

KŁADKI DLA PIESZYCH

parametry funkcjonalno-użytkowe

Część 1.



dr inż. Marek Pańtak
Politechnika Krakowska
Katedra Budowy Mostów
i Tuneli

KONKURS
DLA MŁODYCH
INŻYNIERÓW

20
17
EDYCJA I



wskazówka

Wzrastających się aglomeracjach miejskich dążenie do zapewnienia prawidłowych warunków życia i rozwoju mieszkańców związane jest z koniecznością rozbudowy infrastruktury komunikacji pieszej i rowerowej.

Kładki – konstrukcje niezbędne

Tworzenie nowych atrakcyjnych obszarów rekreacyjno-wypoczynkowych, centrów rozrywkowo-handlowych, nowych osiedli mieszkaniowych itp. wpływa na wzrost zapotrzebowania na nowe trasy piesze lub pieszo-rowerowe łączące nowo zagospodarowane obszary z funkcjonującymi od lat częściami miast. W sytuacjach tych pojawia się konieczność przekraczania przeszkód naturalnych lub będących dziełem człowieka (rzek, wąwozów, tras komunikacyjnych szybkiego ruchu samochodowego lub szynowego) w sposób sprawny, bezpieczny i komfortowy dla człowieka. Pojawia się konieczność budowy kładek dla pieszych lub podziemnych przejść dla pieszych. Budowa przejścia podziemnego może okazać się niekiedy rozwiązaniem bardziej kosztownym niż budowa kładki. Koszty te są związane z nakładami materiałowymi i kosztami robocizny wynikającymi z konieczności przygotowania terenu pod budowę tunelu. Zależą one m.in. od istniejącego zagospodarowania terenu, ilości i usytuowania istniejącej zabudowy, dostępności miejsca, lokalizacji sieci i stopnia uzbrojenia terenu. Budowa kładki dla pieszych

Projektant kładki musi pogodzić ze sobą aspekty funkcjonalności i komfortu użytkowania obiektu z wymaganiami właściwej nośności oraz estetyki. Projektując układ konstrukcyjny zapewniający bezpieczne przenoszenie obciążeń użytkowych i właściwy komfort użytkowania, powinien dążyć jednocześnie do zapewnienia odpowiednich walorów estetycznych nowego obiektu.



może w mniejszym stopniu oddziaływać na istniejące zagospodarowanie terenu i dzięki temu generować niższe koszty inwestycji. Kładki są atrakcyjną alternatywą dla przejść podziemnych, a niekiedy, w zależności od rodzaju przeszkody i ukształtowania terenu, wręcz jedynym możliwym wyborem.

Kładki dla pieszych to również konstrukcje często wykorzystywane w obszarach pozamiejskich, w ciągu szlaków turystycznych, w parkach krajobrazowych, w obszarach górskich itp. w celu umożliwienia lub ułatwienia dostępu do miejsc o dużym znaczeniu przyrodniczym lub kulturowym. W lokalizacjach tych kładki osiągają obecnie rekordowe rozpiętości przęseł: 439 m – SkyBridge, Rosja; 430 m – Zhangjiajie Canyon Glass Bridge, Chi-

ny; 406 m – Highline-179 Footbridge, Austria; 390 m – Kokonoe „Yume” Otsurhashi Footbridge, Japonia; 375 m – Ryujin footbridge, Japonia; 374 m – Raiffeisen Skywalk Szwajcaria; 360 m – Geierlay Bridge, Niemcy; 340 m – Sigriswil Panorama Bridge, Szwajcaria.

Wzrastające potrzeby komunikacyjne w zakresie komunikacji pieszo-rowerowej wpływają na zwiększanie zapotrzebowania na kładki dla pieszych. Właściwie zaprojektowana kładka spełnić musi szereg wymagań dotyczących komfortu jej użytkowania, nośności oraz estetyki. Zarówno parametry funkcjonalne, jak i atrakcyjne oraz estetyczne formy konstrukcyjne kładek powinny zachęcać pieszych i rowerzystów do korzystania z nich, przyczyniając się tym samym do przestrzegania zasad ruchu

drogowego w szczególności niebezpiecznych miejscach kolizji ruchu pieszego z ruchem kołowym.

