



TOMASZ SIWOWSKI

Politechnika Rzeszowska
siwowski@prz.edu.pl

Współczesne mosty Podkarpacia

Podkarpacie, podobnie jak cały kraj, jest od 2005 r. wielkim placem budowy dróg i mostów. Jest to oczywiście związane z realizacją programów unijnych, skierowanych na rozwój infrastruktury drogowej. W przypadku województwa podkarpackiego największe środki finansowe wydano do tej pory na budowę ponad 170-km odcinka autostrady A-4, dwóch odcinków drogi ekspresowej S-19, a także budowę obwodnic większych miast regionu (Rzeszów, Przemyśl, Krosno). Obiekty mostowe budowane podczas realizacji A-4 i S-19 nie różnią się od tych, budowanych w ciągu innych odcinków polskich autostrad i dróg ekspresowych. Są to w większości obiekty typowe, belkowe lub skrzynkowe, z prefabrykatów lub budowane z betonu monolitycznego, rzadko konstrukcje stalowe. Pewnym wyróżnikiem podkarpackiego odcinka A-4 są obiekty łukowe, zbudowane w każdym węźle autostrady. Łuki informują podróżnych o zbliżaniu się do węzła oraz są jednocześnie – wg zamierzeń inwestora – obiektami typu *landmark* – charakterystycznymi dla tej części polskiej sieci drogowej. To drugie założenie tylko w części udało się zrealizować. Ze względu na duży pośpiech w projektowaniu, ni-

ską jakość projektów, a także kłopoty realizacyjne większości wykonawców, zbudowane obiekty łukowe nie zawsze można uznać za optymalne konstrukcyjnie i estetyczne (fot. 1).

Trochę inną sytuację mieliśmy w przypadku obwodnic miast i powstałych w ich ciągu mostów miejskich. Mostom miejskim stawia się nie tylko standardowe wymagania dotyczące nośności i trwałości, lecz również wysokie wymagania w stosunku do architektury, estetyki, kolorystyki i wykończenia detali konstrukcyjnych. Położenie w obszarze miasta, w otoczeniu gęstej, niejednokrotnie historycznej zabudowy, zazwyczaj w miejscach mocno eksponowanych na widok publiczny, czyni kształtowanie i projektowanie takich mostów zadaniem trudnym i niestandardowym. Forma konstrukcji oraz jej aspekty estetyczne dominują przy wyborze wariantu mostu, spychając na drugi plan zagadnienia związane z utrzymaniem i trwałością obiektu. Nietypowość formy obiektu wymaga także zastosowania niestandardowych metod obliczeniowych i wymusza przeprowadzanie złożonych symulacji numerycznych w celu oceny wytrzymałości i stateczności konstrukcji.

Pierwszym takim obiektem na Podkarpaciu, będącym jednocześnie pierwowzorem w poszukiwaniu formy i roz-



Fot. 1. Wiadukty łukowe na podkarpackich węzłach autostrady A-4: Dębica, Sędziszów, Rzeszów Zachodni, Jarosław-Wierzbna



Fot. 2. Most Zamkowy w Rzeszowie – „protoplasta” współczesnych mostów Podkarpacia

wiązań konstrukcyjno-materiałowych w stosunku do wielkości współczesnych mostów regionu, jest Most Zamkowy w Rzeszowie (fot. 2). Dwa główne przęsła nurtowe podparto na trzech żelbetowych łukach bezprzegubowych o rozpiętości 50,0 m. Ze względu na bardzo gęsty układ zbrojenia łuków żelbetowych, do ich budowy zastosowano beton samozagęszczalny (SCC). Ogółem użyto około 900 m³ betonu klasy min. C 40/50. Było to wówczas jedno z największych zastosowań tego rodzaju materiału w świecie. W barierach ochronnych zastosowano beton antykorozyjny z migrującymi inhibitorami korozji. Forma mostu oraz niektóre elementy jego wyposażenia (bariery, balustrady, latarnie itp.) są wynikiem pracy architektów, co było wówczas niekonwencjonalne.

Wymienione aspekty związane z kształtowaniem konstrukcyjnym i estetyką współczesnych mostów miejskich Podkarpacia przedstawiono na przykładach kilku obiektów mostowych, których projektowaniem kierował autor artykułu. We wszystkich przypadkach zaproponowano ekspresyjną i dominującą formę obiektu, starając się wykazać władzom miasta nie tylko komunikacyjną funkcję mostów. Powstanie nowych i ładnych obiektów będzie bowiem generować rozwój otaczającego nowy most terenu miasta. Obiekt typu *landmark* staje się często symbolem miasta bądź regionu. Ładny i charakterystyczny most będzie również przyciągał mieszkańców miasta do rzeki, co jest współcześnie jedną z mocnych tendencji w rozwoju obszarów miejskich. Dlatego władze Rzeszowa i Przemysła mając na uwadze promocję miast, zdecydowały się na wykorzystanie do tego celu nowo wznoszonych obiektów mostowych.

