

Nowe konstrukcje, nowe materiały, nowa organizacja produkcji

# Projekt badawczo-wdrożeniowy

## Most w 3 miesiące

Marek Łagoda\*, Andrzej Giergowicz\*\*

W budownictwie, zwłaszcza mostowym, zapewnienie jakości i trwałości na wysokim poziomie oraz czas wznoszenia budowli są niezwykle istotnymi czynnikami. Termin wykonania konstrukcji nabiera szczególnego znaczenia w sytuacji, gdy mamy do czynienia z przebudową eksploatowanych lub z budową nowych obiektów znajdujących się w ciągu lub nad czynnymi szlakami komunikacyjnymi. Czasowe ograniczanie ruchu związane z pracami budowlanymi albo budowa objazdów, ewentualnie obiektów tymczasowych są bardzo kosztowne. Powstające przy tej okazji tzw. koszty społeczne niekiedy przekraczają wartość inwestycji. Jak ważne jest zagadnienie przyspieszenia budowy konstrukcji mostowych świadczy np. fakt organizowania w wielu krajach, a zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych specjalnych konferencji i szkoleń poświęconych tej problematyce. Podczas ostatniej (styczeń 2008) wielkiej konferencji w Waszyngtonie, organizowanej przez *Transportation Research Board* (TRB), kilka sesji dotyczyło tylko tej tematyki.

W Polsce mieliśmy do czynienia z dość długim okresem stosowania prefabrykacji. Nie wszystkie rozwiązania były technicznie poprawne, większość nie zapewniała na wymaganym poziomie trwałości konstrukcji i jej poprawnej pracy podczas eksploatacji obiektów. Tym można tłumaczyć ogólną niechęć większości inwestorów do prób powrotu do prefabrykowanych systemów. Świat jednak pokazuje już od wielu lat, że błąd tkwił nie w idei, ale w rozwiązaniach szczegółów. Np. w USA rozwinięte technologie przyspieszania budowy konstrukcji mostowych skracają czas zamykania dróg i tworzenia objazdów z sześciu miesięcy do jednego weekendu. Wówczas przy wymianie lub budowie pojedynczego obiektu mostowego można dużo zaoszczędzić, nawet do kilku milionów dolarów. Jednocześnie bardzo radykalnie zmniejszają się koszty społeczne ponoszone przez użytkowników dróg.

Dobrym tego przykładem jest wymiana starego obiektu na nowy w ciągu autostrady w stanie Utah. W celu maksymalnego skrócenia czasu trwania budowy ustrój niosący nowego mostu wykonano w całości w wytwórni poza placem budowy. Wykonanie w wytwórni żelbetowego, czteropasmowego, o długości 52 m (172 stopy), ważącego ponad 1500 t przeszła nowego mostu trwało ok. cztery miesiące. W tym czasie zostały wybudowane poniżej istniejącej przeprawy, bez ograniczania ruchu, przyczółki dla nowego mostu. Proces wymiany obiektów rozpoczął się w piątek o godzinie 21. W sobotę rano stary most był już odtransportowany przy użyciu modułowych, z własnym napędem, transporterów SPMT (*Self-propelled modular transporter*). SPMT są wielosiowymi, kierowanymi przez komputer pojazdami, mogącymi przemieszczać wielkogabarytowe ciężkie ładunki z precyzją w granicach ułamków cala (rys. 1).

Przyspieszenie budowy można uzyskać stosując wiele sposobów technologicznych, ale znaczące skrócenie czasu i obniżenie kosztów opiera się na szeroko pojętej prefabrykacji konstrukcji. Instytut Badawczy Dróg i Mostów zainicjował w 2006 r. powstanie klastra złożonego z jednostek naukowych, biur projektów i przedsiębiorstw wykonawczych. Jego celem jest unowocześnienie procesów projektowania i budowy mostów małych i średnich o rozpiętości przeseł (do 80 m). Taki cel doskonale wpisał się w założenia programu *Inicjatywa Technologiczna*.