Funkcjonalność, komfort, estetyka i bezpieczeństwo

Konstrukcje przeprowadzające ciągi piesze lub pieszo-rowerowe ponad istniejącymi naturalnymi przeszkodami terenowymi lub trasami komunikacyjnymi muszą spełniać szereg wymogów związanych z zapewnieniem właściwej ich funkcjonalności oraz bezpieczeństwa użytkownika. Przy czym przez funkcjonalność konstrukcji należy rozumieć posiadanie przez nią właściwych parametrów użytkowych zapewniających wygodę jej użytkownika i przyczyniających się do odczuwania zadowolenia z użytkowania konstrukcji. Bezpieczeństwo użytkownika związane jest natomiast z zapewnieniem właściwej stateczności i nośności konstrukcji pod działaniem obciążeń stałych (ciężar własny konstrukcji) oraz zmiennych (tłum pieszych, pojazdy służbowe, jeśli są wymaga-

dę użytkownika obiektu. Należą do nich: mała szerokość użytkowa pomostu, sposób doprowadzenia ruchu do pomostu (konieczność uwzględnienia obecności osób niepełnosprawnych, ruchu rowerowego, pieszych z wózkami), większa swoboda w kształtowaniu łuków poziomych i pionowych oraz dopuszczalnych pochyleń niwelety pomostu, konieczność dostosowania skali konstrukcji (skali elementów konstrukcyjnych) do skali ludzkiej (do cech fizycznych i psychicznych człowieka) oraz relatywnie niewielkie obciążenia użytkowe. Dużą rolę w projektowaniu kładek dla pieszych odgrywają również zagadnienia estetyki wywierające wpływ na stosowane rozwiązania konstrukcyjne.

Czynniki te stwarzają możliwość wznoszenia efektownych i oryginalnych obiektów o wyszukanych formach architektonicznych. Przyczyniają się do projektowania konstrukcji lekkich, mogących osiągać duże rozpiętości przęsła i duże smukłości pomostu. Zauważyć jednak należy, iż duża rozpiętość oraz smu-

stawione zostaną w drugiej części artykułu pt. Kładki dla pieszych – obciążenia i analizy dynamiczne.

Projektant kładki musi pogodzić ze sobą aspekty funkcjonalności i komfortu użytkownika obiektu z wymaganiami właściwej nośności oraz estetyki. Projektując układ konstrukcyjny zapewniający bezpieczne przenoszenie obciążeń użytkowych i właściwy komfort użytkownika, dążyć powinien jednocześnie do zapewnienia odpowiednich walorów estetycznych nowego obiektu. Unikać przy tym należy zmniejszania wartości przestrzennych krajobrazu, w którym obiekt zostanie umieszczony. Konieczne jest rozpoznanie walorów architektoniczno-krajobrazowych otoczenia nowo projektowanego obiektu, jego dominant i wyznaczników stylów architektonicznych. Niedopuszczalne jest stosowanie rozwiązań o ujemnym oddziaływaniu na krajobraz. Konieczne jest stosowanie rozwiązań, które nie przekreślają istniejących, a raczej wnoszą nowe wartości do zmienianej przestrzeni. Nie można do-



ne, wiatr itp.), a także z zabezpieczeniem konstrukcji przed zniszczeniem wskutek działania obciążeń wyjątkowych (uderzenie pojazdu, uszkodzenie (pęknięcie lub zerwanie) elementu konstrukcyjnego, np. kabli podwieszających pomost do pylonów lub łuków w obiektach podwieszonych itp.).

Projektowanie kładek dla pieszych charakteryzuje się specyfiką odmienną niż specyfika projektowania obiektów przeznaczonych dla ruchu kołowego (samochodowego lub kolejowego). Wynika to głównie z rodzaju występującego na obiekcie ruchu oraz wartości działających obciążeń. Projektant kładki musi wziąć pod uwagę kilka czynników mających wpływ na wybór ostatecznych rozwiązań konstrukcyjnych zapewniających bezpieczeństwo i wygo-

ność konstrukcji skutkować może małą sztywnością przestrzenną przęsła i przez to zwiększoną podatnością dynamiczną konstrukcji na oddziaływania użytkowników i/lub dynamiczne oddziaływania środowiska (działanie wiatru). W sytuacji takiej istotnym zagadnieniem projektowym stają się analizy dynamiczne konstrukcji. Poza uzyskaniem odpowiedniej nośności związanej z działaniem obciążeń statycznych konieczne jest również wykonanie obliczeń dynamicznych (wyznaczenie postaci i częstotliwości drgań własnych oraz amplitud drgań wymuszonych) w celu oceny ryzyka wystąpienia drgań rezonansowych konstrukcji i oceny dopuszczalności drgań oraz komfortu użytkownika konstrukcji. Zagadnienia analiz dynamicznych kładek dla pieszych przed-

puszczać, by nieumiejętne projektowanie konstrukcji (jej formy architektonicznej) prowadziło do realizacji niewłaściwych rozwiązań przestrzennych. Zagadnienia dotyczące architektury i estetyki obiektów mostowych zostały szczegółowo omówione w pracy [3]. Informacje dotyczące architektury i estetyki kładek dla pieszych przedstawiono w pracach [4, 5, 6].

