

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---



Mosty łukowe są jednymi z najstarszych rodzajów konstrukcji inżynierskich. Tysiące lat historii mostów łukowych nauczyło budowniczych rozumienia zasad pracy tych konstrukcji. Natomiast istniejąca od niedawna możliwość komputerowego symulowania pracy takich konstrukcji oraz pojawienie się nowych materiałów i technologii budowy otworzyły nowe szanse w projektowaniu takich obiektów.

W 2006 roku Oddział Krakowskiego Stowarzyszenia Architektów RP rozstrzygał konkurs na kładkę przez Wisłę w Krakowie. Poniżej opisywany projekt został zgłoszony do tego konkursu. Nie został on zrealizowany, jest natomiast przykładem podejścia do projektowania tego rodzaju konstrukcji.

## **Założenia urbanistyczne**

Projektowana przeprawa pieszo-rowerowa łączy górne części bulwarów Wisły w Krakowie. Po stronie Kazimierza zaprojektowano schody wkomponowane w podpory kładki umożliwiające komunikację pionową dla pieszych z dolnej części bulwaru. Wjazd dla rowerów oraz osób niepełnosprawnych poruszających się na wózkach inwalidzkich przewidziano po istniejących pochylniach zlokalizowanych zarówno po stronie Kazimierza, jak i Podgórze. Projekt przewiduje zachowanie istniejącego ciągu rowerowego na poziomie bulwaru Kurlandzkiego oraz stworzenie dodatkowego na poziomie bulwaru Podolskiego oraz ulic Brodzieńskiego i Mostowej. Na bulwarze Kurlandzkim, od strony dolnej wody, zlokalizowano przystań dla małych statków o długości do 20 m.

W bezpośrednim sąsiedztwie zejścia z kładki na bulwar Kurlandzki zlokalizowany jest mały placyk. W niedużym oddaleniu od kładki, na każdym z bulwarów, stworzono miejsca do odpoczynku z ławkami. Odsunięcie ich od obiektu stwarza

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---

możliwość spoglądanie na kładkę z odpowiedniej perspektywy, zapewniając wysokie walory estetyczno-widokowe.

W całość założenia zostały wkomponowane rabaty kwiatowe i klomby. Drzewa po stronie Podgórze znajdujące się na przyczółku mostu przewidziano do wycięcia ewentualnie do przesadzenia.

## Założenia studialne

W celu wpasowania obiektu w zastaną lokalizację przyjęto następujące założenia:

- zachowanie i odrestaurowanie historycznych murów oporowych bulwarów, przyczółków tym przyczółków mostowych;
- wyeksponowanie istniejących przyczółków mostowych poprzez zlokalizowanie w ich obrębie pomostu kładki oraz nie tworzenie wysokich konstrukcji w ich sąsiedztwie;
- ze względu na bliskie sąsiedztwo mostu Podolskiego o wyrazistej sylwetce, pełniącej funkcję dominanty przestrzennej, zaproponowana konstrukcja ma za zadanie nie konkurować z tym obiektem. Wyrazem tego jest uzyskanie optymalnie „lekkiej” wizualnie konstrukcji łukowej przęsła głównego o stosunku strzałki do jego rozpiętości równym 1:10;
- zachowanie symetrii zaprojektowanego obiektu oraz prostota konstrukcji - belka pomostu podwieszona do dwóch łuków, ma za zadanie wpisać go w panoramy Kazimierza i Podgórze, nadając jednocześnie nową jakość estetyczną w historycznej tkance miasta.

Kompozycja bryły kładki składa się z trzech podstawowych elementów. Są nimi dwa odchylone od pionu łuki o przekroju rurowym, do których podwieszony jest pomost. W celu uzyskania płynnego przejścia łuków z konstrukcji betonowej w stalową, podpory zostały w wymodelowane zgodnie z ich geometrią. Schody mocowane wspornikowo do podpór, płynnie nawiązują się do kształtu całości. Pręty, za pomocą których pomost został podwieszony do rur, sprawiają wrażenie skrzydeł, co nadaje lekkości całej konstrukcji. Szklana barierka ma za zadanie potęgować wrażenie lekkości.

