

KŁADKI DLA PIESZYCH

projektowanie koncepcyjne

Część 5.

Dla każdego inżyniera, w szczególności dla będącego na początku swej kariery zawodowej, pożądanym wyzwaniem, z którym chciałby się zmierzyć, jest projekt ciekawej konstrukcji, o dużych rozmiarach, oryginalnej architekturze i nowatorskich rozwiązaniach technicznych. Kładki z pewnością należą do tego rodzaju obiektów, dających możliwość twórczego spełnienia się przy ich projektowaniu i realizacji.



dr inż. Mariusz Hebda
Politechnika Krakowska
Katedra Budowy Mostów
i Tuneli

KONKURS
DLA MŁODYCH
INŻYNIERÓW

20
17
EDYCJA I



wskazówka



Fot. 1. Wizualizacja kładki pieszo-rowerowej przez Wisłę w Krakowie
(fot. Biuro Projektów Lewicki Łatak)

Niniejszy artykuł stanowi kontynuację cyklu związanego z konkursem dla młodych inżynierów na projekt kładki pieszo-rowerowej. W pierwszych dwóch częściach [1, 2] zostały podane podstawowe informacje na temat wymagań funkcjonalno-użytkowych dla kładek, a także metodyki ich projektowania. Dwie kolejne części dotyczyły parametrów i obciążeń stosowanych w analizie dynamicznej. Niniejsza część zawiera kilka podstawowych informacji na temat projektowania koncepcyjnego kładek dla pieszych, na które składa się:

- wybór miejsca przejścia trasy pieszo-rowerowej nad przeszkodą,
- wybór przebiegu trasy,
- ukształtowanie kładki w przekroju podłużnym,
- wybór formy konstrukcyjnej i architektonicznej,
- określenie geometrii podpór i rodzaju posadowienia.

Miejsce przejścia i przebieg trasy nad przeszkodą

Pierwszą sprawą do rozważenia przy projektowaniu koncepcyjnym jest określenie

miejsca lokalizacji przeprawy, co zazwyczaj jest z różnych powodów ograniczone. Podstawowe ograniczenia wynikają z ukształtowania terenu, warunków gruntowych, ukształtowania przeszkody, warunków urbanizacyjnych, a często również z wymogów ochrony środowiska [3]. Największe ograniczenia występują w terenie zurbanizowanym, gdzie należy zwracać uwagę na kolizje z istniejącą zabudową. Jeżeli chodzi o lokalizację kładek nad ciekami wodnymi, to powinno się ją wybierać w miejscach, gdzie występuje stałe koryto, o najmniejszej szerokości, a tereny zalewowe są płytkie. Nie powinno się lokalizować obiektu w miejscach występowania rozgałęzień i starorzeczy.

Po określeniu miejsca przejścia trasy przez przeszkodę można rozważyć jej przebieg. Przejście kładki nad przeszkodą, jako element trasy komunikacyjnej, pieszej czy rowerowej, powinno być co do lokalizacji i kształtu podporządkowane tej trasie. Zasady wyboru przebiegu trasy nie różnią się zasadniczo od kształtowania trasy każdego obiektu mostowego. Podstawowym kryterium, jakim kieruje się projektant, jest opty-

malizacja przebiegu zarówno pod względem funkcjonalnym, jak i finansowym. Dąży się do przekroczenia przeszkody obiektem możliwie najkrótszym, o najmniej skomplikowanej formie geometrycznej w planie i profilu.

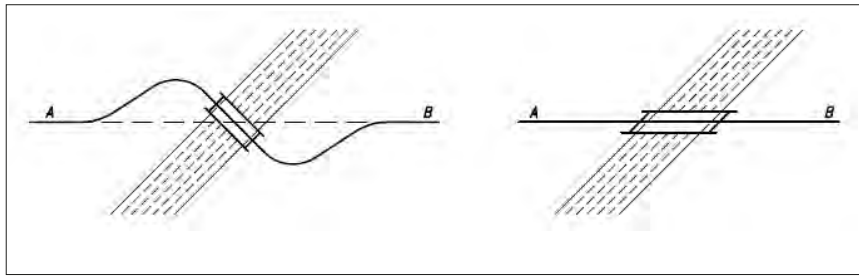
malizacja przebiegu zarówno pod względem funkcjonalnym, jak i finansowym. Dąży się do przekroczenia przeszkody obiektem możliwie najkrótszym, o najmniej skomplikowanej formie geometrycznej w planie i profilu. Jeżeli przeszkoda jest usytuowana w skosie do planowanego przebiegu trasy, można albo skorygować przebieg trasy, tak aby przecinała przeszkodę pod kątem prostym, albo też zaprojektować skośny obiekt (rys. 1.). Pierwszy sposób stosuje się w przypadku przepraw bardzo długich, gdzie ekonomicznie uzasadniona jest korekta przebiegu trasy, dająca w rezultacie prostszy i tańszy w budowie obiekt. Obiekty małej i średniej długości raczej podporządkowuje się przebiegowi trasy i projektuje jako położone skośnie w stosunku do przeszkody.