Rys. 1. Przewóz mostu modułowym transporterem SPMT

Obiekty z przęsłami o większych rozpiętościach stanowią niewielki procent w całości zapotrzebowania na mosty i wiadukty. Zakłada się, że co najmniej do 2015 r. realizowany będzie wielki program modernizacji sieci drogowej i kolejowej ze wsparciem finansowym Unii Europejskiej. Roczne nakłady inwestycyjne na drogi i koleje sięgną poziomu 25–30 mld zł. Budowa obiektów mostowych pochłania średnio 30% nakładów na budowę drogi. Szacuje się, że na budowę tego typu obiektów inwestorzy: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Polskie Linie Kolejowe, samorządy i konsorcja prywatne budujące autostrady, zgłoszą potrzeby na poziomie co najmniej 6 mld zł rocznie.

Obecnie nie ma w Polsce mocy wytwórczych mogących sprostać takim zamówieniom, zwłaszcza jeżeli w projektowaniu zostaną utrzymane technologie wznoszenia mostów w dotychczasowej strukturze organizacyjnej. Na wielokrotne zwiększenie frontu inwestycyjnego nie sposób odpowiedzieć wielokrotnym zwiększeniem liczby uprawnionych kierowników budów i doświadczonych majstrów, a także spawaczy, zbrojarzy, betoniarzy, cieśli itp. Tym bardziej że część wykwalifikowanych robotników, mając do wyboru pracę „w delegacji” w Polsce, wybiera kilkakrotnie lepiej płatną pracę w jakimś kraju Europy Zachodniej.

Szansą jest przeniesienie możliwie dużej części procesu technologicznego wytwarzania obiektu w warunki przemysłowe. Wytwarzając, przykładowo dźwigary mostowe, w wytwórni możemy zastosować zbrojenie przestrzenne wykonywane automatycznie, formy wielokrotnego użytku, beton o sprawdzonych własnościach, a wszystko to przy dużo mniejszym zatrudnieniu niż w warunkach improwizacji na placu budowy. Do pracy w miejscu zamieszkania dużo łatwiej pozyskać pracowników, a także ustabilizować stan załogi. Proces technologiczny należy tak organizować, by na placu budowy ograniczyć maksymalnie robociznę, zarówno wprowadzając mechanizację, jak i skracając czas konieczny na montaż elementów.

W projekcie badawczo-wdrożeniowym *Most w 3 miesiące* postawione są trzy priorytety:

1. MINIMALIZACJA CZASU TRWANIA BUDOWY. Daje to korzyści ogólnospołeczne i ogólnogospodarcze. Koszty społeczne utrudnień w ruchu, spowodowane budową lub modernizacją obiektu na czynnym szlaku komunikacyjnym są ogromne, najczęściej przekraczają wielokrotnie koszt robót. Korzyści osiąga też wyko-

nawca, bowiem przy tej samej liczebności załogi może wykonać więcej obiektów.

2. **MAKSYMALIZACJA TRWAŁOŚCI OBIEKTU.** Obecnie ponoszone są ogromne koszty całkowitej wymiany bądź głębokiej modernizacji obiektów, budowanych w latach 60. i 70. według projektów pomijających zagadnienie trwałości. Planowane otwarcie szerokiego frontu modernizacji dróg dotyczyć będzie rocznie mniej niż 2% sieci drogowej. Oznacza to, że wejście z obszerniejszymi remontami na obiekty obecnie wykonywane będzie możliwe nie prędzej niż za 50 lat.