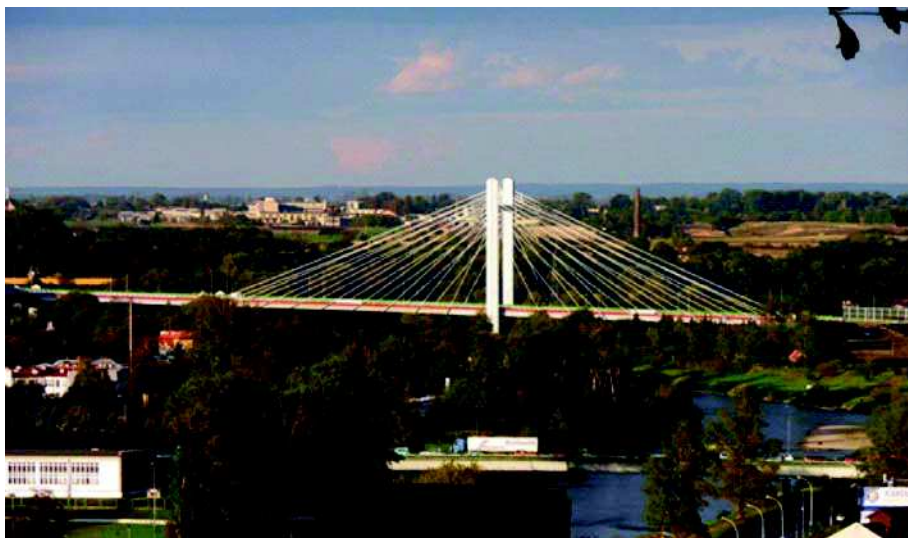
W artykule przedstawiono formę architektoniczną i konstrukcję sześciu nowych obiektów mostowych Rzeszowa i Przemysła. Rozważanie ograniczono zasadniczo do dwóch typów konstrukcji mostowych: mostów podwieszonych oraz mostów łukowych typu *network arch*. Mosty podwieszane są zazwyczaj przedmiotem różnego rodzaju eksperymentów co do formy, z uwagi na nieograniczone możliwości ich kształtowania. W budowie tych mostów w ostatnich latach Polska zanotowała imponujący postęp. Wśród miejskich mostów łukowych średniej rozpiętości przeważają układy *Langer* o sztywnych pomostach wzmocnionych wiotkimi łukami. Jednakże w ostatnich latach coraz częściej są one zastępowane łukami typu *network arch*, które dzięki dużej smukłości lepiej wpisują się w przestrzeń miejską. Te dwa rodzaje kon-

strukcji mostowych – łukowe i podwieszane – dominują także w kształtowaniu współczesnych miejskich kładek dla pieszych. W tym jednak obszarze, ze względu na niewielkie obciążenia użytkowe, powstają obiekty ukształtowane w sposób odbiegający od podstawowego kanonu budownictwa mostowego. Jeden z takich obiektów – okrągła kładka w Rzeszowie – przedstawiono w artykule. Na zakończenie pokazano obiekt całkowicie nietypowy – pierwszy polski most drogowy z kompozytów FRP, który jest rezultatem projektu badawczego pn. *ComBridge*, finansowanego przez NCBiR w ramach programu *Demonstrator+* (www.com-bridge.pl). Jest to doskonały przykład współpracy polskich firm mostowych z nauką, jeden z nielicznych do tej pory w polskim mostownictwie.

Mosty podwieszane

Mosty podwieszane należą do obiektów mostowych, które w najlepszy sposób godzą dwa najistotniejsze aspekty w kształtowaniu mostów miejskich: dobrze przeprowadzają ciągi komunikacyjne w gęsto zabudowanych terenach oraz technologia ich budowy w minimalnym stopniu ogranicza lub utrudnia ruch na przekraczanych przeszkodach. Kształtowanie formy mostów podwieszonych dotyczy zazwyczaj podziału konstrukcji na przęsła, wyboru miejsca usytuowania oraz kształtu pylonów, doboru układu podwieszenia, a także kolorystyki obiektu. Na końcowy efekt składają się także wzajemne proporcje poszczególnych elementów konstrukcji, przebieg niwelety mostu, ekspozycja mostu w terenie miejskim oraz sposób rozwiązania detali konstrukcyjnych [1], [2], [4]. Te aspekty kształtowania formy mostów podwieszonych omówiono na przykładzie dwóch mostów miejskich średniej rozpiętości.

Pierwszym z prezentowanych przykładów jest most podwieszony położony w dolinie rzeki San w ciągu obwodnicy Przemysła. Ze względu na wymagane światło mostu oraz uwarunkowania lokalne (trasa przebiega nad ziemnymi wałami historycznej Twierdzy Przemysł i bunkrem z okresu II wojny światowej), główną część obiektu zaprojektowano w formie symetrycznego mostu podwieszanego z jednym pylonem. Most główny to dwuprzęsłowy most podwieszony z wachlarzowym układem want, o rozpiętości teoretycznej przęseł 2×114,0 m. Długość całkowita mostu wynosi



Fot. 3. Most podwieszony przez San w Przemyslu

229,5 m, a jego szerokość całkowita 21,2 m. Niweleta mostu dostosowana do wysokości brzegów Sanu jest ukształtowana w 3% spadku podłużnym. Przęsła mostu zaprojektowano jako stalowy ruszt zespolony z żelbetową płytą pomostu. Ruszt składa się z dwóch dźwigarów blachownicowych o wysokości 2,2 m, umieszczonych przy krawędziach pomostu w rozstawie osiowym 21,0 m. Przęsła są podwieszane za pomocą want do jednego pylonu, zlokalizowanego w środku układu statycznego mostu. Układ want jest wachlarzowy. Pylon zaprojektowano w kształcie litery H o wysokości 61,5 m i rozstawie osiowym słupów 26,2 m. Formę mostu głównego pokazano na fotografii 3.

