

STEFAN BRYŁA.

## ZASTOSOWANIE STALI W MOSTACH DROGOWYCH O MNIEJSZYCH ROZPIĘTOŚCIACH.

Rozwój ekonomiczny państw postępował i postępuje rozmaitemi drogami. Odzwierciadla się to we wszystkich dziedzinach techniki — także i w budowie mostów, a przejawia się specjalnie w budowie mostów małych.

Określenie to dotyczy głównie rozpiętości mostu, ale i w pewnym stopniu także rodzaju i systemu konstrukcji. Rozpiętość, o której może być w danym wypadku mowa, wynosi około 30 — 50 m.

Mosty buduje się z różnych materiałów. Odgrywają one w różnych krajach różną rolę, jako materiały konstrukcyjne, właśnie zależnie od kierunku ich rozwoju ekonomicznego. We Francji, Włoszech, a w ostatnich czasach i w Anglii rozwinięte są stosunkowo więcej mosty żelbetowe. W Niemczech stosunkowo więcej stalowe, jednakowoż ani tu ani tu w grę nie wchodzi prawie zupełnie drzewo jako materiał konstrukcyjny. W innym natomiast położeniu znajduje się Polska. W byłym zaborze rzymskim systematycznie utrzymywane były na możliwie niskim poziomie wszystkie drogi komunikacyjne, a więc drogi i mosty, następnie przyszła wojna, która kilkakrotnie przewalając się przez nasze ziemie, niszcząc znów drogi i mosty, zubożyła i tak ubogi kraj. W konsekwencji zaś odbudowa tychże zwłaszcza w pierwszych latach musiała być przeprowadzona przy pomocy jak najtańszych środków. Stąd też przeważająca część mostów wykonana została z drzewa. Dotyczyło to zwłaszcza mostów drogowych. Tylko na większych rzekach więc przy większych rozpiętościach budowano je jako mosty stałe ze stali lub z żelbetu. Dopiero zwolna zaczęto przechodzić i dla mniejszych rozpiętości na konstrukcje stałe, głównie w okresie wysokiej konjunktury. Dzisiaj na skutek kryzysu, szybkość tej ewolucji się zmniejszyła, niemniej ciągle jest w toku wymiana mostów drewnianych na stałe.

Problem mostów mniejszych przedstawia się zatem w Polsce inaczej niż w państwach zachodnich. Tam jest kwestja

czy mosty stalowe czy żelbetowe. W Polsce jest kwestja: mosty stałe czy drewniane, a potem dopiero w grę wchodzi kwestja materiału.

Wszyscy zdają sobie sprawę dokładnie z tego, że mosty drewniane są pod każdym względem znacznie mniej wartościowe. Jednakowoż w grę wchodzi mały koszt ich budowy, kilkakrotnie mniejszy niż mostów stalowych. Aby zatem w danych warunkach zwiększyć zastosowanie mostów stałych musi się obniżyć ich koszty. Przytem zważać należy, że mosty żelbetowe wymagają minimalnej konserwacji. Aby zatem stosować mosty stalowe dla mniejszych rozpiętości, muszą się one zarazem kalkulować taniej od żelbetowych.

U nas cement jest raczej tani, stal raczej droga. W tych warunkach mosty stalowe raczej się nie kalkulują. Należy przeto doprowadzić do tego, by konstrukcja stalowa, była lżejsza niż jest obecnie i to w dość znacznym stopniu. Na cenę wpływa bowiem w większym stopniu waga niż robocizna (w naszych warunkach).

Uzyskać to można przedewszystkiem przez zastosowanie spawania, przez zwiększenie naprężeń dopuszczalnych, oraz przez wprowadzenie odpowiednich systemów konstrukcji.

Spawanie pozwala na zmniejszenie wagi konstrukcji przy zachowaniu jej równowartości o 15 — 25%, czasem nawet więcej. Wprawdzie cena jednostkowa konstrukcji spawanej jest w różnych krajach różna, czasem wyższa, czasem niższa od ceny konstrukcji nitowanej, jednak prostota wykonania konstrukcji spawanej prowadzi do tego i prędzej czy później ona będzie niższa niż dla konstrukcji nitowanej. Tendencja w tym kierunku jest wyraźna. Wtedy spawana konstrukcja będzie kalkulować się taniej, przynajmniej w tym samym stopniu w jakim daje oszczędności na wadze (15 — 25%). Naturalnie konstrukcja spawana wypada u nas wprawdzie taniej, niż nitowana, ale w nie tak wysokim stopniu. To też możliwe rozpowszechnienie spawania i zastąpienie niem nitowania, powinno być pierwszą wytyczną wprowadzenia stali do budowy mostów niewielkich.