Parametry funkcjonalno-użytkowe kładek

Do podstawowych parametrów funkcjonalno-użytkowych kładek dla pieszych, decydujących o wygodzie ich użytkownika, należą: szerokość użytkowa pomostu, spadki podłużne i poprzeczne pomostu oraz właściwości geometryczne pochylni i/lub schodów stanowią-



cych dojścia do kładki w sytuacji konieczności podniesienia ruchu pieszych z poziomu terenu na wysokość zapewniającą osiągnięcie właściwej skrajni ruchu pod obiektem.

Zalecenia dotyczące kształtowania szerokości chodników i samodzielnych ciągów pieszych oraz ścieżek rowerowych występujące w [1 i 2] wymagają przyjmowania szerokości samodzielnego ciągu pieszego dostosowanej do natężenia ruchu pieszych i nie mniejszej niż 1,5 m (§44 p. 1 i 4 [1]). W przypadku projektowania bezkolizyjnego, nadziemnego przejścia dla pieszych (kładki usytuowanej nad trasą komunikacyjną) jego szerokość nie powinna być mniejsza niż 3,0 m (§127 p. 12 [1]).

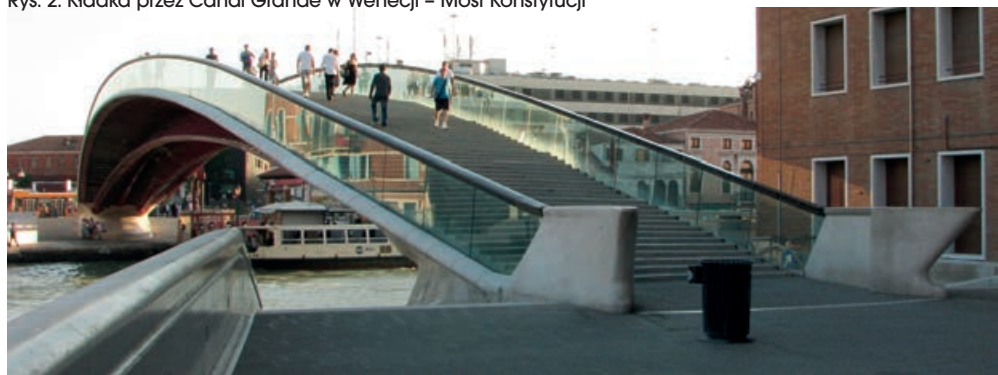
W przypadku kładek pieszo-rowerowych spełnić należy dodatkowe wymagania dotyczące zapewnienia właściwej szerokości ścieżek rowerowych. Wymagania te przedstawione są w §47 [1]. Szerokość ścieżki rowerowej powinna wynosić nie mniej niż: 1,5 m – gdy ścieżka rowerowa jest jednokierunkowa, 2,5 m – gdy ze ścieżki jednokierunkowej mogą korzystać piesi oraz 2,0 m – gdy ścieżka jest dwukierunkowa. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na konieczność stosowania przy zewnętrznych krawędziach ścieżki rowerowej dodatkowych opasek bezpieczeństwa o szerokości 0,2 m (załącznik 1, p. 5 [1]). Wpływa to na zwiększenie podanych szerokości ścieżek rowerowych o 0,4 m. Opasek takich nie wprowadza się natomiast przy skrajniach ruchu pieszych (na chodnikach).

Istotnym parametrem użytkowym kładek dla pieszych jest wartość spadku podłużnego pomostu. Z uwagi na bezpieczeństwo i wygodę użytkownika kładki wymagane jest projektowanie pochylenia podłużnego pomostu nieprzekraczającego 6%. Przy większych pochyleniach należy stosować schody lub pochylnie. Stosowanie schodów w obrębie pomostu powinno być jednak drobniawo przeanalizowane i dobrze przemyślane. Kładki dla pieszych zrealizowane z zastosowaniem schodów w obrębie pomostu wskazały na występowanie dużego ryzyka uszkodzeń kończyn dolnych (skręceń i złamań) u pieszych przechodzących przez kładkę. Przyczyną uszkodzeń kończyn są potknięcia i poślizgnięcia na schodach spowodowane niespodziewanym pojawianiem się stopni schodów po dłuższym równym (poziomym/plaskim) odcinku pomostu, nieuważ-