Przystępując do projektowania mostu w Rzeszowie projektanci uznali, że warto wykorzystać doświadczenia z projektowania i budowy mostu w Przemyslu. Podobny charakter przeszkód wymusił w obu przypadkach jednopylonowy

482,0 m, natomiast rozpiętości teoretyczne poszczególnych przęseł są następujące: 240,0 + 150,0 + 30,0 + 30,0 + 30,0 m. We wstępnych analizach formy mostu rozpatrywano wiele aspektów architektonicznych, mających wpływ na ostateczny wygląd konstrukcji i estetykę mostu [6]. Najbardziej dyskusyjną sprawą była forma pylonu, jako podstawowej dominanty w odbiorze architektonicznym mostu. Projektanci wzmocnieni zespołem architektów zaproponowali dwie formy pylonu: A i H, uzasadniając tę pierwszą jako bardziej pasującą w istniejącym zagospodarowaniu miasta oraz bardzo indywidualną dla projektowanej konstrukcji, nadającą jej jedyne w swoim rodzaju wyglądu w porównaniu do pozostałych mostów podwieszonych, zbudowanych w ostatnich kilkunastu latach w Polsce. Jednakże wykonawca mostu, w porozumieniu z władzami miasta, wybrał do realizacji pylon typu „odwrócone Y”.



Fot. 4. Nowy most podwieszony przez Wisłok i zbiornik EC w Rzeszowie

Dzięki optymalizacji numerycznej zespolonego układu konstrukcyjnego przęseł udało się osiągnąć bardzo małą ich wysokość konstrukcyjną, co nadało obiektowi dużej smukłości, pożądanej w płaskim terenie północnej części Rzeszowa [6]. Wachlarzowy układ want w dwóch płaszczyznach wybrano głównie ze względów na efektywne wykorzystanie lin (względnie duża składowa pionowa) oraz łatwość rozmieszczenia rozproszonych zakotwień lin w pylonie. Jest to rozwiązanie stosowane obecnie najpowszechniej na świecie i uważane za wysoce estetyczne. W porozumieniu z miastem zdecydowano o biało – niebieskiej kolorystyce mostu (barwy Rzeszowa) oraz o architektonicznych akcentach w wyposażeniu obiektu.

Oba opisane mosty mają cechy wspólne, charakteryzujące typową formę miejskich mostów podwieszonych średniej rozpiętości. Pierwszą z nich jest układ jednopylonowy, optymalny dla podwieszania przęseł o rozpiętości 100–250 m. W przypadku obu mostów takie rozwiązanie wymusiły warunki otoczenia: z jednej strony rzeka, a z drugiej rozległa przeszkoda: forty na terenie zalewowym w Przemyśle oraz zbiornik EC w Rzeszowie. Pomimo trudniejszej budowy, układ jednopylonowy zastosowano także ze względów architektonicznych, jako lepiej harmonizujący z otoczeniem. W obu przypadkach kształt pylonów jest konwencjonalny: pylon typu H dla dwóch płaszczyzn podwieszenia i pylon typu I dla jednej płaszczyzny. Są to bowiem rozwiązania najtańsze oraz sprawdzone w innych mostach miejskich. Układ podwieszenia w obu mostach jest wachlarzowy, uchodzący za najbardziej efektywny, lecz o mniejszych walorach estetycznych, niż np. układ harfowy. Wzajemne proporcje poszczególnych elementów konstrukcji mieszczą się w przedziałach zalecanych w przypadku mostów podwieszonych. W obu mostach wykonano typowe, zespolone przęsło płytowo-żebrowe z dwiema stalowymi belkami brzegowymi. Przebieg niwelety obu mostów jest prostoliniowy, w jednostronnym spadku. Miejskie usytuowanie obiektów oraz długości ich przęseł nie pozwoliły na ukształtowanie niwelety wypukłej, która byłaby bez wątpienia rozwiązaniem korzystniejszym wizualnie. Oba mosty są silnie eksponowane w terenie miejskim. O estetyce tych mostów decyduje również ich kolorystyka, sposób rozwiązania detali konstrukcyjnych, a także iluminacja nocna.

Mosty łukowe *network arch*

Mosty łukowe stanowią poważną alternatywę w analizie każdej przeprawy mostowej, gdy szerokość przeszkody przekracza 30–35 m. Za konstrukcją łukową przemawiają zwykle względy estetyczne, szczególnie w mostach miejskich oraz wiaduktach nad autostradami [3]. Wśród mostów łukowych małej i średniej rozpiętości przeważają układy *Langer* o sztywnych pomostach wzmocnionych wiotkimi łukami z pionowymi wieszakami oraz, znacznie rzadziej, układy *Nielsena* z wieszakami pochylonymi. Jednakże w ostatnich latach te klasyczne rozwiązania coraz częściej są zastępowane łukami typu *network arch*, które dzięki dużej smukłości lepiej wpisują się w ciasną zazwyczaj przestrzeń miejską i pozwalają na bardziej swobodne kształtowanie niwelety tras przecinających autostrady.

Podane główne zasady kształtowania architektonicznego mostów łukowych spełniają konstrukcje typu *network arch*, których główną ideę opracował pod koniec lat 50. ubiegłego wieku norweski inżynier Per Tveit [10]. Cechą charakterystyczną tych mostów są pochylone wieszaki, które krzyżują się wzajemnie minimum 2 razy, tworząc gęstą sieć wewnętrzną (*network*), upodabniającą łuk do kratownicy. W jego elementach występują jedynie siły osiowe, a momenty zginające i siły poprzeczne są minimalne. Optymalnym rozwiązaniem typu *network arch* jest smukły łuk stalowy z betonowym, częściowo sprężonym ściągiem, stanowiącym pomost. Niektóre aspekty kształtowania formy mostów łukowych typu *network arch* omówiono na przykładzie dwóch mostów miejskich średniej rozpiętości.

