporowy kamienny odgraniczający od wody również przedstawia złe strony, a mianowicie ze względu na fundamentowanie. Z chwilą gdy woda podmywa chociażby małą część długości obiektu, nastąpić musi w tym miejscu usuwanie się muru, spodnie bowiem kamienie, pod wpływem obciążenia górnej części muru — ponieważ zaprawa na ciągnięcie bardzo mało pracuje — usuwają się, pociągając za sobą nie tylko wierzchnią część, ale i boczne. — Budowla zatem musi być tak fundowana, aby działanie erozyjne wody sięgnąć nie mogło do spodu fundamentu.

Z powyższego widać, że warunki ekonomiczne i techniczne tego rodzaju obiektów są nieszczołgłone. Masa muru rośnie w bardzo nieproporcjonalnym stosunku do jego wysokości¹⁾.

Żelazo-beton wprowadzając jednolitość budowli i możliwość zastosowania materiału do natężeń ciągnących spowodował zupełny przewrót w budowie murów oporowych.

Najważniejszy może nabytek nowych tych budowli polega na wyzyskaniu ciężaru podpartej masy dla stateczności obiektu.

Rys. 1, wyjęty z „*Handbuch für Eisenbetonbau B. III*“, sam za siebie przemawia — żelazno-betonowymi w tym obiekcie, są tylko widoczne tam wsporniki od strony lewej. — Odrazu narzuca się korzystne przeciwdziałanie dwóch momentów.

Czysto żelazno-betonowy mur oporowy widziny na rys. 2. Z niego widzimy również na pierwszy rzut oka działanie dwóch przeciwnych sobie momentów.

Mur oporowy stanowi właściwie pionową ścianą oporową, będącą niczem innym jak tylko płytą wspornikową stale z podstawą poziomą utwierdzoną.

Rys. 3 przedstawia ścianę oporową dla większych rozpiętości, gdzie część pionowa połączona została ścianą przyporową z częścią po-

¹⁾ Wystarczy zbadać normalnie krajowego biura drogowego dla murów oporowych.

¹⁾ Rozmyślnie nie nazywam tego materiału ziemią, gdyż zasada obliczenia statycznego i budowy tego rodzaju obiektów żel.-bet. jest ta sama dla wody, lub jakiegokolwiek innego materiału.