W przypadku kładek dla pieszych raczej rzadko planuje się ich usytuowanie skośnie w stosunku do przeszkody. Przy projektowaniu ciągów pieszych i rowerowych można stosować znacznie mniejsze wymiary luków poziomych, dopuszczalne są też większe spadki podłużne niż dla dróg kołowych czy tym bardziej kolejowych. Zmiana przebiegu trasy przed przeprawą nie zajmuje więc istotnie dużych obszarów terenu i jest zazwyczaj tańsza niż budowa skośnie usytuowanej kładki. Stąd też kładki piesze i rowerowe sytuuje się zazwyczaj jako prostopadłe do przeszkody. Wyjątek mogą stanowić sytuacje, gdy kładka ma być wybudowana w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącego obiektu mostowego położonego w skosie. Wtedy, ze względu na zachowanie właściwego ładunku przestrzennego i estetyki, kładkę należy również zaprojektować w skosie, równoległe do istniejącego obiektu.

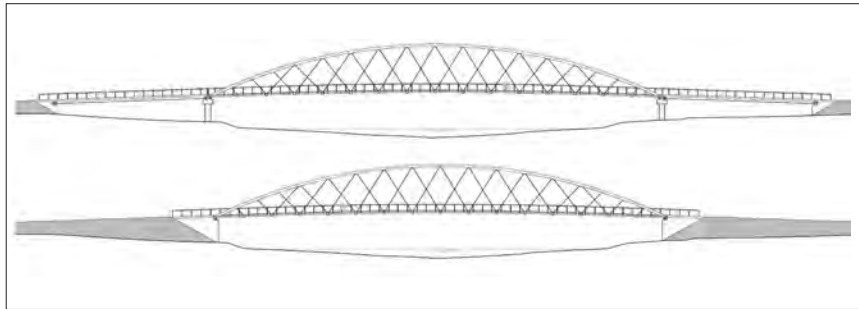
Ukształtowanie kładki w przekroju podłużnym

Na ukształtowanie obiektu mostowego w kierunku podłużnym najbardziej istotny wpływ ma rodzaj i wielkość przeszkody oraz związany z tym sposób ukształtowania przestrzeni podmostowej. Projektując geometrię kładki w tym kierunku, będziemy podejmować decyzję co do jej całkowitej długości, podziału na przęsła i ich rozpiętości, kształtu przycoźków i długości nasypu. Podstawowym parametrem brany tutaj pod uwagę i jednocześnie determinującym potrzebną długość obiektu jest wymagane światło dla przepływu wody miarodajnej w przypadku mostów i wymagana skrajnia ruchu czy też zapewnienie oczekiwanej przestrzeni użytkowej pod obiektem w przypadku wiaduktów. Odpowiedni prześwit pod obiektem określa się wymaganą szerokością w świetle podpór i wysokością od poziomu terenu do najniższej położonej części konstrukcji przęsła.

Wytyczne co do ukształtowania przestrzeni podmostowej w przypadku wiaduktów otrzymujemy od administratora ciągu komunikacyjnego, który mamy przekroczyć kładką, natomiast wymagane światło mostu jest określane w obliczeniach hydrauliczno-hydrologicznych. Obliczenia te, oprócz wyznaczenia minimalnego światła poziomego, obejmują też określenie spodziewanego pogłębienia koryta w przekroju mostowym, określenie rozmyć lokalnych przy filarach, określenie rzędnej wody miarodajnej przepływającej pod mostem po spiętrzeniu wody [3]. Do obliczeń bierze się pod uwagę przepływ wody o wielkości określonej odpowiednim prawdopodobieństwem przepływu. Wartość prawdopodobieństwa p przyjmuje się w zależności od kategorii drogi w ciągu, w którym znajduje się dany obiekt. Dla kładek przyjmuje się prawdopodobieństwo przepływu miarodajnego 1%.