Pierwszym z nich jest most drogowy przez Wisłok, położony w centrum Rzeszowa [7]. Nowa jednoprzęsłowa konstrukcja łukowa zastąpiła istniejący most trójprzęsłowy, który nie spełniał wymagań funkcjonalnych. Zastosowanie tego typu przęsła miało na celu umożliwienie przekroczenia przeszkody bez konieczności stosowania podpór pośrednich, usytuowanych w nurcie rzeki. Łuk to obiekt bezprzegubowy ze ściągiem w postaci sprężonego pomostu betonowego, o rozpiętości teoretycznej 80 m. Szerokość całkowita mostu wynosi 11,5 m. W planie obiekt jest położony na prostej, prostopadle do osi rzeki, a jego niweleta jest w łuku pionowym wypukłym o promieniu 2000 m. Pomost stanowi płyta żelbetowa o grubości 0,2 m oraz ściągi żelbetowe o przekroju 1,15×0,8 m, doprężony kablami. Pomost jest podwieszony do łuków stalowych za pomocą prętów wysokiej wytrzymałości o średnicy 45 i 52 mm. Łuki stalowe są w rozstawie poprzecznym 8,1 m i mają wysokość 12,8 m, co daje strzałkę konstrukcji łukowej 1/6,25. Łuki ukształtowano z rur stalowych o średnicy 508 mm i stężono prętami rurowymi o przekroju Ø 300 mm. Most pokazano na fotografii 5.



Fot. 5. Most łukowy typu *network arch* przez Wisłok w Rzeszowie (iluminacja nocna)

Drugim obiektem miejskim jest kolejny most przez San w Przemyśle, tym razem położony w południowo-zachodniej części miasta, wśród gęstej zabudowy mieszkaniowej. Most główny to łuk bezprzegubowy ze ściągiem w postaci sprężonego pomostu betonowego, o rozpiętości teoretycznej 120,0 m. Długość całkowita mostu wynosi 216 m, a jego szerokość całkowita 16,9 m. W planie obiekt jest położony na prostej, a jego niweleta jest w łuku pionowym wypukłym o promieniu 3000 m. Pomost stanowi płyta żelbetowa, zespolona ze stalowymi poprzecznikami o zmiennej wysokości oraz dwa ściągi (belki) betonowe o przekroju 1,5×1,25 m, sprężone podłużnie kablami. Wysokość konstrukcyjna pomostu w osi mostu wynosi 1,25 m. Pomost jest podwieszony do łuków stalowych za pomocą prętów wysokiej wytrzymałości o średnicy 72 i 87 mm. Łuki stalowe są w rozstawie poprzecznym 14,9 m i mają wysokość 19,0 m, co daje strzałkę konstrukcji łukowej 1/6,3. Łuki ukształtowano w postaci skrzynek stalowych o przekroju 1400×1000 mm i stężono prętami rurowymi o przekroju Ø 508/11 mm. Wizualizację mostu pokazano na fotografii 6.



Fot. 6. Most łukowy przez San w Przemyślu (wizualizacja)

Chociaż oba opisane mosty typu *network arch* są do siebie podobne, powody ukształtowania ich w formie łuku były różne w każdym z miast. W Przemyślu każdy z mostów na Sanie jest innego typu, przez co jest obiektem charakterystycznym w mieście: most blachownicowy ciągły, most skrzynkowy (powłokowy) ciągły, most kratownicowy (kolejowy), most podwieszony, opisany powyżej. Teraz władze miasta zdecydowały się na łuk, który dopełni zbiór charakterystycznych mostów miejskich. Z kolei w Rzeszowie projektowany łuk sąsiaduje z Mostem Zamkowym, który ma także konstrukcję łukową z jezdnią górą. Nowy most będzie zgodny z bliskim sąsiedztwem, co jest jedną z reguł kształtowania architektonicznego mostów.

Optymalnie zaprojektowany most typu *network arch* należy do najbardziej smukłych obiektów mostowych. Cienki pomost nie zakrywa widoku oraz jest przyjemny dla oka. Jest to szczególnie istotne w mostach położonych w centrum miast, gdzie w sąsiedztwie występują tereny rekreacyjne w postaci bulwarów lub plant. Konstrukcja łuku jest również bardzo smukła i lekka. Pomimo dużej smukłości mosty te spełniają ogólną zasadę zachowania ekspresji linii drogi nad ekspresją linii konstrukcyjnych [10]. Nieznacznie większa sztywność pomostów, uwypuklona przez odpowiednio dobraną deskę gzymsową, wyraźnie podkreśla linię drogi. Oba łuki są stosunkowo płaskie (strzałka 1/6), przez co dobrze harmonizują z otaczającą je przestrzenią miejską i zbytnio nie dominują nad otoczeniem. Kolorystyka, sposób rozwiązania detali konstrukcyjnych oraz iluminacja nocna również w przypadku mostów typu *network arch* znacząco uwypukli estetykę obiektów.