## Założenia architektoniczno-budowlane

Parametry geometryczne obiektu:

- długość całkowita między punktami podparcie pomostu  $L_c = 147,00$  m
- długość podwieszony części pomostu  $L_p = 105,00$  m
- długość swobodnej części pomostu  $L_s = 42,00$  m
- rozpiętość dźwigarów łukowych  $L_d = 106,36$  m
- szerokość całkowita  $B_c = 6,92$  m
- szerokość w świetle poręczy  $B_s = 6,00$  m
- szerokość przejścia dla pieszych  $B_p = 3,00$  m

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---

- szerokość ścieżki rowerowej  $B_r = 2,50 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$
- wysokość całkowita  $H_c = 17,62 \text{ m}$

~~Skrajnia pionowa pod obiektem wynosi 1,26 m licząc od poziomu wody tysiącletniej.~~

Elementy stalowe konstrukcji zaplanowano pomalować na biało. Powierzchnie wszystkich elementów betonowych mają mieć fakturę betonu architektonicznego. Słupki, barierki oraz pochwyt wykonane będą ze stali nierdzewnej. Wypełnienie barierki przewidziano z transparentnego szkła o niebieskiej strukturze. Izolacyjno-nawierzchnia pomostu ma być w postaci natrysku epoksydowo-poliuretanowego, w kolorze jasny brąz. Posadzkę placyków i alejek zaprojektowano z kostki granitowej w kolorze szarym oraz piaskowym.

Oświetlenie użytkowe dla pieszych i rowerzystów umieszczono w beleczkach krawędziowych o przekroju skrzynkowym, spinające końce wsporników pomostu, w rozstawie co 1,50 m pomiędzy słupkami barierki. W tych samych beleczkach zlokalizowano oprawy oświetleniowe służące do iluminacji konstrukcji kładki. Umiejscowione zostały w spodniej części konstrukcji oraz w takim samym rozstawie, co oświetlenie użytkowe. Kable zasilające zlokalizowano wewnątrz beleczek skrzynkowych, z możliwością rewizji od góry. Zarówno od strony Kazimierza jak i Podgórze przewiduje się umiejscowienie reflektorów oświetlających łuki konstrukcyjne kładki.

Górna powierzchnia ustroju niosącego ma poprzeczny spadek dwustronny do środka (do osi podłużnej) równy 2,0%. W osi obiektu zlokalizowano odwodnienie liniowe np. typu ACO-DREN zbierające wody opadowe z pomostu i odprowadzające je wykorzystując spadek podłużny wynoszący 0,5 %, na końcu pomostu, a stąd systemem rur spustowych wzdłuż ścian czołowych przyczółków do kanalizacji ogólnospławnej.

---

## Założenia konstrukcyjne

Konstrukcję kładki zaprojektowano jako jednobryłową. Kształt przekrojów poszczególnych części został tak dobrany, aby zapewnić wizualny efekt płynności.

W obrębie ulic oraz bulwarów na obu brzegach Wisły znajdują się przyczółki mostu istniejącego w latach 1850 -1936 wkomponowane w system murów oporowych.

Łuki główne są posadowione na wspólnych fundamentach w kształcie płyty o zmiennej grubości, o kształcie dopasowanym do kierunku działania sił wewnętrznych w konstrukcji. Pod płytą wykonany jest koziół palowy z żelbetowych pali, przy czym niektóre z nich należy wykonać w nachyleniu 4: 1.

Ustrój niosący składa się z dwóch dźwigarów łukowych o rozpiętości  $L = 106,36 \text{ m}$  i promieniu  $R = 130,0 \text{ m}$  oraz dźwigara pomostu i opartego na istniejących już przyczółkach.

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---

Oba łuki składające się z części betonowej (do poziomu wody tysiącletniej) i stalowej (powyżej poziomu wody tysiącletniej) są połączone ze sobą poprzecznica stalową przechodzącą przez dźwigar skrzynkowy pomostu.