Rys. 1. Schematy przejścia trasy przez przeszkodę, ze zmianą przebiegu (a) i bez zmiany przebiegu z obiektem skośnym (b) (3)



Rys. 2. Kładka z dodatkowymi estakadami najazdowymi lub z długim nasypem



Fot. 2. Kładka dla pieszych nad „Zakopianką” w Myślenicach (fot. Pracownia Projektowa F-11)

Po określeniu wymaganego światła możemy przystąpić do projektowania układu podpór kładki. Dąży się oczywiście do jak najmniejszej liczby podpór, szczególnie w przypadku przekraczania rzek, gdzie mogą pojawić się dodatkowe wymagania od instytucji chroniących środowisko, zabraniające sytuowania podpór w nurcie rzeki i nakazujące możliwie małą ingerencję w tereny zalewowe. Przy podziale na przęsła oprócz kryterium funkcjonalności, związanym z planowanym ukształtowaniem przestrzeni podmostowej, bierze się również pod uwagę względy ekonomiczne oraz estetyczne [3]. Przykładowo niekorzystnie z uwagi na odbiór estetyczny będą wyglądały przęsła o dużej wysokości konstrukcyjnej przy niskich podpórach. Podobnie niekorzystny będzie odbiór konstrukcji o długościach przęsła zmieniających się nieregularnie. Należy tutaj przyjąć zasadę, że długość przęsła powinna rosnąć symetrycznie w kierunku środka obiektu.

Ważnym aspektem do rozważenia na tym

etapie będzie również decyzja, jak długi ma być obiekt w stosunku do nasypu drogowego. Czy dobudowywać kolejne przęsła, skracając nasyp, czy też postępować odwrotnie. Należy brać przy tym pod uwagę wymogi komunikacyjne, hydrologiczne, ekonomiczne, a także ekologiczne (możliwość przewietrzania terenu, migracje zwierząt) [3]. Należy zdawać sobie sprawę, że nasyp zawsze będzie sztuczną barierą wybudowaną w danym terenie, wpływającą zazwyczaj niekorzystnie na odczucia estetyczne niż otwarte przęsła mostowe. Jednocześnie koszt budowy nasypu jest z reguły niższy od budowy dodatkowych przęsła i czynnik ekonomiczny będzie najczęściej decydował o wyborze rozwiązania.

Istotnym parametrem, wpływającym na wybór typu konstrukcji nośnej i ustalaniem przy kształtowaniu podłużnym obiektu, jest wysokość konstrukcyjna, czyli odległość od nawierzchni kładki do najniższej części konstrukcyjnej pomostu. Wysokość kon-

strukcyjna jest od góry ograniczona poziomem projektowanej niwelety, a od dołu wymaganą skrajnią pionową (skrajnia ruchu w przypadku wiaduktów i wyniesienie konstrukcji o min. 1,0 m ponad poziom wody miarodajnej w przypadku mostów).

Wybór formy konstrukcyjnej i architektonicznej

Dla każdego inżyniera, w szczególności dla będącego na początku swej kariery zawodowej, pożądanym wyzwaniem, z którym chciałby się zmierzyć, jest projekt ciekawej konstrukcji, o dużych rozmiarach, oryginalnej architekturze i nowatorskich rozwiązaniach technicznych. Kładki dla pieszych z pewnością należą do tego rodzaju obiektów, dających możliwość twórczego spełnienia się przy ich projektowaniu i realizacji. Zanim jed-



Fot. 3. Kładka dla pieszych w Woli Wieruszkiej



Fot. 4. Kładka przez Dunajec w Sromowcach Niżnych

nak zdecydujemy się na wybór formy architektonicznej naszego obiektu, należy rozważyć szereg czynników związanych z zapewnieniem ładu przestrzennego w krajobrazie, w którym ma on powstać. W tym względzie możliwe są dwa podejścia co do zamierzonego kształtowania przestrzeni [5]: zasada dopasowania do istniejącego otoczenia, gdzie główną ideą jest jak najmniejsza ingerencja w środowisko, oraz zasada kontrastu, w której projektant przekazuje swoją ideę twórczą za pomocą dynamicznej i skomplikowanej formy obiektu, odcinając się od tła i otoczenia. Zasada druga będzie stosowana w obiektach typu „landmark”, czyli kładkach położonych nad autostradami i drogami szybkiego ruchu, będących swego rodzaju punktami orientacji dla kierowców, a także w zurbanizowanych centrach miast, gdy



