



Prefabrykacja od nowa

Omówienie wybranych rozwiązań dla drogowych obiektów mostowych

mgr inż. Tomasz Kusznierewicz
mgr inż. Wojciech Janowicz
mgr inż. Mateusz Stefańczyk
Optem

Po złych doświadczeniach z prefabrykacją w latach 50.-70. ubiegłego wieku obecnie w naszym kraju następuje powrót do tej technologii wznoszenia konstrukcji. Artykuł przedstawia krótki rys historyczny rozwiązań stosowanych w przeszłości w zakresie mostownictwa oraz opisuje rozwój technologii prefabrykacji ze szczególnym uwzględnieniem prefabrykowanych żelbetonowych konstrukcji łukowych.

Idea prefabrykacji w budownictwie inżynierskim i drogowym nie jest niczym nowym. Dotychczas prefabrykacja kojarzyła się w Polsce raczej negatywnie. Dziś technologia ta, oferująca coraz bardziej zaawansowane technicznie rozwiązania, może być atrakcyjna nie tylko dla wykonawców robót, ale także dla potencjalnych inwestorów.

Z uwagi na zwiększone możliwości transportowe oraz łatwość montażu zakres wykorzystania technologii prefabrykacji znacznie się rozszerzył. Możliwe są wykonywanie elementów wielkogabarytowych o bardzo dużej masie i ich transport na znaczne odległości. Można prefabrykować całe przęsła konstrukcji lub mniejsze fragmenty. Powszechnie stosowana jest też prefabrykacja podpór, a bardzo popularne w przypadku posadowień jest stosowanie żelbetonowych pali prefabrykowanych.

W artykule skupiono się przede wszystkim na prefabrykowanych obiektach mostowych o konstrukcji żelbetonowej łukowej, które stanowią coraz powszechniejszą alternatywę dla typowych obiektów z klasyczną płytą pomostową oraz dla obiektów wykonywanych z blach falistych.

Rys historyczny

W Polsce stosowanie belkowych prefabrykatów z betonu sprężonego do budowy mostów rozpoczęło się w latach 50. XX w., kiedy to powstały pierwsze typy prefabrykatów wzorowane na rozwiązaniach zagranicznych. Rozwój technologii nastąpił w kolejnych latach, a apogeum osiągnął na przełomie lat 70. i 80. Od 1957 r. zaczęto stosować belki typu Kujan, a w kolejnych latach pojawiały się belki typu: WBS (od 1964 r.), Płońsk (1970 r.), Gromnik (1972 r.), korytkowe π (1977 r.) oraz Wągrowiec (1987 r.) [1]. Niestety masowa produkcja doprowadziła do znacznego obniżenia jakości obiektów mostowych. Prefabrykaty często miały niedokładne wymiary, nierówne płaszczyzny, niewłaściwie zawiązany beton czy też obtłuczenia krawędzi. Do ich wytwarzania wykorzystywano złej jakości beton, na co wpływ miało stosowanie nieodpowiednich składników. Wśród głównych problemów konstrukcji prefabrykowanych tego okresu można wymienić przede wszystkim (fot. 1):

SUMMARY

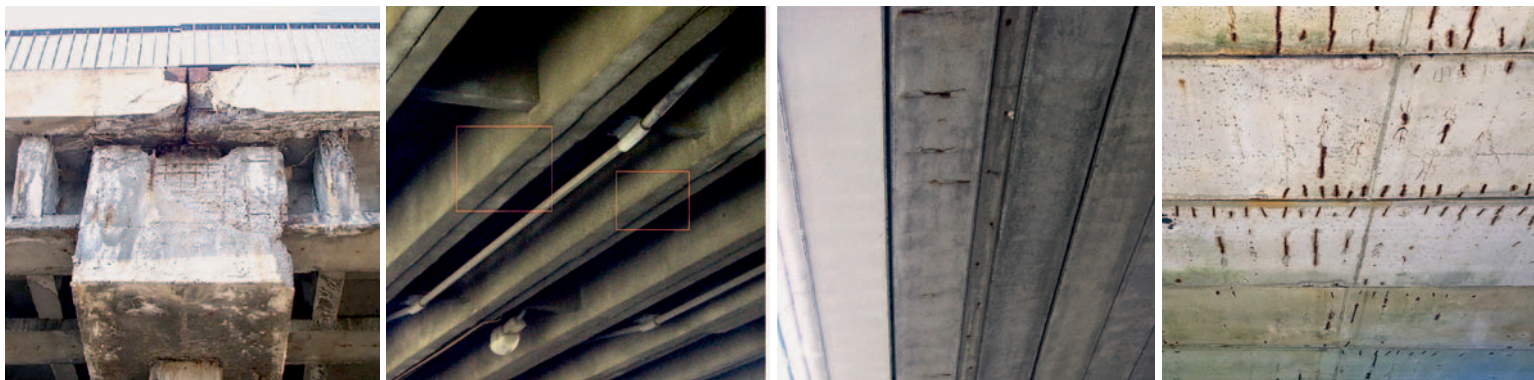
Precast concrete structures from scratch. Selected solutions for road bridge structures