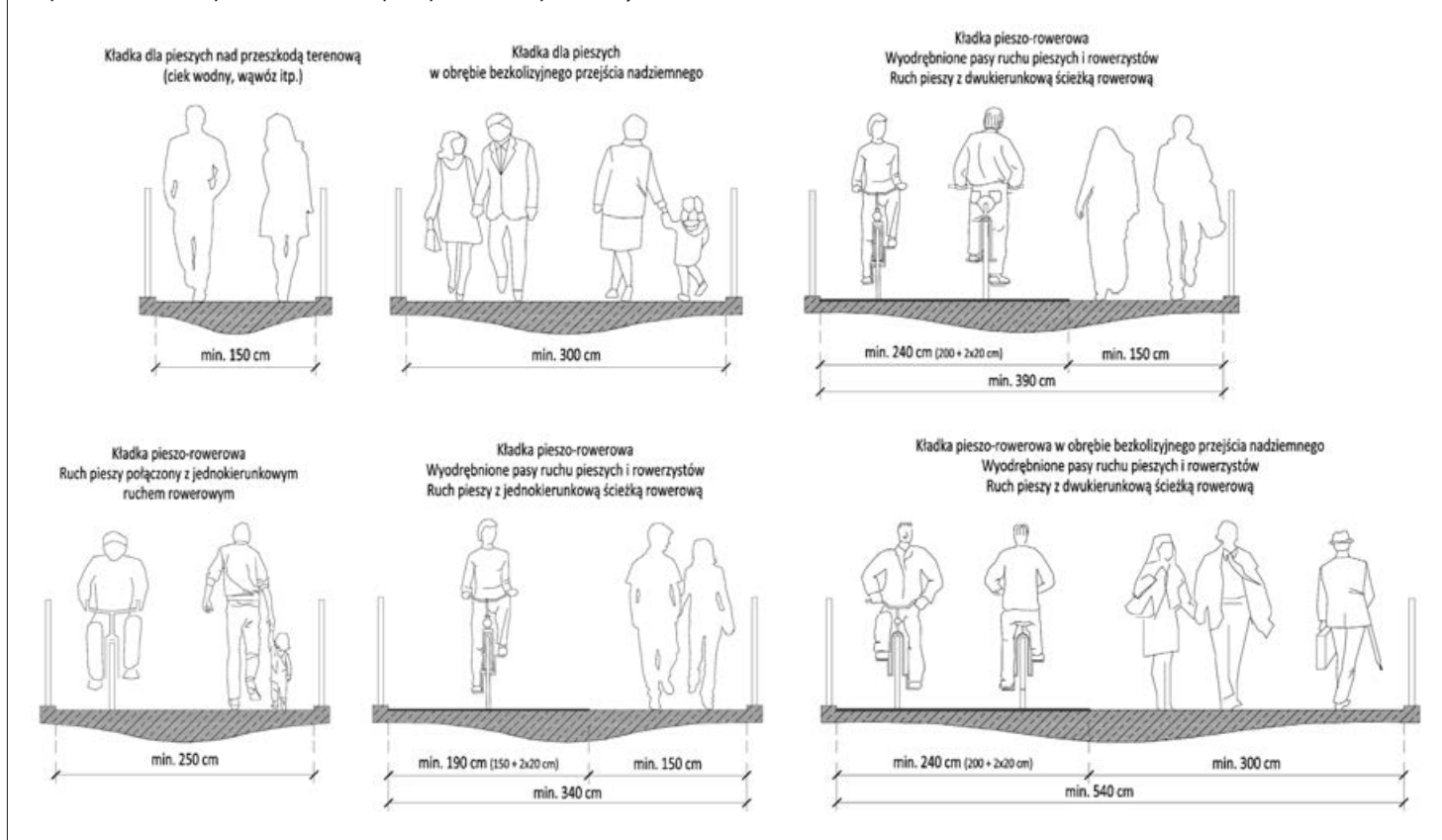
nym stawianiem kroków przez pieszych podczas oglądania atrakcyjnego otoczenia kładki oraz nieregularną długością stopni schodów trudną do rozpoznania i nieprzewidywalną dla nowych użytkowników obiektu. Tego rodzaju niepowodzenia (błędy) projektowe zdarzają się największym i bardzo znanym projektantom. Dobrym przykładem, przestrogą i wskazówką wartą zauważenia i zapamiętania może być kładka nad Canal Grande w Wenecji – Most Konstytucji (rys. 2.) zaprojektowana przez wybitnego architekta/inżyniera Santiago Calatravę.