Kładki dla pieszych

Kładka w centrum dużego miasta, przeprowadzająca pieszych nad ruchliwymi arteriami komunikacyjnymi, skrzyżowaniami, węzłami, łącząca funkcjonalnie dwie strony ulicy lub rzeki, ma wiele cech charakterystycznych tylko dla tego typu obiektów. Główną z tych cech jest zdecydowana przewaga funkcji nad formą obiektu. To funkcja – bezpieczne przeprowadzenie pieszych na wysokości 5 m ponad poziomem ulic – determinuje zazwyczaj formę kładki. Konieczność zastosowania licznych pochylni, schodów i wind powoduje, że forma

kładki jest rozbudowana w planie i bardzo trudno zapewnić jej czystość, jak np. w przypadku kładek nad rzekami. W gęstej zabudowie miejskiej bardzo trudno uzyskać także ciekawą ekspozycję obiektu. Jest on zazwyczaj ukryty pomiędzy budynkami, niewidoczny dla przechodniów, a jego architekturę mogą właściwie oceniać (też nie zawsze) tylko pasażerowie pojazdów poruszających się po ulicy pod obiektem. Rekompensując w pewien sposób wspomniane ograniczenia, twórcy kładek miejskich starają się podkreślić estetykę obiektu za pomocą odpowiedniej kolorystyki, iluminacji, oraz pieczołowitego rozwiązywania wielu detali konstrukcyjnych.

Położenie kładki w centrum komunikacyjnym miasta oraz związane z tym ograniczenia mają także bardzo duży wpływ na konstrukcję obiektu oraz rodzaj zastosowanego wyposażenia. Głównym ograniczeniem konstrukcyjnym jest wysokość dźwigarów głównych przęseł. Pomimo stosunkowo dużych rozpiętości przęseł, co jest głównie związane z brakiem możliwości lokalizacji podpór w pasie ulicy, wysokość konstrukcyjna ustroju nośnego musi być jak najmniejsza, a jego konstrukcja bardzo smukła. Każde 10 cm więcej oznacza również wyżej nad poziomem ulicy, co generuje rozbudowę schodów i pochylni, wymagających odpowiedniej dostępności terenu, którego zwykle brakuje w centrum miasta. W kładkach miejskich większe niż zazwyczaj znaczenie ma wyposażenie obiektu. Jego elementy muszą być nie tylko funkcjonalne, trwałe i niezawodne, lecz także muszą spełniać wysokie wymagania co do estetyki. Trzy pierwsze cechy minimalizują częstość napraw i remontów, co w warunkach zatłoczonego pieszymi i pojazdami centrum miasta jest wartością nie do przecenienia. Natomiast estetyka kładek jest uzyskiwana odpowiednimi rozwiązaniami materiałowo – konstrukcyjnymi balustrad, nawierzchni, oświetlenia oraz licznych detali.

Coraz częściej stosowaną cechą kładek w centrach komunikacyjnych dużych miast jest zastosowanie zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych. Ze względu na konieczność uzyskania dużej smukłości i jednocześnie małego ciężaru konstrukcji, powszechnie stosowana jest obecnie stal wysoko jakościowa, charakteryzująca się nie tylko wysoką wytrzymałością, ale również bardzo dobrą odpornością na korozję. Coraz częściej elementy kładek wykonuje się ze stali nierdzewnych. Oprócz stali w ostatnich latach widoczne jest coraz większe zainteresowanie architektów i konstruktorów stosowaniem materiałów niekonwencjonalnych, jak stopy aluminium, kompozyty FRP, szkło, drewno wysokiej jakości. Powody tych zainteresowań są związane z doskonałym połączeniem w tych materiałach cech wymaganych w kładkach miejskich, tj. lekkości przy jednocześnie wymaganej wytrzymałości, trwałości i estetycznego wyglądu.

Na tle tych współczesnych wymagań i oczekiwań przedstawiono dwie nietypowe miejskie kładki dla pieszych, które powstały ostatnio w Rzeszowie i Przemyślu. Każdą z nich charakteryzuje nietypowa forma, nietypowe rozwiązania konstrukcyjne, w jednym przypadku niekonwencjonalny materiał oraz niestandardowe wyposażenie. Jednocześnie, jako obiekty charakterystyczne, stały się one poniekąd symbolami miasta i wyrazem dążenia jego władz do innowacyjności i nowoczesności w kreowaniu przestrzeni miejskiej.

Pierwszym prezentowanym obiektem jest tzw. okrągła kładka w Rzeszowie [9]. Główną funkcją kładki jest reorgani-

zacja i usprawnienie ruchu na skrzyżowaniu przez odseparowanie ruchu pieszego od samochodowego. Kładka zastąpiła trzy przejścia dla pieszych, a jedno bardzo obciążone – co znacząco usprawniło przejazd samochodów na kierunku wschód–zachód. Ponadto ze względu na wielokierunkowość ruchu pieszego kładka pełni funkcję węzła, łączącego wszystkie ciągi piesze, znajdujące się na wlotach skrzyżowania obu ulic. Jednocześnie konieczność dostosowania obiektu dla osób niepełnosprawnych wymusiła stworzenie odpowiednich pochylni oraz instalację wind w niewralgicznych miejscach węzła.

Po wielu analizach funkcjonalnych uznano, że najlepszą formą kładki, umożliwiającą oczekiwane relacje i funkcje, będzie pierścień. Okrągła kładka jest swoistego rodzaju rondem dla pieszych, podniesionym około 5,5 m ponad poziom skrzyżowania miejskich ulic. Jej okrągły kształt pozwala wejść pieszym na kładkę z czterech różnych stron skrzyżowania za pomocą schodów, pochylni i wind. Ponadto pieszy będący na kładce ma możliwość wyboru bezkolizyjnego zejścia w dowolnym miejscu skrzyżowania. Jednocześnie forma pierścienia nawiązuje formalnie do kształtu głównego placu miejskiego, który istniał w przeszłości w tym miejscu Rzeszowa. Płaska i lekka konstrukcja kładki ma stwarzać wrażenie zawieszenia pierścienia w przestrzeni, bez nadmiernej ingerencji w panoramę centrum miasta wzdłuż Al. Piłsudskiego. Natomiast pochylnie i schody mają sprawić wrażenie przedłużonych chodników i umożliwić maksymalnie łatwy dostęp pieszych na poziom kładki.