After bad experiences with prefabrication in the 1950s to 1970s, nowadays we can see a return to this construction technology in our country. The article presents a brief history of precast concrete bridge structures in Poland and new ideas that are being implemented today. The focus of the paper is on precast concrete arch/frame bridge structures.

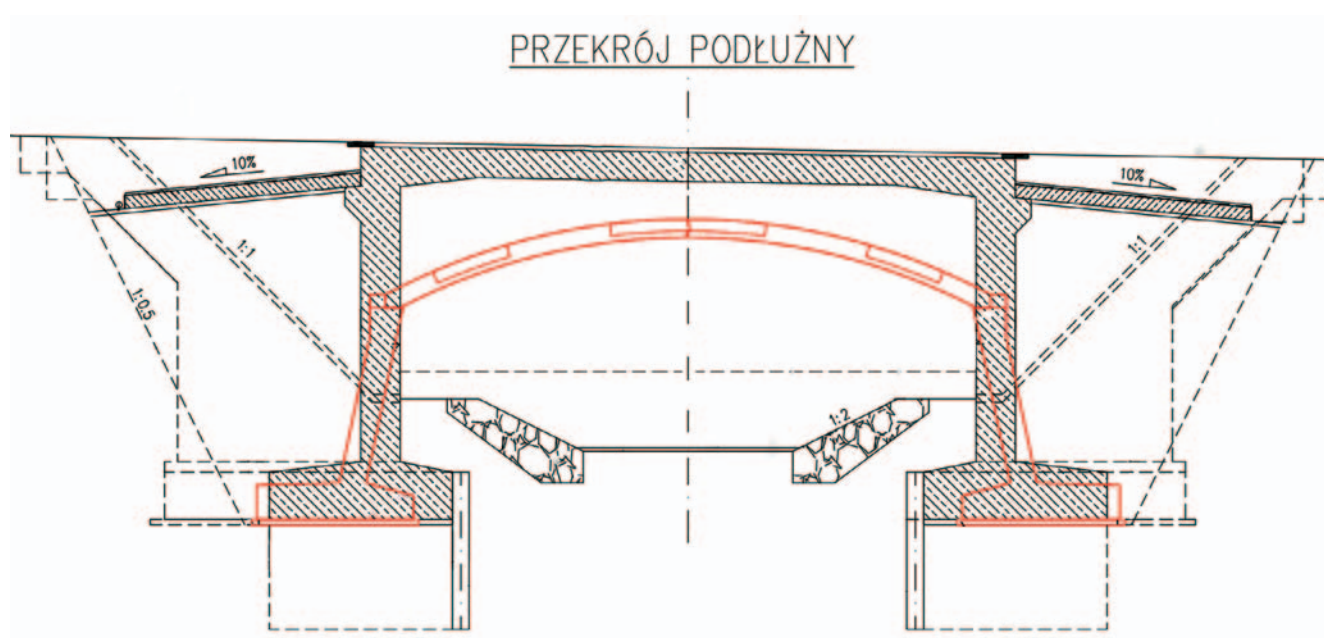
Keywords: precast concrete arch bridge system, concrete structures, precast structures

- niską jakość materiału (beton) oraz wykonania elementów,
- przyjmowanie zbyt małych otulin zbrojenia, co powodowało korozję betonu i w konsekwencji korozję prętów stalowych zbrojenia,
- nierównomierne ugięcia belek w przekroju poprzecznym, tzw. klawiszowanie, czego konsekwencjami były często uszkodzenie nawierzchni oraz izolacji, a także brak estetyki obiektu,
- małą sztywność w kierunku poprzecznym,
- niedostateczną współpracę poszczególnych belek,
- słabej jakości izolację ustroju nośnego obiektów.