Ważnym parametrem funkcjonalno-użytkowym kładki dla pieszych jest także obecność na obiekcie balustrad chroniących przed upadkiem osób z wysokości. Stosowanie balustrad jest konieczne, jeśli odległości powierzchni, po których może odbywać się ruch

Rys. 2. Kładka przez Canal Grande w Wenecji – Most Konstytucji



Rys. 1. Szerokości użytkowe kładek dla pieszych dla różnych rodzajów ruchu



pieszych lub rowerów, od poziomu terenu lub dna cieku są większe niż 0,5 m (§251 [2]). Wymagane wysokości balustrad przedstawiono na rys. 3.

Zauważyć warto, iż balustrady w kładkach dla pieszych poza funkcją zabezpieczenia ruchu pieszych pełnią również istotną funkcję architektoniczną/ozdobną. Balustrady jako elementy architektoniczne często wykorzystywane są przez projektantów do wzbogacenia, upiększenia, ożywienia lub ubarwienia wizerunku konstrukcji. Różne formy konstrukcyjne balustrad (ich pochwyty, słupków i elementów wypełniających), pozwalające uzyskać atrakcyjne i niekiedy zaskakujące efekty wizualne, staranne wykonanie detali, wykorzystanie materiałów wysokiej jakości (stal nierdzewna, aluminium, szkło laminowane, drewno egzotyczne, tworzywa sztuczne) pozwalają względnie łatwo dostosować konstrukcję do cech fizycznych i psychicznych człowieka (skali ludzkiej) i uczynić ją przyjazną dla użytkowników. Projektując balustrady, należy spełnić wymagania §251 – §258 przedstawione w [2]. Zauważyć warto, iż często balustrady wykorzystywane są także jako miejsca lokalizacji punktów podstawowego lub dodatkowego oświetlenia pomostu kładki. W celu ochrony przed porażeniem prądem niedopuszczalne jest jednak wykorzystywanie elementów balustrad jako kanałów do przeprowadzenia kabli oświetlenia pod napięciem wyższym od 50 V. Ponadto projektować należy systemy oświetlenia odporne na akty wandalizmu.

Dalsze wymagania funkcjonalno-użytkowe stawiane kładkom dla pieszych dotyczą [1, 2]:

- konieczności zapewnienia wysokości skrajnie pionowej nad chodnikiem lub ścieżką rowerową nie mniejszej niż 2,50 m;

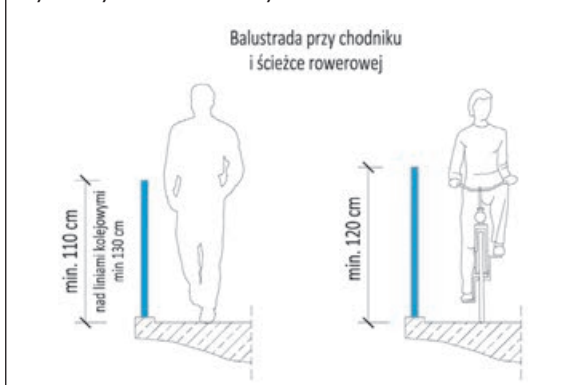
- konieczności projektowania dojść do kładki w formie pochylni, a wyjątkowo w postaci schodów (§59 [2], §45 p. 6 [1], §133 p. 1 [2]). Niekiedy właściwe rozplanowanie dojść do kładki jest najtrudniejszym zadaniem projektowym, szczególnie w obszarach miejskich przy ograniczonej dostępności terenu. Problemy te najczęściej dotyczą dojść w formie pochylni. W sytuacjach problemowych stosowanym rozwiązaniem alternatywnym dla schodów i pochylni są windy. Może to być jednak alternatywa kosztowna (koszty inwestycji i utrzymania: przeglądów, napraw, sprzątań), budząca obawy co do powszechnej dostępności i właściwej sprawności technicznej oraz podatna na akty wandalizmu;
- konieczności zapewnienia właściwego pochylenia podłużnego pochylni dla ruchu pieszych i osób niepełnosprawnych, doprowadzających ruch do pomostu kładki wzniesionego ponad poziom terenu (rys. 4.);
- konieczności zapewnienia właściwego pochylenia podłużnego ścieżki rowerowej max. 5% (w wyjątkowych wypadkach – max. 15%). Kolejnym istotnym parametrem funkcjonalno-użytkowym kładek jest ich skuteczne odwadnianie. Właściwie zaprojektowany pomost kładki, w celu zapewnienia wygody jej użytkowania, poza odpowiednią szerokością użytkową, powinien również umożliwiać sprawny spływ wody opadowej. Pochylenie poprzeczne chodników i ścieżek rowerowych powinno wynosić nie mniej niż 3% – gdy liczba pasów ruchu jest nie większa niż 2 oraz nie mniej niż 2,5% – gdy liczba pasów ruchu jest większa niż 2. Nie bez znaczenia jest przy tym miejsce lokalizacji i sposób przejmowania wody opadowej. Korzystniejsze z punktu widzenia komfortu użytkownika konstrukcji jest zlokalizowanie