Pragnę tu podkreślić, że stosowanie spawania na warsztacie, a nitowania na budowie, stosowane ze źle zrozumiałych względów oszczędnościowych, nie może dać należytego rezul-

tatu. Walory ekonomiczne spawania to nietylko sprawa oszczędności na łącznikach, na przekroju prętów łączonych nitami, ale także możliwość utwierdzenia lub ciągłości belek, możliwość wciągnięcia we współdziałanie wszystkich elementów mostów. Jeżeli więc nawet praca nitowania jako takiego wypada taniej w robociznie, to przy moście obliczonym racjonalnie z uwzględnieniem wspomnianych czynników połączenia nitowane montażowe w swym rezultacie końcowym znów prowadzą do podrożenia. Jest to reguła ogólna, od której wyjątek stanowią tylko połączenia tężników wiatrowych, nie współpracujących wogóle przy działaniu obciążenia użytkowego.

Przy dzisiejszych zaś metodach spawania można być pewnym, że połączone spawania montażowe będzie równie dobre jak warsztatowe.

Następnym czynnikiem umożliwiającym rozwój mniejszych mostów stalowych powinna być rewizja dotychczas obowiązujących naprężeń dopuszczalnych. Dla betonu są one stosunkowo znacznie wyższe, niż dla stali. Jeżeli dla betonu dopuszcza się naprężenie dochodzące do  $\frac{1}{3}$  wytrzymałości walcowej, to dla stali naprężenia powinny być podniesione w stosunku do obowiązujących obecnie, a wynoszących mniej więcej również  $\frac{1}{3}$  wytrzymałości stali. Stal jest bowiem materiałem bezporównania bardziej jednolitym i bardziej pewnym od betonu z powodu sposobu jej fabrykacji. Spółczynnik bezpieczeństwa może być tu zatem mniejszy, Należałoby wogóle poddać rewizji uzależnianie naprężeń od przeznaczenia konstrukcji, a raczej wprowadzić do obliczenia współczynnik dynamiczny. Przy rewizji obowiązujących przepisów mostowych, należy też uwzględnić możliwość oparcia obliczenia na uwzględnieniu plastyczności materiału. Rozciągłość stosowania obliczeń na tej zasadzie w budowie mostów zależy w znacznym stopniu od systemu konstrukcji. Specjalnie w niektórych systemach jak np. belki ciągłe, można tu uzyskać duże oszczędności. Ostatnie doświadczenia Patona w Kijowie przynoszą pod tym względem dużo materiału.

Kwestja obranego systemu konstrukcji gra zawsze rolę bardzo znaczną. Mniejsza ona będzie dla mostów o niewielkich rozpiętościach, możliwość wyboru jest tutaj ograniczona: zazwyczaj wchodzi w grę przedewszystkiem belka wolno pod-

parta, oraz belka ciągła. Najmniej ekonomiczna belka wolno podparta jest prawie najwygodniejszą w obliczeniu i najchętniej stosowaną w mostach bardzo małych. Jednakowoż właśnie ona najtrudniej wytrzymuje konkurencję z konstrukcjami również wolno podpartymi z innych materiałów (żelbet). Natomiast duże perspektywy otwierają się dla dźwigarów walcowanych obetonowanych. Wytrzymałość ich jest znacznie większa, niż dźwigarów nieosłoniętych, dlatego, że beton chroni je przy działaniu na zginanie od wyboczenia poziomego, oraz od lokalnego zgniotu w miejscu działania ciężaru skupionego, a temsamem znacznie zwiększa ich wytrzymałość przy zachowaniu tego samego współczynnika bezpieczeństwa. Na podstawie doświadczeń Baesa, podanych w „Ossature Métalique” 1933, można przyjmować naprężenie dopuszczalne dla belek obetonowanych o  $\frac{1}{3}$  wyższe od naprężeń dopuszczalnych dla belek nieobetonowanych. Do tego dochodzi korzyść druga: nie potrzebują one konserwacji, jakiej wymagają belki stalowe nieosłonięte, wreszcie zaś wszelkie usztywnienia poprzeczne mogą być bez porównania mniejsze. W stosunku zaś do konstrukcyj żelbetowych nie potrzebują one do wykonania rusztowań, a czas wykonania skraca się przeto ogromnie. W ten sam sposób użyte być mogą także szyny kolejowe — przy mniejszych rozpiętościach — wtedy opłacają się raczej płyty niż belki żebrowe.

Belki walcowane nie osłonięte betonem, są mniej korzystne, aczkolwiek i tutaj zastosowanie spawania prowadzić może do możliwości ich stosowania w nie jednym wypadku, głównie przez możliwość dodawania nakładek na stopkach, co przy nitach było albo niemożliwe, albo zupełnie się nie opłacało, lub też dospawanie ich do ścianek i stopek w formie żeber, wreszcie też przez zwiększenie wysokości po rozcięciu i wstawieniu potrzebnego elementu blachy (nadaje się głównie dla belek ciągłych), o ile plastyczność materiału nie będzie uwzględniona w obliczeniu.