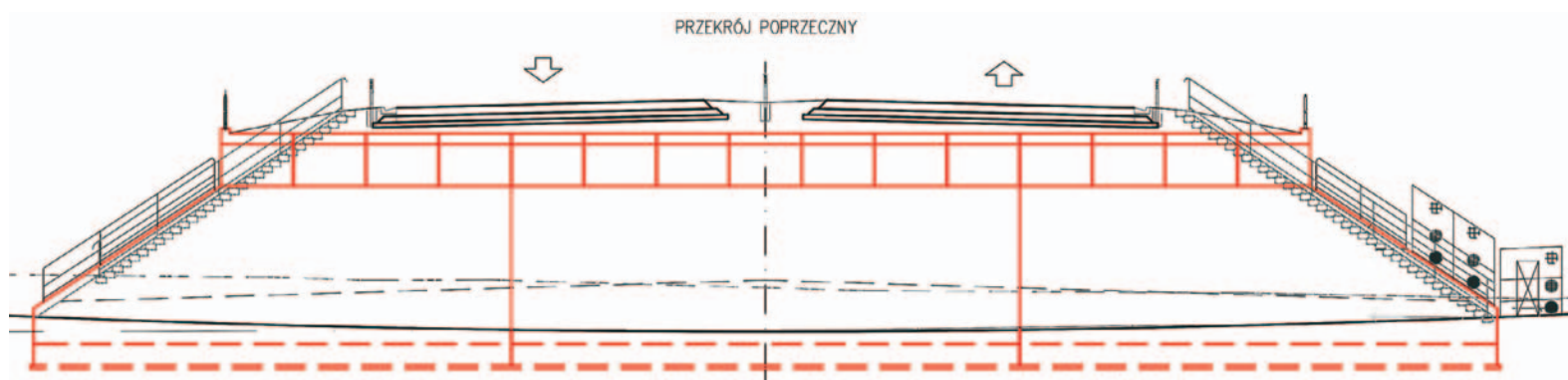
Powyższe czynniki wpłynęły na to, że w latach 90. znacząco ograniczono stosowanie prefabrykacji w mostownictwie. Po niekorzystnych doświadczeniach wydawało się, że nastąpi całkowity odwrót od tej technologii w budownictwie, a w szczególności w budownictwie mostowym. Powrót do stosowania prefabrykatów belkowych nastąpił na przełomie XX i XXI w., m.in. z powodu znacznych potrzeb inwestycyjnych. Rozwój możliwości technicznych i technologicznych pozwolił na wykonywanie prefabrykatów o znacznie lepszej jakości niż te wbudowywane we wcześniejszych dekadach. Udało się też wyeliminować w znacznym stopniu wady wcześniejszych systemów konstrukcyjnych. Pojawiły się: belki typu T (od 2002 r.), zmodyfikowane belki typu Kujan (Kujan NG) stosowane



Fot. 1. Przykłady niskiej jakości prefabrykacji



Fot. 2. Przykład optymalizacji konstrukcji monolitycznej poprzez zamianę na konstrukcję prefabrykowaną o kształcie łukowym



Fot. 3. Przykład wpisania konstrukcji o kształcie łukowym w nasyp drogowy – brak konieczności wykonywania typowego przekroju mostowego

od 2004 r. czy też belki typu IG (2009 r.), a także kilka innych systemów. Wykorzystywane są one do chwili obecnej, a belki typu T są jednymi z najbardziej popularnych rozwiązań stosowanych w Polsce.