rynien odwadniających przejmujących wodę przy krawężniach pomostu poza przestrzenną użytkowaną przez pieszych. Lokalizacja odwodnienia w centralnej części pomostu (spadki poprzeczne skierowane ku środkowi pomostu) skutkuje, w chwili uszkodzenia/niedrożności systemu odwadniającego, gromadzeniem się wody na pomoście (zimną do jej zamarzania), doprowadzając do znacznego pogorszenia parametrów funkcjonalnych obiektu. W konstrukcji właściwie chronionej przed wpływem wody należy odpowiednio zabezpieczyć miejsca trudno dostępne przed gromadzeniem się wody lub zapewnić ich sprawne osuszanie (przewietrzanie), należy unikać nisz, komór, wnęk i zagłębień tworzących zbiorniki wody opadowej.

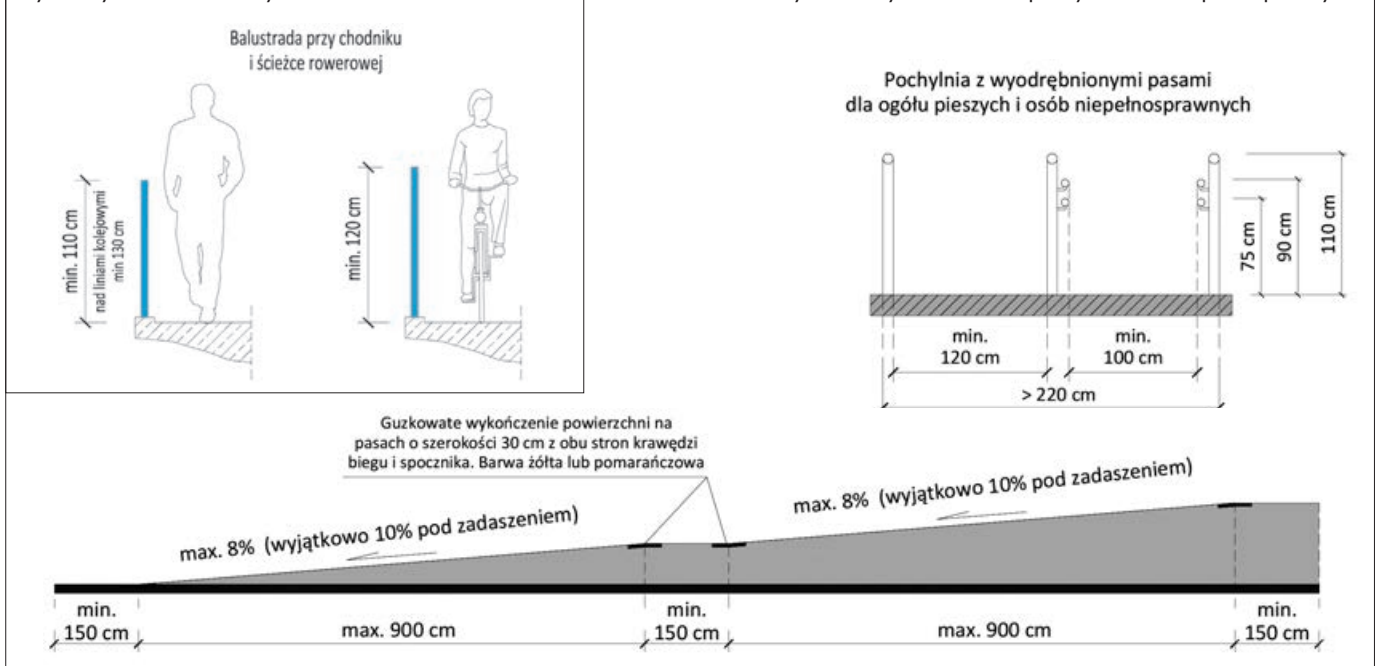
Nawierzchnia pomostu nie powinna zatrzymywać wody i utrudniać jej odpływu, powinna być szorstka i równa w celu ochrony użytkowników przed poślizgnięciami i potknięciami. W celu ochrony prywatności użytkowników i zapewnienia wyższego komfortu użytkowania kładki niezalecane jest stosowanie pomostów o dużym stopniu ażurowości (w postaci metalowych krat pomostowych). Na niekorzyść stosowania pomostów ażurowych przemawiają także utrudnienia występujące podczas korzystania z kładki przez kobiety w butach na wysokich obcasach oraz zalewanie wodą i zanieczyszczanie błotem (np. błotem pośniegowym) elementów konstrukcji zlokalizowanych pod pomostem, prowadzące do przyspieszenia procesów korozyjnych.