Płaszczyzny obu łuków są odchyłone symetrycznie od pionu „na zewnątrz” o kąt 29°. Punkty zamocowania łuków nie znajdują się w linii równoległej do osi podłużnej mostu. Dźwigary łukowe są wykonane z rur o średnicy 800 mm, o grubości ścianki zmiennej na całej długości od 16 do 40 mm.

Ustrój nośny (pomost) składa się ze stalowego dźwigara o przekroju skrzynkowym z obustronnymi wspornikami. Przyjęto wstępnie następujące grubości elementów skrzynki i innych elementów stalowych: środniki - 20 mm, pas górny - 16 mm i pas dolny - 40 mm. Wymiary dźwigara skrzynkowego wynoszą 750 x 2000 mm. Wsporniki (poprzecznice) blachownicowe mają zmienną wysokość od 600 do 200 mm. Na pasie górnym dźwigara skrzynkowego wylana jest betonowa płyta pomostu o grubości zmiennej od 16 do 20 cm.

Istotnym elementem konstrukcyjnym jest wydzielona stalowa poprzecznica o przekroju skrzynkowym, spinająca dźwigary łukowe, traktowane jako konstrukcja hybrydowa stalowo-betonowa. Jej kształt został dopasowany do dźwigara skrzynkowego pomostu i miejsc zakotwienia rur stalowych w podporze betonowej.

Ustrój niosący jest podwieszony do łuków za pomocą prętów sprężających o średnicy wynikającej z wielkości działających sił. Rozstaw punktów podwieszenia w pomoście wynosi 1,50 m.

Końce wsporników (poprzecznic) są zwieńczone beleczkami o przekroju skrzynkowym dopasowanym do geometrii przekroju ustroju niosącego. Górna powierzchnia ustroju niosącego ma poprzeczny spadek dwustronny do środka (do osi podłużnej) równy 2,0% oraz podłużny wynoszący 0,5 %.

Na całej długości przęseł obiektu zainstalowana jest blacha licująca pełniąca funkcję, gzymsu i kapinosu.

Podpory skrajne kładki stanowią pełnościenne przyczółki, prawdopodobnie żelbetowe, które pozostały po konstrukcji mostu istniejącego w tym miejscu w XIX wieku. Na każdym przyczółku znajdują się po 2 łożyska, które podpierają dźwigar skrzynkowy pomostu. Przyczółki po obu stronach Wisły są wkomponowane w ciąg murów oporowych bulwarów.

Betonowe podpory dźwigarów łukowych położone są na wspólnej osi z rurami stalowymi. Ich kształt został wymodelowany w taki sposób, aby stanowiły one miejsce zamocowania konstrukcji schodów i podkreślały płynne przejście rury w konstrukcję betonową.