Prefabrykowane obiekty łukowe

Jednym z coraz częściej stosowanych systemów obiektów prefabrykowanych są konstrukcje z żelbetonowych prefabrykowanych elementów łukowych. Ich wykorzystywanie zapewnia wiele korzyści w stosunku do innych rozwiązań, w szczególności dla obiektów małych i średnich rozpiętości. Z uwagi na korzystny układ statyczny (zastosowanie

kształtu łuku) możliwa jest optymalizacja wymiarów poszczególnych elementów (fot. 2). Prefabrykaty mogą mieć różne rozpiętości, różne strzałki łuku i różne grubości, dzięki czemu łatwiejsze staje się ich zaadaptowanie do konkretnych projektów i wymaganej geometrii, która może być determinowana np. przez skrajnię drogi pod obiektem. Prefabrykaty mogą być osadzone zarówno na podporach prefabrykowanych, jak i monolitycznych, co jeszcze bardziej zwiększa elastyczność systemu i możliwości adaptacyjne. Poza tymi aspektami za stosowaniem prefabrykatów łukowych przemawia wiele innych argumentów, które są charakterystyczne dla budownictwa



Fot. 4. Montaż konstrukcji prefabrykowanej o kształcie łukowym. Na pierwszym planie widoczne deskowanie części monolitycznej



Fot. 5. „Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów” autorstwa firmy Promost

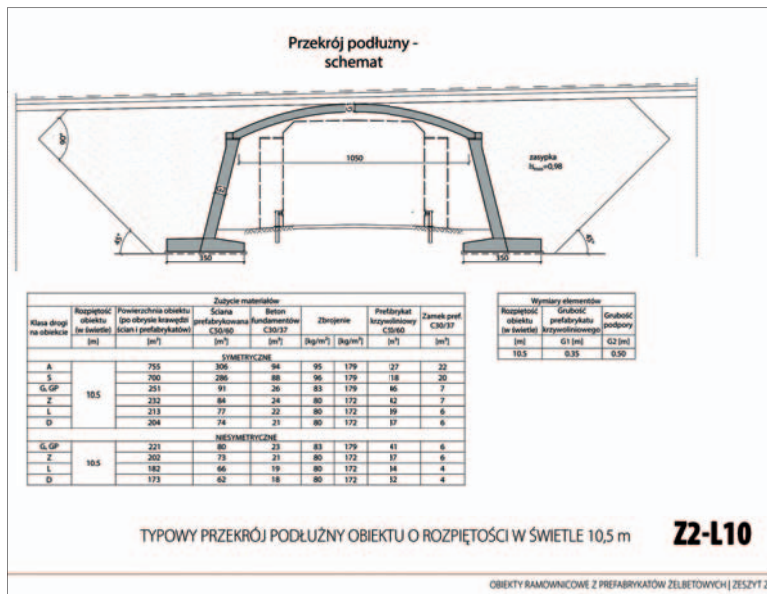
► prefabrykowanego. Elementy wytwarzane w wytwórni, z uwagi na odpowiedni reżim technologiczny, charakteryzują się dużą precyzją wykonania, która jest często niemożliwa do uzyskania na budowie. Bardzo istotną zaletą jest skrócenie czasu prac prowadzonych przy realizacji obiektu. Jak wiadomo, elementy prefabrykowane uzyskują w procesie produkcyjnym docelowe parametry techniczne (np. wytrzymałościowe), co redukuje przerwy technologiczne we wznoszeniu obiektu, związane np. z dojrzewaniem betonu [2].

Możliwe jest też znaczne uniezależnienie wykonania prac od warunków pogodowych – wznoszenie obiektu w okresie obniżonych temperatur. Wbudowywanie elementów może odbywać się według wcześniej ustalonych harmonogramów. Istotną, lecz czasem marginalizowaną kwestią w przypadku tego typu konstrukcji jest szczelność obiektu, od której w znacznej mierze zależy trwałość, a także estetyka. Równa powierzchnia betonowa prefabrykatów umożliwia łatwe i szybkie wykonanie izolacji przeciwwodnej, np. papy termozgrzewalnej czy też