Projektując detale zlokalizowane w obszarze pomostu, dobrą praktyką jest stosowanie krawężników brzegowych wystających ponad poziom nawierzchni pomostu w celu zabezpieczenia przed przypadkowym upadkiem

Rys. 3. Wysokość balustrady



Rys. 4. Pochylnia dla ruchu pieszych i osób niepełnosprawnych



przedmiotu upuszczonego poza krawędź pomostu. Stosowanie krawężników brzegowych może być szczególnie istotne w kładkach przebiegających nad ruchliwymi trasami komunikacyjnymi.

Formy konstrukcyjne kładek dla pieszych

Formy konstrukcyjne kładek dla pieszych (rys. 5.) nie odbiegają zasadniczo od form konstrukcyjnych innych typów obiektów mostowych. Kładki dla pieszych projektowane są jako jedno- lub wieloprzęstowe konstrukcje kratownicowe (z wykorzystaniem kratownic płaskich i przestrzennych), konstrukcje płytowe i płytowo-belkowe, konstrukcje łukowe oraz konstrukcje podwieszane, wiszące i wstęgowo, a także jako konstrukcje linowe z pomostami ułożonymi bezpośrednio na linach nośnych rozpiętych nad przeszkodą.

Klasyczne rozwiązania konstrukcyjne wykorzystywane w projektach kładek dla pieszych niejednokrotnie odznaczają się większą dynamiką wizualną w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi w obiektach mostowych przeznaczonych dla innych typów ruchu. Dynamika ta uzyskiwana jest przede wszystkim przez stosowanie form krzywoliniowych, pochyleń, a niekiedy także przenikania się elementów konstrukcyjnych. W ogólności dynamizm formy konstrukcyjnej osiągany jest przez unikanie dominacji kąta prostego oraz dominacji kierunków wertykalnych i horyzontalnych.

Przekroje poprzeczne kładek odzwierciedlają rozwiązania stosowane w innych typach obiektów mostowych. Skala tych przekrojów jest jednak znacznie mniejsza. W projektowanych kładkach dla pieszych zastosowanie mają przekroje płytowe, płytowo-belkowe, kratownicowe oraz skrzynkowe (rys. 6).

Lekkie pomosty kładek wykonywane są najczęściej w postaci stalowego układu rusztowego utworzonego z podłużnych dźwigarów głównych oraz z łączących je belek poprzecznych. Płyty pomostów wykonywane są jako płyty żelbetowe, płyty stalowe usztywnione żebrami podłużnymi (płyty ortotropowe) bądź jako pomosty ażurowe z dyliny z drewna twardego (krajowego lub egzotycznego).

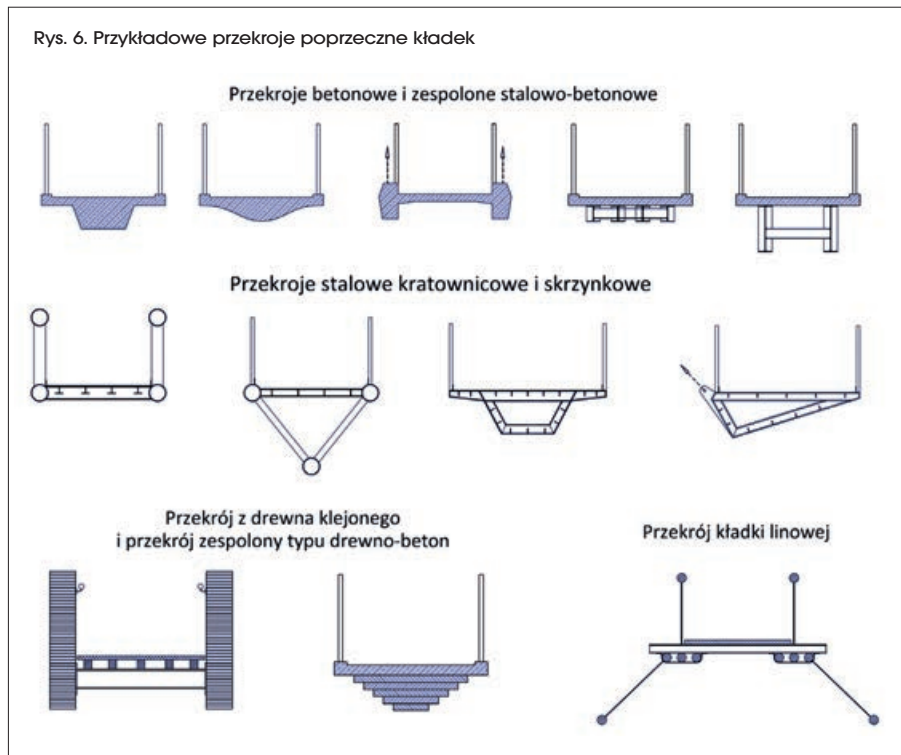
Projektując pomost kładki warto zauważyć, iż w obiektach zlokalizowanych nad innymi trasami komunikacyjnymi z dużą starannością projektuje się także elementy konstrukcyjne i ich połączenia występujące pod pomo-