Ostatecznie kładkę zaprojektowano w kształcie pierścienia o średnicy zewnętrznej blisko 40,0 m i szerokości użytkowej 4,0 m, obejmującego swoim obwodem całe skrzyżowanie Al. Piłsudskiego z ul. Grunwaldzką. Pierścień jest podparty na czterech podporach, dzielących konstrukcję na cztery przęsła o długości teoretycznej 32,6 + 29,0 + 29,7 + 31,8 m, mierzonej po zewnętrznym obwodzie pierścienia. Różna długość przęseł została wymuszona koniecznością lokalizacji podpór kładki w miejscach nie kolidujących z jezdnią istniejących ulic i chodnikami. W celu zminimalizowania wymiarów podpór kładki i nadania im cech lekkości, zaprojektowano je w postaci pojedynczych słupów z rur stalowych. Pierścieniowa forma kładki umożliwia bezpośrednie wejście na obiekt ze wszystkich czterech ciągów komunikacyjnych usytuowanych wzdłuż obu ulic. Od strony zachodniej po obu stronach Al. Piłsudskiego zaprojektowano wygodne schody ze spocznikami. Dostępność obiektu z przeciwnej strony będzie bardziej przyjazna pieszym poprzez zastosowanie pochylni od strony południowej oraz chodnika podniesionego do poziomu parkingu i połączonego ze schodami od strony północnej. Szerokość użytkowa schodów i pochylni wynosi 2,5 m. W celu zapewnienia dostępu do kładki osobom niepełnosprawnym, a także do obsługi normalnego ruchu pieszego, zaprojektowano dwie windy o przekroju kołowym

i udźwigu 1000 kg/13 osób. Szklana obudowa szybów wind, wykonana z tego samego materiału jak balustrady na kładce, ma podkreślić nowoczesny styl obiektu (fot. 7).



Fot. 7. Okrągła kładka dla pieszych w centrum Rzeszowa (iluminacja nocna)

Nowa kładka dla pieszych w Przemyślu powstała w ramach programu Trasy Rowerowej Polski Wschodniej. Kładka na Sanie będzie nowym elementem w zabytkowej części miasta i częścią ponad 6-kilometrowego odcinka przemyskiej trasy rowerowej. Jej przęsła będą podwieszane na jednym pylonie i wantach rozchodzących się wachlarzowo. Podobną formę ma opisany wyżej most drogowy w ciągu przemyskiej obwodnicy. Układ konstrukcyjny obiektu to dwa przęsła o rozpiętości 68,5 m. Całkowita długość obiektu wynosi 138 m. Przęsła – dźwigary z drewna klejonego są podwieszane do pylonu za pomocą lin o średnicy 32 i 40 mm, wykonanych ze stali Y1570 (fot. 8). Ze względu na konieczność minimalizacji wysokości konstrukcyjnej zastosowano



Fot. 8. Kładka z drewna klejonego przez San w Przemyślu podczas montażu metodą obrotu

otwory w dolnej części dźwigarów, w których umieszczono poprzecznice wantowe. Przęsła podwieszono do górnych końców słupów pylonu, gdzie są zlokalizowane bierne zakotwienia lin. Nawierzchnia na kładce jest wykonana z kompozytu drewnianego, układanego prostopadłe do osi kładki. Funkcję balustrad na kładce spełniają dźwigary z drewna klejonego, które są wyniesione ponad poziom nawierzchni o 1,35 m i zabezpieczone od strony wewnętrznej opierzeniem z kompozytów drewnianych

Pylon typu A o wysokości 38,0 m to konstrukcja stalowa ze słupami krzyżującymi się w jego górnej części. Słupy o przekroju poprzecznym skrzynkowym i wymiarach 550×500 mm są na dolnym odcinku wypełnione betonem. Poniżej pomostu słupy pylonu stężono belką poprzeczną o przekroju skrzynkowym 450×450 mm. Słupy pylonu zakotwiono w żelbetowych blokach zlokalizowanych pod poziomem terenu. Pylon posadowiony jest na palach typu CFA. Przyczółek po północnej stronie kładki jest żelbetowy i składa się z ławy fundamentowej i dwóch słupów zwieńczonych ocepem. Stateczność zasypki przyczółka utrzymuje grunt zbrojony z okładziną z drobnowymiarowych elementów betonowych. Podporę posadowiono bezpośrednio na warstwie kamieni piaskowca. Przyczółek zlokalizowany po południowej stronie kładki wykonano jako lekki korpus żelbetowy, osadzony w nasypie. Podpora jest posadowiona pośrednio na palach typu CFA.

Dwie nietypowe kładki powstałe w ostatnich latach na Podkarpaciu pokazują pewien trend w ich kształtowaniu. Jest to jednocześnie poszukiwanie nowych, niestosowanych dotąd form konstrukcyjnych, a także pierwsze próby wykorzystania niekonwencjonalnych, lecz zaawansowanych technologicznie materiałów konstrukcyjnych. Najlepszym przykładem tej ostatniej tendencji jest obiekt opisany w ostatniej części artykułu.