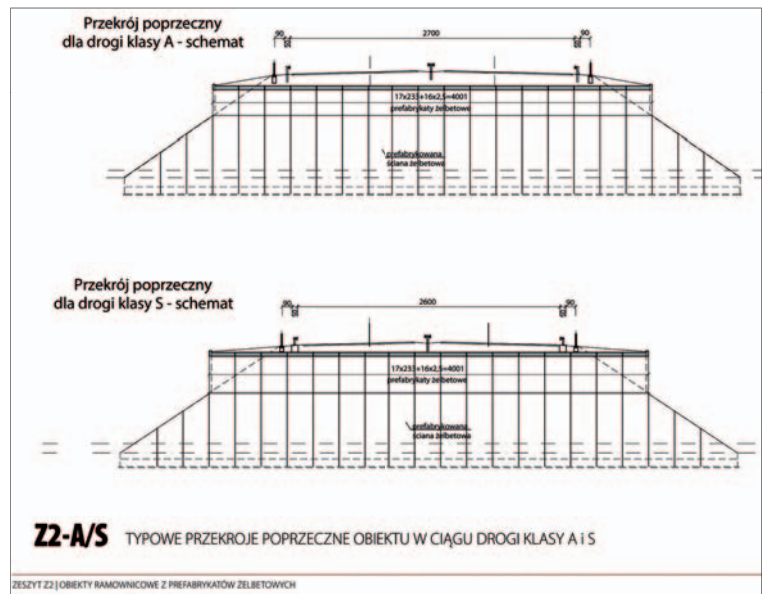
izolacji natryskowych. Dzięki temu można zapewnić odpowiednią szczelność połączeń i ograniczyć do minimum ryzyko penetracji wody. Ważne jest, aby zastosowana izolacja była izolacją przeciwwodną (typu ciężkiego). Zdarza się, że producenci prefabrykowanej konstrukcji żelbetonowej proponują wykonywanie na powierzchni ustroju nośnego izolacji cienkich, co należy ocenić jako rozwiązanie nieprawidłowe. Zamiana pierwotnego rozwiązania konstrukcyjnego na obiekt z prefabrykatów łukowych pozwala na rezygnację z elementów takich jak łożyska i dylatacje. Utrzymana zostaje ciągłość przekroju drogowego (fot. 3). W konsekwencji obiekt staje się praktycznie bezobsługowy, co znacznie obniża koszty eksploatacyjne. W wielu przypadkach cena łukowych prefabrykatów żelbetonowych może okazać się konkurencyjna w stosunku do innych technologii.

Firma Optem, odpowiadając na potrzeby rynku, opracowała własny system prefabrykatów. Krawędzie prefabrykatów w systemie optemARCH wykształtowane są w taki sposób, aby po zmontowaniu dwóch sąsiednich elementów powstawał zamek, który następnie zostaje wypełniony betonem. Wykonanie zamków zespalających pozwala na włączenie do współpracy większej liczby elementów, co jest korzystne pod względem pracy konstrukcji. Wykonanie zamków uciągających eliminuje także ewentualną możliwość tzw. klawiszowania, co mogłoby doprowadzić do uszkodzeń izolacji. System przewiduje wykonanie konstrukcji zarówno jedno-, jak i wielonawowych. Możliwe jest jego stosowanie dla dróg wszystkich klas. Obiekty z prefabrykatów łukowych świetnie sprawdzają się także jako przejścia dla zwierząt.

Przykładem zasadności stosowania rozwiązań prefabrykowanych może być realizowany obecnie obiekt M-11a przeprowadzający projektowaną Trasę Łagiewnicką w Krakowie nad Wilgą. Pierwotny projekt zakładał wykonanie ramy żelbetonowej o sklepieniu łukowym w technologii monolitycznej. W rozwiązaniu zamiennym część środkową mostu zdecydowano się wykonać w technologii łukowych elementów prefabrykowanych (z uwagi na wymogi kontraktowe oraz duży skos konstrukcji nie udało się dla całego obiektu zastosować prefabrykatów). Montaż prefabrykatów trwał zaledwie 5 dni (26 elementów na długości



Fot. 6. Przykładowa karta katalogowa – konstrukcja łukowa typu optemARCH



Fot. 7. Przykładowa karta katalogowa – konstrukcja łukowa typu optemARCH

31,1 m), podczas gdy wykonywanie samych desekowań pod pozostałą część obiektu zajęło kilka tygodni. Udało się także ograniczyć grubość ustroju z pierwotnych 45 cm do 35 cm. Jak widać na tym przykładzie, stosowanie elementów prefabrykowanych pozwoliło na zoptymalizowanie konstrukcji, znaczne ograniczenie czasu realizacji, a także uniknięcie konieczności wykonywania desekowań o skomplikowanej geometrii (fot. 4).