stem. Elementy te, oglądane przez użytkowników niżej położonej trasy, wywierają równie duży wpływ na estetykę obiektu.

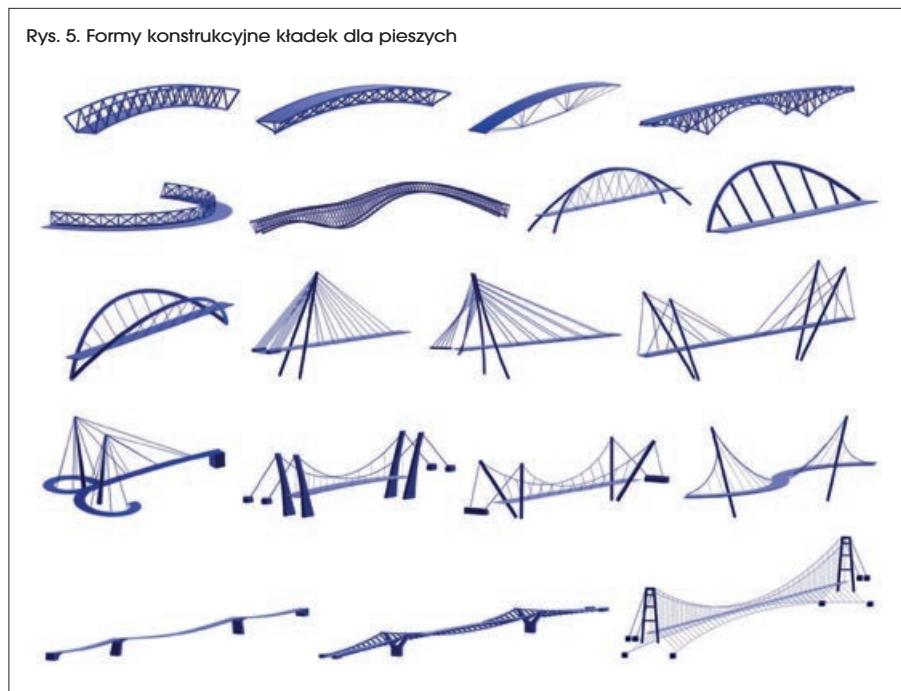
Podsumowanie

Choć określenie „kładka” kojarzyć się może z małą, prowizoryczną konstrukcją, to w dzisiejszych czasach pod pojęciem tym kryją się znaczące osiągnięcia mostownictwa. Są to niekiedy obiekty prototypowe, pozwalające wdrożyć do praktyki inżynierskiej nowe rozwiązania konstrukcyjne i nowe materiały. Niejednokrotnie są to konstrukcje przyjmujące oryginalne formy architektoniczne. Niezależnie

Rys. 6. Przykładowe przekroje poprzeczne kładek



Rys. 5. Formy konstrukcyjne kładek dla pieszych



od stopnia innowacyjności i oryginalności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych kładki dla pieszych powinny być przede wszystkim konstrukcjami funkcjonalnymi, wygodnymi w użytkowaniu, zaprojektowanymi ergonomicznie (przyjaźnie człowiekowi), bezpiecznie, estetycznie i ekonomicznie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie ministra transportu i gospodarki morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. nr 43 poz. 430), Warszawa 1999.
- [2] 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.
- [3] Wasiutyński Z.: O architekturze mostów, PWN, Warszawa 1971.
- [4] Pańtak M.: Kładki dla pieszych, konstrukcje estetyczne i funkcjonalne. Cz. 1 – tendencje projektowe, „Builder” Architektura & Design, nr 12/2014 (209), 2014.
- [5] Pańtak M.: Kładki dla pieszych, konstrukcje estetyczne i funkcjonalne. Cz. 2. – wytyczne projektowania architektonicznego, „Builder” Architektura & Design, nr 1/2015 (210), 2015.
- [6] Pańtak M.: Kładki dla pieszych, konstrukcje estetyczne i funkcjonalne, „Builder” Architektura & Design, nr 2/2015 (211), 2015.