3. **MINIMALIZACJA KONIECZNEJ ROBOCIZNY NA PLACU BUDOWY.** Niedobór kadry technicznej i wykwalifikowanych robotników staje się głównym zagrożeniem dla planu modernizacji sieci transportowej. Ten priorytet musi być realizowany już w projekcie. Wynika to z obowiązujących w Polsce procedur. Projekt wykonawczy powstaje w biurze projektów, które w żaden sposób nie jest materialnie zainteresowane, by problem minimalizacji robocizny rozwiązywać. Po przetargu wprowadzenie jakichkolwiek zmian jest już praktycznie niemożliwe. Zarówno dla urzędników inwestora, jak i dla projektanta każda inicjatywa wykonawcy jest tylko kłopotem. Inaczej jest w innych krajach, np. w RFN przedmiotem przetargu jest projekt budowlany, a projekt wykonawczy powstaje na zamówienie wykonawcy, który jest zainteresowany każdą możliwością obniżenia kosztów robocizny, wynajmu maszyn i zużycia materiałów.

W projekcie badawczo-wdrożeniowym *Most w 3 miesiące* rozpatrywane będą możliwości przyspieszenia i uprzemysłowienia budowy obiektów mostowych we wszystkich fazach, tzn.: fundamentowania, wznoszenia podpór, budowy przęseł, wyposażenia obiektu.

Prace zostały podzielone na sześć zadań:

1. **OPTIMALIZACJA NAKŁADÓW NA WYKONYWANIE (LUB WZMACNIANIE) FUNDAMENTÓW OBIEKTÓW MOSTOWYCH.** Fundamentowanie mostów jest specyficzną dziedziną technologii, w której relatywnie dużą rolę odgrywa doświadczenie w stosunku do wiedzy teoretycznej. Efektem projektu będzie upowszechnienie wiedzy w oparciu o książkowe vademecum, przykłady realizacji i system szkoleń.

2. **OPRACOWANIE KONSTRUKCJI I TECHNOLOGII MONTAŻU ELEMENTÓW ŻELBETOWYCH UMOŻLIWIĄCYCH BUDOWĘ PODPÓR MOSTOWYCH Z WYDATNYM OGRANICZENIEM DESKOWANIA.** Efektem będzie bardzo znaczące przyspieszenie budowy i ograniczenie robocizny na placu budowy, a także poprawa trwałości i estetyki wznoszonych podpór. Dla mostów kolejowych, których podpory zbudowano często jeszcze w XIX w., opracowane będą systemy wzmocnienia podpór pod ruchem.

3. **OPRACOWANIE KONSTRUKCJI I TECHNOLOGII MONTAŻU NOWEGO TYPU PRZĘŚLA DLA MOSTÓW KOLEJOWYCH O NISKIEJ WYSOKOŚCI USTROJOWEJ.** Na modernizowanych liniach przęsła z mostownicami zastępowane są przęsłami z korytem balastowym. Przyjęte tu będzie rozwiązanie z betonowanymi dźwigarami z profili walcowanych grubościennych. W efekcie w dziedzinie mostów kolejowych hasło „most w 3 miesiące” będzie mogło brzmieć „most w 48 godzin”.

4. **OPRACOWANIE KONSTRUKCJI I TECHNOLOGII MONTAŻU NOWYCH TYPÓW PRZĘSEŁ DLA MOSTÓW DROGOWYCH.** Dla budów o trudnych warunkach dojazdu z elementami wielkogabarytowymi przewiduje się wdrożenie nowego typu przęseł zespolonych z dźwigarem żelbetowym doprzętym prętami ze stali o wysokiej wytrzymałości i pomostem wylewanym na traconym deskowaniu z blach trapezowych. Dźwigary będą mogły być wykonywane w wytwórniach polowych (przy placu budowy lub w najbliższej betoniarni), do których dostarczane będzie prefabrykowane zbrojenie przestrzenne i uniwersalne formy. Alternatywą będą przęsła z belek żelbetowo-stalowych w kształcie litery T z elementem rozciągającym w postaci teownika stalowego grubościennego. Uzupełnieniem systemu rozwiązań dla przęseł o rozpiętości do 45 m będą dźwigary VFT®.