Fot. 5. Ukształtowanie przestrzeni za przyczółkiem kładki w Węgierskiej Górze

Podstawowym parametrem determinującym potrzebną długość obiektu jest wymagane światło dla przepływu wody miarodajnej w przypadku mostów i wymagana skrajnia ruchu czy też zapewnienie oczekiwanej przestrzeni użytkowej pod obiektem w przypadku wiaduktów.

kładka, oprócz swojej funkcji, ma także stanowić silnie oddziaływujący punkt architektury krajobrazu. W tych dwóch przypadkach na projekt architektoniczny kładki są organizowane specjalne konkursy, w których główną rolę pełnią architekci we współpracy z konstruktorami mostowymi, a efektem jest powstanie obiektów, w których konstrukcja nośna jest podporządkowana architekturze. Przykłady takich obiektów zaprezentowano na fot. 1. i 2.

W codziennej praktyce inżynierskiej częściej będziemy się spotykać z zasadą dopasowania formy architektonicznej do otaczającego krajobrazu. Będą to te wszystkie przypadki, gdzie kładka dla pieszych ma pełnić przede wszystkim rolę funkcjonalną, odpowiednio zaprojektowanego przejścia nad przeszkodą. Przy takim podejściu forma architektoniczna kładki będzie wynikać z jej formy konstrukcyjnej, co jest zresztą cechą charakterystyczną obiektów mostowych. Most łukowy zawdzięcza swą nazwę jego konstrukcji nośnej, która jednocześnie określa jego formę architektoniczną. Podobnie będzie w przypadku pozostałych typów konstrukcji: belkowej, ramowej czy kratownicowej. Nawet w przypadku mostów podwieszonych wszystkie istotne elementy ich architektury są w istocie elementami konstrukcyjnymi (pylon, wanty, przęsło, podpory). Oczywiście elementom konstrukcyjnym nadaje się odpowiedni kształt i proporcje, mając na względzie, poza wymaganą nośnością i bezpieczeństwem konstrukcji, również estetyczny wygląd. Co istotne przy tego rodzaju projektach, prawo budowlane nie wymaga obecności architekta. To konstruktor mostowy odpowiada za całość projektu, co jest niewątpliwym przywilejem, gdyż pozwala na prawdziwie twórcze działanie, ale też wiąże się z dużą odpowiedzialnością za końcowy efekt estetyczny, bardzo ważny w przypadku kładek dla pieszych.

Właściwe dopasowanie formy architektonicznej do otoczenia, dające jednocześnie możliwość ograniczenia kosztów budowy, uzyskamy, dobierając rodzaj konstrukcji do wymaganej rozpiętości i wysokości konstrukcyjnej. Przy niewielkich i średnich rozpiętościach, do około 20–30 m, wystarczająca może się okazać konstrukcja belkowa

lub belkowo-plytowa. Przy mniejszych rozpiętościach mogą to być konstrukcje żelbetowe, przy większych stalowe lub zespolone stalowo-betonowe. Spotkać można oczywiście kładki dla pieszych o konstrukcji belkowej o rozpiętościach większych, przekraczających 50 m, szczególnie w układach ciągłych, wymaga to jednak stosowania wysokich przekrojów i ekonomicznie może nie być uzasadnione. Przy rozpiętościach przęseł od 30 do 80 m powszechnie stosuje się kładki o konstrukcji łukowej ze ściągami (fot. 3.), konstrukcje kratownicowe, nieco rzadziej konstrukcje podwieszono z pojedynczym pylonem. Ten ostatni rodzaj konstrukcji bywa często wykorzystywany jako obiekt typu „landmark”, natomiast efekt wtopienia w krajobraz konstrukcji z pylonami, a więc podwieszonych czy wiszących, jest zazwyczaj bardzo trudny do osiągnięcia i wymaga od projektanta dużego wyczucia. Przykładem dobrze dopasowanego do otoczenia obiektu z pojedynczym pylonem jest kładka pieszo-rowerowa przez Dunajec w Sromowcach Niżnych (fot. 4.). Na dobre wtopienie się tego obiektu w otaczający pyski krajobraz miał też z pewnością wpływ fakt wykorzystania drewna klejonego do konstrukcji przęsła i drewnianych okładzin zastosowanych na powierzchni bocznej.