Blachownice stosowane są dla rozpiętości większych. Dla małych wysokości konstrukcyjnych są one wogóle mniej korzystne, niż dźwigary walcowane z dospojonemi nakładkami. Większe są nieładne, zwłaszcza w belkach o jednym przęśle.

dopiero w belkach ciągłych uzyskują one wygląd estetyczny i czasem (zwłaszcza w Niemczech) stosowane bywają nawet dla rozpiętości ponad 60 m. Tu spawanie nie przynosi tak znacznych oszczędności, jak w konstrukcjach np. kratowych, na wadze zyskuje się tylko około 10%, natomiast dużo na prostocie roboty. Oszczędność dać mogą ustroje, które przez zastosowanie odpowiednich belek głównych (oczywiście gdy ich jest kilka, a zatem w mostach o pomoście górą) i na te konstrukcje należałoby zwrócić baczniejszą uwagę. Mogą w grę wchodzić też takie konstrukcje, których żelbetowy pomost tak będzie połączony z belkami głównymi, że można będzie je liczyć jako belki złożone, (podobne do żelbetowych) o pasie ściskany betonowym, a żebrach żelaznych. Most tego typu, jaki projektowałem przed kilku laty dla miasta Równego nie dał jednak spodziewanych oszczędności.

Pomijam w tem zestawieniu mosty kratowe i porównanie ich z mostami o ściankach pełnych. Niejednokrotnie dadzą się one zastosować i dla małych rozpiętości, tembardziej w konstrukcjach spawanych. Jednakowoż mają one ten sam charakter statyczny, co blachownice, a granica zastosowania jednych i drugich uzależniona jest w pierwszym rzędzie od wzajemnego ustosunkowania się cen materiału i cen robocizny.

Natomiast należy zwrócić uwagę na mosty łukowe i mosty wiszące. Zazwyczaj nie są stosowane one dla rozpiętości mniejszych, niemniej wprowadzenie ich może się w wybitnym stopniu przyczynić do wprowadzenia mostów stalowych na nieco mniej niż średnie rozpiętości. Mosty łukowe będą aktualne przede wszystkim w terenach górskich, tam, gdzie grunt budowlany nadaje się na przyjęcie ciśnienia poziomego. Dzisiaj buduje się u nas prawie wyłącznie łuki betonowe lub żelbetowe z kosztownymi rusztowaniami. Łuki stalowe, obetonowane lub nie, rusztowań tych wogóle nie potrzebują, a konstrukcja ich daje się rozwiązać wogóle bardzo prosto. Przy małych rozpiętościach mogą to być poprostu dźwigary walcowane wbetonowane w fundament. I tu zuów należy podkreślić niezmiernie korzyści, jakie przy budowie mostów tego typu przynosi spawanie, neglizujące małe niedokładności montażowe. Również łuki górne ze ściągami (o pomoście zawieszonym dołem) mogą dać czasem bardzo korzystne rezultaty. Projektu-

jąc niedawno temu kładkę stalową dla rozpiętości  $l = 2 \times 22$  m, uzyskałem przy tym systemie oszczędność bardzo znaczną. Projektowane uprzednio konstrukcje nitowane o belkach kratowych równoległych wolno podpartych miały ważyć 30 ton, podczas, gdy dla wspomnianego łukowego ustroju uzyskałem (przy zastosowaniu spawania) około 15 ton, a więc około 50% oszczędności na wadze.

Dla rozpiętości nieco większych, wskazane jest zwrócenie uwagi na konstrukcje wiszące. One pozwalają na łatwe i szybkie wykonanie mostu, a zarazem na osiągnięcie znacznej nieraz ekonomji. W roku 1932 wykonałem projekt mostu III kl. w Prociśnie w alternatywie mostu wiszącego jako kontrprojekt mostu drewnianego, na filarach betonowych, jaki był tam przewidywany. Projekt mostu wiszącego przewidywał jedno przęsło 50 m na miejsce 3 przęseł drewnianych po około 16 m i przy nieco zmniejszonej szerokości dawał oszczędności około 15% w stosunku do mostu drewnianego w razie zastosowania kraty usztywniającej z drzewa, a nieco mniej w razie takiejże kraty stalowej spawanej. Z tego przykładu (niestety ostatecznie żadnego mostu nie wykonano z powodu braku środków) można wywnioskować, że niejednokrotnie racjonalne zaprojektowanie konstrukcji stalowej może być tańsze już nawet nie od żelbetowej, ale nawet od drewnianej.

Do wprowadzenia jakiejś konstrukcji mostowej w życie na większą skalę (a tylko o tem można mówić przy mostach o niewielkich rozpiętościach) potrzeba właśnie unormowania ich. Mostów małych nie można projektować każdego dla siebie, muszą one być znormalizowane. Zadanie to powinny spełnić te instytucje, którym zależy na wprowadzeniu w życie pewnych konstrukcyj. Mosty żelbetowe są już dziś ujęte w typy w poszczególnych krajach, także w Polsce, mosty stalowe przeważnie nie, jeżeli zaś chodzi o mosty spawane, t. j. dzisiaj najważniejsze, to tu do zrobienia jest wszystko, bo niema nic.

Konkludując, widzę następujące drogi rozwoju mostów stalowych o małych rozpiętościach: wprowadzenie spawania na jaknajszerszą skalę, reformę przepisów, a zwłaszcza naprężeń dopuszczalnych, wprowadzenie systemów konstrukcji, dających ekonomję, opracowanie typów tych mostów.