5. **OPRACOWANIE NOWEGO TYPU POŁĄCZEŃ PREFABRYKATÓW W MOSTACH ŻELBETOWYCH ŁUKOWYCH.** Przęsła łukowe stanowią będą uzupełnienie systemu dla przedziału rozpiętości 45–80 m.

Opracowanie nowego systemu połączeń umożliwi znaczne przyspieszenie budowy i obniżenie robocizny. Na rysunkach 2 i 3 pokazano typowy most łukowy z elementów prefabrykowanych. Nowe rozwiązania połączeń elementów są przedmiotem poszukiwań i badań.



Rys. 2. Typowy most łukowy z elementów prefabrykowanych



Rys. 3. Most łukowy w czasie montażu

6. **OPRACOWANIE NOWYCH ROZWIĄZAŃ WYPOSAŻENIA MOSTÓW.** Przewiduje się wykonanie prototypów prefabrykowanych elementów wyposażenia, dających istotne ograniczenie robocizny na placu budowy i przyspieszenie oddania obiektu do eksploatacji. Będą to elementy odwodnienia, elementy krawężnikowe z funkcją mocowania barier i gzymsów, prefabrykaty chodnikowe. Opracowana zostanie technologia nawierzchni betonowych na obiektach mostowych.

Wstępny program poszczególnych zadań przedstawiono w tablicy 1.

Projekt realizowany jest przez międzynarodowe konsorcjum instytucji naukowych biur projektowych i przedsiębiorstw budownictwa infrastrukturalnego, tj. przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów jako lidera w dziedzinie technologii mostowych w Polsce oraz udziałowców konsorcjum: Politechnikę Lubelską, Politechnikę Rzeszowską, Mostmar, Mostmar-Pal, Intop Tarnobrzeg, Intop Szczecin, MS Dobra, Promost Konsulting, Europrojekt Gdańsk, Projekt Bielsko, Schmitt Stumpf Frühauf und Partner Ingenieurgesellschaft mbH München (SSF Monachium).

Zakłada się, że w ciągu niecałych dwóch lat dzięki projektowi *Most w 3 miesiące* powstaną nowe projekty mostów drogowych i kolejowych, charakteryzujące się unikatowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i materiałowymi. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom technologicznym oraz w dziedzinie zarządzania projektami, realizacja budowy mostu będzie możliwa w ciągu kilku miesięcy od momentu wejścia na plac budowy.

Projekt badawczo-rozwojowy *Most w 3 miesiące* pozwoli na zaprojektowanie i wprowadzenie na rynek nowej technologii realizacji obiektów mostowych, w tym szczególnie konstruk-