Pierwszy polski most drogowy z kompozytów FRP

Kompozyty włókniste FRP (ang. *fi-bre reinforced polymers*) charakteryzują się zdecydowanie lepszymi właściwościami mechanicznymi i fizycznymi niż powszechnie stosowane w budownictwie mostowym materiały konstrukcyjne (beton, stal). Z konstrukcyjnego punktu widzenia do największych zalet kompozytów FRP należą m.in.: duża wytrzymałość, duża sztywność (w przypadku kompozytu z włókien węglowych), doskonała trwałość oraz mała masa konstrukcji, a więc łatwość i szybkość budowy obiektu. Od kilkudziesięciu lat te właściwości kompozytów FRP są z powodzeniem wykorzystywane w przemyśle lotniczym, samochodowym i stoczniowym. Pierwsze dziesięciolecie XXI w. przyniosło również znaczące upowszechnienie tych materiałów w budownictwie, także w budownictwie mostowym [7]. Dzięki zastosowaniu

w obiektach mostowych bardzo wytrzymałych, lekkich i odpornych na korozję elementów z materiałów kompozytowych jest możliwe obecnie znaczące zwiększenie ich nośności oraz trwałości i niezawodności. Poniżej przedstawiono pierwszy polski most drogowy z kompozytów FRP, który jest rezultatem projektu badawczego pn. *ComBridge*, finansowanego przez NCBiR w ramach programu *Demonstrator+* (www.com-bridge.pl). Przedstawiona konstrukcja kompozytowa może być pełnowartościową alternatywą w stosunku do stosowanych powszechnie przeseł mostowych ze stali i betonu.

Pierwszy polski most kompozytowy zbudowano w miejscowości Błażowa k. Rzeszowa nad rzeką Ryjak w ciągu drogi powiatowej nr 1411R [8]. Most zastąpił dotychczasowy stalowy most kratowy z pomostem drewnianym, którego mała nośność, wąska jezdnia oraz zły stan techniczny były przyczynami znaczących ograniczeń ruchu. Nowy most ma długość całkowitą 22,30 m, szerokość całkowitą pomostu 10,54 m i jest zaprojektowany na obciążenie klasy B, tj. na pojazdy o masie 40 ton. Most jest obiektem jednoprzęsłowym, swobodnie podpartym, położonym zgodnie z projektowaną niweletą drogi w spadku podłużnym 1% (fot. 9). Przęsło mostu jest zbudowane z kompozytowych dźwigarów skrzynkowych, zespolonych z płytą pomostu z betonu lekkiego. W przęśle zaprojektowano 4 dźwigary kompozytowe, rozmieszczone w rozstawie osiowym co 2,62 m. Dźwigary mają wysokość 1,02 m i zmienną szerokość od 0,73 m w poziomie pasa dolnego do 1,55 m w poziomie pasów górnych. Dźwigary są usztywnione wewnętrznymi przeponami kompozytowymi w zmiennym rozstawie 1,25–2,20 m i stężone dwiema poprzecznicami żelbetowymi, wykonanymi podobnie jak płyta pomostu z betonu lekkiego, zbrojonego prętami kompozytowymi.

Most kompozytowy o zoptymalizowanej konstrukcji, którego dźwigary główne są wykonane z kompozytów FRP, a płyta pomostu z betonu lekkiego zbrojonego prętami z kompozytów GFRP (ang. *glass fibre reinforced polymers*), jest rozwiązaniem wysoce innowacyjnym. Płyta pomostowa



Fot. 9. Pierwszy polski most kompozytowy w Błażowej k. Rzeszowa

z betonu lekkiego, zbrojona prętami kompozytowymi FRP, ma wszystkie cechy pomostu kompozytowego (wytrzymałość, trwałość, lekkość, odporność na korozję i zmęczenie), a jednocześnie łatwiej ją wykonać i uzyskać wysoki stopień zespolenia (współpracy) z dźwigarem kompozytowym. Skuteczne zespolenie dźwigarów i płyty pozwala na dalszą optymalizację przekroju dźwigarów kompozytowych, które są najdroższym elementem konstrukcji. Ponadto beton w strefie ściskanej dźwigara jest znacznie bardziej efektywny konstrukcyjnie, niż kompozyt FRP. Zbudowany w tym układzie konstrukcyjnym most jest jednym z pierwszych (jeżeli nie pierwszym) w świecie mostem hybrydowym, łączącym efektywnie elementy nośne z kompozytu FRP i betonu lekkiego, zbrojonego prętami kompozytowymi. Innowacyjność zaproponowanego rozwiązania potwierdziło przeprowadzone badanie czystości patentowej.

Podsumowanie

Współczesne podkarpackie mosty należą do grupy nowoczesnych, zaawansowanych technologicznie, estetycznych obiektów mostowych. Mosty podwieszane Rzeszowa i Przemyśla są pierwszymi tego typu w Polsce na wschód od Wisły (*nota bene* oba powstały przy udziale funduszy z programu Rozwój Polski Wschodniej). Mosty łukowe na stałe wpisały się w krajobraz podkarpackich dróg, a część z nich to najnowocześniejsze konstrukcje typu *network arch*. W kładkach dla pieszych – przynajmniej tych miejskich – widać poszukiwanie nowych, nie stosowanych dotąd form konstrukcyjnych, a także pierwsze próby wykorzystania niekonwencjonalnych, lecz zaawansowanych technologicznie materiałów konstrukcyjnych. Nie bez znaczenia jest w tym ostatnim przypadku zgodna współpraca konstruktorów i architektów. Wreszcie dzięki aktywnemu promowaniu przez

Zakład Dróg i Mostów Politechniki Rzeszowskiej współpracy na linii „nauka – biznes”, to właśnie na Podkarpaciu powstał pierwszy w Polsce most drogowy z kompozytów FRP – konstrukcja stanowiąca przełomową innowację w budownictwie mostowym w skali światowej. Wszystkie te fakty świadczą o tym, że Podkarpacie – do niedawna zapóźniona infrastrukturalnie część kraju – dzięki funduszom unijnym, a zwłaszcza programowi Rozwój Polski Wschodniej, ma szansę nie odbiegać zasadniczo od poziomu technologicznego, reprezentowanego przez resztę kraju. Przynajmniej w dziedzinie mostów...