Geometria podpór i rodzaj fundamentów

Zasady kształtowania geometrii podpór, a więc przyczółków i filarów kładek dla pieszych, nie odbiegają od zasad stosowanych dla mostów drogowych czy kolejowych. Istotną różnicą mogą być tylko mniejsze rozmiary i ogólnie większa smukłość podpór w kładkach z uwagi na znacznie mniejsze obciążenia przekazywane z przęsła.

Filary kładek przeprowadzających ruch pieszych nad innymi ciągami komunikacyjnymi projektuje się najczęściej w postaci słupów okrągłych pojedynczych lub wielogałęziowych (dwu-, trzysłupowe). W przypadku przekraczania rzek w nurcie i na terenach zalewowych filary kształtuje się jako tarczowe z uwagi na lepszy przepływ wody i większą odporność na siły od parcia kry. Z tych powodów oś podpory powinna być usytuowana równoległe do kierunku przepływu wody.

Wytyczne co do ukształtowania przestrzeni podmostowej w przypadku wiaduktów otrzymujemy od administratora ciągu komunikacyjnego, który mamy przekroczyć kładką, natomiast wymagane światło mostu jest określane w obliczeniach hydrauliczno-hydrologicznych.

Przyczółki kładek dla pieszych projektuje się najczęściej jako żelbetowe, masywne o konstrukcji ścianej. Skrzydła mogą występować w różnych układach, w zależności od sposobu poprowadzenia drogi na dojeździe i od sposobu zagospodarowania przestrzeni za przyczółkiem. Spotkać można przyczółki ze skrzydłami równoległymi, prostopadłymi i ukośnymi w stosunku do osi drogi. Częstym przypadkiem jest wykorzystanie do podtrzymania nasypu za przyczółkiem wolnostojących, oddylatowanych ścian oporowych. Bywa, że za przyczółkiem jest przewidziana przestrzeń do odpoczynku dla pieszych i rowerzystów, czasem połączona z platformą widokową, wtedy odpowiednio do potrzeb przyczółek wraz ze ścianami oporowymi może mieć bardziej rozbudowany kształt (fot. 5.).

Rodzaj fundamentu kładki zależy przede wszystkim od panujących warunków gruntowo-wodnych. Jeżeli grunty nośne zalegają niżej bądź też istnieje obawa podmycia fundamentów, wtedy podpory posadawia się na fundamentach palowych. Człosem na wybór fundamentu palowego wpływa też brak możliwości wykonania szerokich wykopów z uwagi na przykład na bliskość istniejących obiektów. W pozostałych przypadkach posadowienie wykonuje się w postaci bezpośrednio na stopach fundamentowych. Jako fundamenty palowe najczęściej stosuje się pale żelbetowe wiercone o średnicach 60, 80 cm oraz pale żelbetowe prefabrykowane o przekroju kwadratowym 40 x 40 cm.

Z uwagi na małe naciski pionowe na podłożu kładki nie wymagają rozbudowanych i szczególnie mocnych fundamentów. Zazwyczaj wystarcza układ dwóch, trzech pali w jednym rzędzie na podporę. Przy większych oddziaływaniach poziomych, jakie mogą występować przy wysokich przyczółkach, gdy zachodzi konieczność stosowania skrzydeł stojących, dodatkowo projektuje się drugi rząd pali na wysokości ściany bocznej. Konieczność zaprojektowania mocniejszych, bardziej rozbudowanych fundamentów może mieć miejsce w przypadku konstrukcji specjalnych, takich jak konstrukcje rozporowe (ramy i łuki z jazdą górą) oraz fundamenty kładek podwieszonych i wstęgowych, gdzie wymagane jest silne zakotwienie podpór na siły odciągające od want i lin napinających. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Pańtak M.: Kładki dla pieszych cz. 1 – parametry funkcjonalno-użytkowe, „Builder”, nr 42/2017.
- [2] Pańtak M.: Kładki dla pieszych cz. 2 – metodyka projektowania, „Builder”, nr 44/2017.
- [3] Madaj A., Wołowicki W.: Podstawy projektowania budowli mostowych, WKŁ, Warszawa, 2007.
- [4] Rozporządzenie ministra transportu i gospodarki morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. nr 63, poz. 735), Warszawa, 1999.
- [5] Flaga A.: Mosty dla pieszych, WKŁ, Warszawa, 2011.