Tab. 1. Zadania i uszczegółowiony wstępny program prac

Lp.	Zadanie	Wstępny program	
1.	Opracowanie konstrukcji i technologii montażu nowego typu przęsła mostu kolejowego o niskiej wysokości konstrukcyjnej skonstruowanego z wykorzystaniem grubościennych kształowników walcowanych	A	studium techniczno-ekonomiczne, koncepcja typoszeregu, optymalizacja doboru materiałów, projekt wstępny
		B	optymalizacja konstrukcji na modelu komputerowym
		C	budowa modelu w skali 1:1
		D	badania na modelu w skali 1:1
		E	optymalizacja projektu w oparciu o wyniki badań
		F	wykonanie projektów konstrukcyjnego i technologicznego
		G	badania weryfikacyjne obiektu prototypowego
2.	Opracowanie konstrukcji i technologii montażu elementów żelbetowych umożliwiających budowę (lub wzmocnienie istniejących) podpór mostowych z wydatnym ograniczeniem deskowania;	A	studium techniczno-ekonomiczne, koncepcja systemu, optymalizacja doboru materiałów, projekt wstępny
		B	optymalizacja konstrukcji na modelu komputerowym
		C	budowa modelu w skali 1:1
		D	badania na modelu w skali 1:1
		E	optymalizacja projektu w oparciu o wyniki badań
		F	wykonanie projektów technologicznego i wykonawczego
		G	badania weryfikacyjne obiektu prototypowego
3.	Optymalizacja nakładów na wykonywanie (lub wzmocnienie) fundamentów obiektów mostowych	A	studium dostępnych technologii
		B	analiza techniczno-ekonomiczna w aspekcie wykorzystania ciężkiego sprzętu
		C	opracowanie przykładowych rozwiązań fundamentów
		D	opracowanie zasad wyboru optymalnego rozwiązania dla danych warunków geotechnicznych
		E	badania zastosowań dla trzech wybranych technologii, weryfikacja zasad doboru optymalnych rozwiązań
4.	Opracowanie optymalnej konstrukcji i technologii wykonywania połączeń prefabrykowanych dźwigarów w mostach łukowych	A	analiza techniczno-ekonomiczna, projekty wstępne
		B	optymalizacja konstrukcji na modelu komputerowym
		C	budowa serii modeli w skali 1:1
		D	badania na serii modeli w skali 1:1
		E	optymalizacja projektu w oparciu o wyniki badań
5.	Opracowanie konstrukcji i technologii montażu nowego typu przęsła mostu drogowego skonstruowanego z wykorzystaniem prętów ze stali wysokiej wytrzymałości	A	studium techniczno-ekonomiczne, koncepcja typoszeregu, optymalizacja doboru materiałów, projekt wstępny
		B	optymalizacja konstrukcji na modelu komputerowym
		C	budowa modelu w skali 1:1
		D	badania na modelu w skali 1:1
		E	optymalizacja projektu w oparciu o wyniki badań
		F	wykonanie projektów konstrukcyjnego i technologicznego
		G	badania weryfikacyjne obiektu prototypowego
6.	Opracowanie konstrukcji i technologii montażu elementów prefabrykowanych wyposażenia mostu drogowego z wykorzystaniem materiałów nowej generacji	A	studium techniczno-ekonomiczne, koncepcja gamy elementów, dobór materiałów, projekt wstępny
		B	badania przydatności materiałów
		C	badania prototypów elementów

cji połączeń przęseł, zarówno drogowych, jak i kolejowych, o najnowocześniejszych na skalę europejską konstrukcjach i unikatowych systemach montażu, pozwalających zrealizować proces budowy mostu w terenie w możliwie najkrótszym czasie. Innowacyjność projektu, którego koszty w większości zostaną pokryte przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach przedsięwzięcia *Inicjatywa Technologiczna*, odnosi się przede wszystkim do obszaru nowych konstrukcji, nowych materiałów oraz organizacji produkcji. Projekt dotyczy budowy obiektów mostowych o rozpiętości przęseł do 80 m i zakłada w szczególności:

- wprowadzenie najnowocześniejszych konstrukcji, zoptymalizowanych pod kątem osiągania niskiej materiałochłonności i wysokiej trwałości
- wprowadzenie technologii montażu o niskiej pracochłonności, co zredukuje zapotrzebowanie na pracowników sezonowych,

– przeniesienie znacznej części procesu wytwarzania obiektu z placu budowy w warunki przemysłowe, gdzie można znacznie podnieść wydajność pracy,

- uproszczenie procedur kontroli jakości,
- umocnienie polskiego sektora przedsiębiorstw budujących mosty z użyciem nowoczesnych technologii.

Projekt *Most w 3 miesiące* jest przykładem realnej współpracy polskich instytucji naukowych i przedsiębiorców, szukających innowacyjnych rozwiązań, będących skutecznym narzędziem konkurencyjności z zagranicznymi firmami inżynierskimi. Mamy nadzieję, że dzięki przewadze technologicznej konstrukcji i nowym materiałom „mosty w trzy miesiące” będą konkurencyjne na skalę międzynarodową.

\* Prof. nzw. dr hab. inż.; Instytut Badawczy Dróg i Mostów; Politechnika Lubelska.

\*\* Mgr inż.; Instytut Badawczy Dróg i Mostów.