Zalecenia Ministerstwa Infrastruktury

W czerwcu 2019 r. na stronie internetowej Ministerstwa Infrastruktury opublikowano „Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów”, który stanowi zbiór rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie obiektów mostowych do projektowania na drogach publicznych wszystkich kategorii i klas (fot. 5). Skierowany jest on zarówno do inwestorów (zarządców dróg publicznych), jak i wykonawców oraz projektantów. Katalog, oprócz wskazania typowych rozwiązań konstrukcyjnych, zawiera także schematy postępowania wskazujące w uporządkowany sposób ścieżkę wyboru optymalnego rozwiązania wynikającego z przyjętych do projektowania założeń i typowych uwarunkowań. Głównym jego celem jest wspomaganie procesu decyzyjnego zarządców dróg oraz działających w ich imieniu projektantów [3]. W katalogu można znaleźć rozwiązania w postaci obiektów monolitycznych, ale także oparte na wykorzystaniu elementów prefabrykowanych. Należałoby ocenić, że katalog ten, posiadający rekomendację ministra infrastruktury, jest krokiem w dobrym kierunku, jeśli chodzi o dalszy rozwój i popularyzację obiektów prefabrykowanych w polskim mostownictwie. Projektanci otrzymali wskazówki dla łatwiejszego doboru optymalnych rozwiązań projektowych, a inwestorzy zostali wyposażeni w narzędzie, które może m.in. ułatwić przygotowywanie dokumentacji przetargowych i pomóc w ocenie zasadności stosowania konkretnych rozwiązań przez projektantów. Katalog został podzielony na zeszyty, z których drugi (Z2) skupia się na obiektach ramownicowych z prefabrykatów żelbetonowych. Prezentuje on typowe konstrukcje obiektów mostowych wykonanych z prefabrykowanych elementów krzywoliniowych. Określa zakres stosowania takich obiektów oraz ogólne wymagania stawiane tego typu konstrukcjom (fot. 6 i 7).

Podsumowanie

Wykorzystywana obecnie technologia prefabrykacji pozwala na swobodne kształtowanie konstrukcji. Ich trwałość oraz niezawodność są porównywalne do obiek-



Fot. 8. Przykład realizacji konstrukcji prefabrykowanej. Droga 57 – obwodnica Radomia. Kontynuacja przekroju drogowego nad obiektem. Źródło: GDDKiA

tów monolitycznych, m.in. z uwagi na możliwość stałej kontroli jakości wytwarzanych elementów. Systemy konstrukcyjne oparte na elementach prefabrykowanych zapewniają ponadto odpowiednie, wysokie walory estetyczne oraz niskie nakłady na utrzymanie obiektów. Dzięki stosowaniu prefabrykacji i oparciu się na opracowanych systemach uproszczeniu mogą ulegać także prace projektowe. W obecnej sytuacji ekonomicznej w Polsce przy ciągłych wzrostach kosztów pracy, a w konsekwencji znacznym zwiększeniu kosztów prowadzenia robót, wykorzystywanie elementów prefabrykowanych w mostownictwie jest zasadne i korzystne zarówno dla inwestorów, jak i wykonawców. Należy jednak unikać powielania błędów popełnianych przy konstrukcjach prefabrykowanych z lat 50.- 80. minionego stulecia. Trzeba zwracać baczną uwagę, by zapewnić odpowiednią sztywność poprzeczną projektowanych konstrukcji i umożliwić prawidłową współpracę wszystkich elementów prefabrykowanych, zapobiegając ich klawiszowaniu. Kluczowe jest także zabezpieczenie ustroju nośnego przez stosowanie właściwej izolacji (typu ciężkiego).

Warto także zaznaczyć, jak ważną funkcję spełniają wszyscy uczestnicy procesu budowlanego: począwszy od inwestora, przez projektanta i wykonawcę (kierownika budowy), po inspektora nadzoru. To od nich zależy, czy stosowane rozwiązania konstrukcyjne będą trwałe, a obiekty niezawodne, estetyczne i łatwe w utrzymaniu. □

Piśmiennictwo

1. Cieśla J.: *Prefabrykowane belki mostowe z betonu sprężonego w Polsce – historia i stan obecny*. „Przegląd Budowlany”, 4/2013.
2. Adamczewski G., Woyciechowski P.: *Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność*. Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa 2014.
3. Promost Consulting: *Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów*. Rzeszów 2019.
4. Biliszczuk J., Onysyk J.: *Prefabrykacja w mostownictwie*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie”, 2016, nr 6.
5. Adamczewski G., Woyciechowski P.: *Prefabrykacja w XXI wieku*. „Inżynier Budownictwa”, 2015, nr 4.