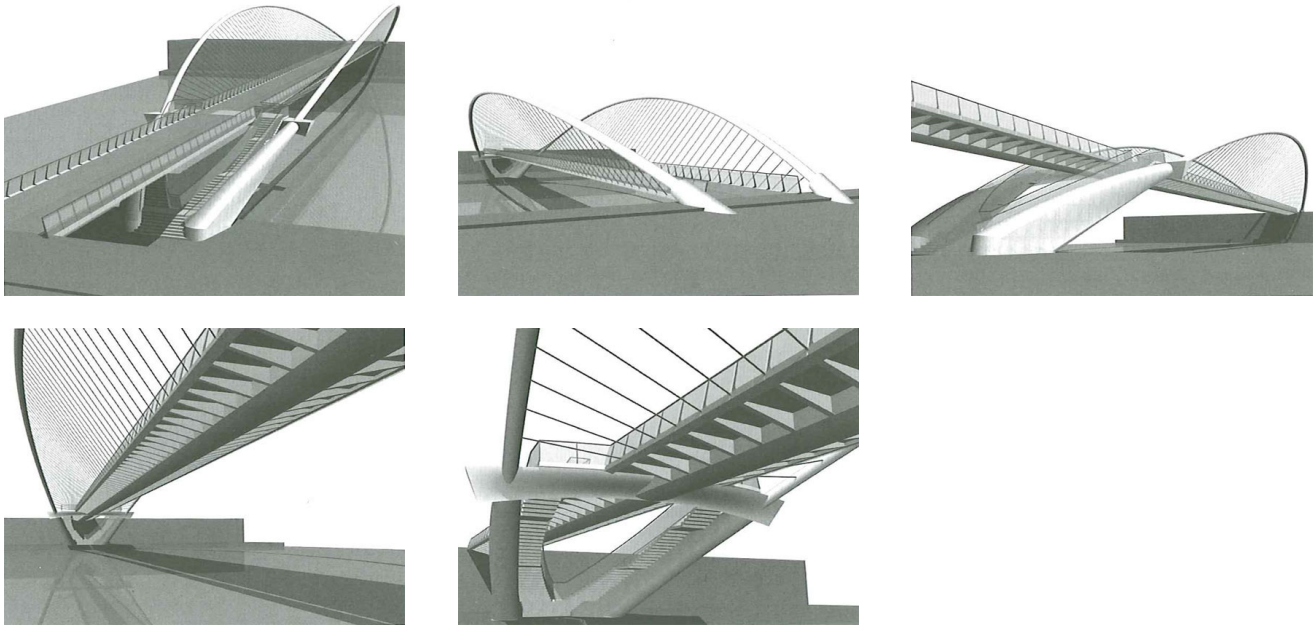
W elementach konstrukcyjnych obiektu zastosowano beton klasy B 60 (C55/60) oraz stal zbrojeniową B500. Konstrukcja stalowa jest wykonana ze stali S355M.

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---

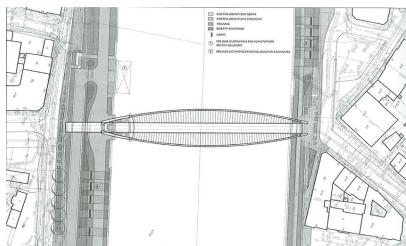
Fundamenty łuku głównego i pale przewidziano z betonu klasy B40 (C35/40). Pręty podwieszenia przewiduje się wykonać ze stali sprężającej.



Rys. 1. Wizualizacje obiektu

## Opis modelu obliczeniowego

Modelem obliczeniowym konstrukcji są dwa łuki pochylone w przestrzeni, obustronnie utwierdzone i spięte wydzieloną poprzecznicą, wraz z podwieszonym skrzynkowym dźwigarem zespolonym, opartym na dwóch przyczółkach za pośrednictwem dwóch par łożysk. Konstrukcję zamodelowano w 3D za pomocą elementów powłokowych i prętowych. Ze względu na silny wpływ wiatru i oddziaływań termicznych oraz możliwych osiadań na wartości sił wewnętrznych przewidziano łączną analizę konstrukcji niosącej z palami. Powyższy model będzie analizowany pod względem statycznym i dynamicznym, ze szczególnym uwzględnieniem kryteriów komfortu użytkowania przez pieszych i rowerzystów.



prof. dr hab. inż. Henryk Zobel  
Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej

mgr inż. arch. Bartłomiej Grotte  
GROTTE ART – Pracownia Architektoniczna

# Kładka łukowa – przykład projektowy

Utworzono: środa, 28, lipiec 2010 07:19 Henryk Zobel, Bartłomiej Grotte

---

*Opisywany przykład kładki nie został zrealizowany. Koncepcję tego projektu prezentowano podczas seminarium „Kładki dla pieszych – architektura, projektowanie, realizacja, badania” (Wrocław, 2007).*

## **Summary**

This paper presents author's proposal submitted for competition organized by Krakow Division of SARP for pedestrian bridges linked Kazimierz and Podgorze in Krakow. It is steel arch structure with inclined girders and composite deck. It is composed nicely in the landscape of old city, although the proposed solution is very modern.