Bibliografia

- [1] Biliszczuk J., Mosty podwieszane. Projektowanie i realizacja. Arkady, Warszawa, 2005.
- [2] Flaga K., Estetyka mostów podwieszonych. GDMT – geoinżynieria, drogi, mosty, tunele, nr 4 (11), 2006, s.56-59.
- [3] Jarominiak A., Mosty łukowe końca XX wieku. Inżynieria i Budownictwo, rok LII, nr 10, 1996, s.568-574.
- [4] Jarominiak A., Mosty podwieszane. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 1997.
- [5] Keller T., Use of Fibre Reinforced Polymers in Bridge Construction. Structural Engineering Documents, No. 7, IABSE, Zurich, 2003.
- [6] Siwowski T., Czarnik K., Most podwieszony przez Wisłok w Rzeszowie – koncepcja konstrukcji i technologii budowy. Mosty, nr 2, 2014, s. 24-27.
- [7] Siwowski T., Kaleta D., Siwowski G., Przebudowa Mostu Narutowicza w Rzeszowie. Materiały z seminarium pn.: „Obiekty mostowe w infrastrukturze miejskiej”. Politechnika Wroclawska, listopad 2013. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, s. 471-478.
- [8] Siwowski T., Kaleta D., Kulpa M., Projekt pierwszego polskiego mostu drogowego z kompozytów FRP. Inżynieria i Budownictwo, rok LXXI, nr 9, 2015, s. 465-470.
- [9] Siwowski T., Wysocki A., Okrągła kładka dla pieszych w centrum Rzeszowa. Inżynieria i Budownictwo, rok LXIX, nr 7-8, 2013, s. 387-391.
- [10] Tveit P., An introduction to the optimal network arch. Structural Engineering International, Vol. 17, No. 2, 2007, pp. 184-187.

Serwis GDDKiA • Aktualności

S19 z dofinansowaniem unijnym

Komisja Europejska wydała pierwszą decyzję zatwierdzającą wkład finansowy dla dużego projektu realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020, którego Beneficjentem jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Decyzja dotyczy projektu pn. Budowa drogi ekspresowej S19 Lublin–Rzeszów, odc. w. Lublin Sławinek–w. Lublin Węglin. Kwota wydatków kwalifikowanych zatwierdzonych w decyzji to 77 817 023 euro.

Przedmiotem projektu jest budowa dwujezdniowej drogi ekspresowej S19 (po dwa pasy ruchu w każdą stronę z rezerwą pod trzeci pas ruchu) stanowiącej zachodnią obwodnicę Lublina na odcinku od węzła Lublin Sławinek do węzła Lublin Węglin o długości 9,76 km. Planowany termin zakończenia robót to koniec 2016 r. Projekt jest realizowany w ciągu drogi ekspresowej S19 Lublin–Rzeszów, będącej istotnym elementem transeuropejskiej sieci transportowej.

18-02-2016

Kolejne wnioski o dofinansowanie inwestycji

GDDKiA złożyła kolejne wnioski aplikacyjne w ramach konkursu o dofinansowanie z Fundusz Spójności w ramach instrumentu finansowego „Łącząc Europe” (CEF) dla projektów inwestycyjnych.

Projekty zgłoszone do konkursu:

1. Budowa drogi ekspresowej S3 Legnica–Lubawka (granica państwa)
Projekt obejmuje budowę drogi ekspresowej S3 o długość 67,2 km o przekroju 2×2 na całym przebiegu. Zakres inwestycji obejmuje także budowę węzłów drogowych, obiektów inżynierskich (m.in. mosty, tunele, wiadukty, przepusty), MOP, urządzeń uzbrojenia, urządzenia BRD i ochrony środowiska (przejścia dla zwierząt, ekrany etc.). Szacunkowa wartość projektu to 907 521 814,60 euro, z czego wnioskowana wysokość dofinansowania CEF to 502 542 760 euro.
2. Budowa drogi ekspresowej S69 Bielsko Biała–granica państwa, odcinek obejście Węgierskiej Górki
Projekt obejmuje budowę ostatniego odcinka ciągu drogi 69 i jego zasadniczy zakres obejmuje: budowę drogi ekspresowej S69 o długości 8,53 km, rozbudowę 2 węzłów drogowych: „Przybędza”, „Milówka”, budowę obiektów inżynierskich (w tym 2 tunele) w zakresie niezbędnym do sprawnego funkcjonowania zrealizowanej infrastruktury. Szacunkowa wartość projektu to 347 147 534 euro, z czego wnioskowana wysokość dofinansowania CEF to 203 651 038 euro.

Zgodnie z harmonogramem, Komisja Europejska dokona oceny złożonych wniosków aplikacyjnych, a spodziewany termin ogłoszenia decyzji o udzieleniu dofinansowania to lipiec 2016 r.

17-02-2016