

dr inż. Tomasz Olszewski^{1*)}
mgr inż. Magdalena Sypek²⁾

Praktyczne wykorzystanie BIM w mostownictwie

Konstrukcje mostowe charakteryzują się dużą złożonością, a ich budowa wymaga ścisłej współpracy wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego i rozwiązywania problemów wynikających z obiegu informacji, dokładności oraz krótkiego czasu wykonania. Niezbędna jest też wydajna technologia, która przyspieszy realizację inwestycji, np. Modelowanie Informacji o Budowli (BIM).

Założeniem BIM jest rozpatrywanie procesu powstawania konstrukcji jako całości – od fazy planowania oraz wczesnego etapu projektowania przez produkcję aż do montażu czy rozbiórki. BIM umożliwia łatwą oraz efektywną komunikację i wymianę informacji wszystkich współpracujących podmiotów. Korzyści ze stosowania tej technologii sprawiają, że staje się powszechna także w przypadku konstrukcji mostowych. BIM wykorzystano m.in. przy projektowaniu mostów przez rzekę Vantaa oraz Crusell w centrum Helsinek czy na autostradzie „Bruce Highway” w australijskim Queensland. Zastosowano **oprogramowanie Tekla Structures**, które jest samodzielnym systemem BIM zawierającym rozwiązania konstrukcji stalowych, aluminiowych, drewnianych oraz żelbetonowych prefabrykowanych i monolitycznych. Za pomocą tego przystępnego narzędzia w intuicyjny sposób można projektować i detalować obiekty o różnym przeznaczeniu: od wielorodzinnych budynków mieszkalnych, przez przemysłowe, aż do użyteczności publicznej i sportowych. Program jest kierowany do inżynierów, projektantów i producentów zaangażowanych w projekty konstrukcji mostowych. Tekla Structures została wykorzystana m.in. przez firmę MP-Mosty Sp. z o.o., funkcjonującą na polskim rynku od 2005 r., świadczącą usługi projektowe i konsultingowe w branży mostowej, drogowej, kolejowej, ogólnobudowlanej, geotechnicznej, hydrotechnicznej oraz ochrony środowiska. Biuro specjalizuje się m.in. w optymalizacji konstrukcji inżynierskich, projektach technologii montażu, wykonywaniu dokumenta-

cji warsztatowej konstrukcji stalowych, przy czym jedną z najważniejszych form działania jest praca w systemie „zaprojektuj i wybuduj”. Zespół projektowy firmy MP-Mosty zdobywał doświadczenie m.in. podczas realizacji ronda Ofiar Katynia w Krakowie, kładki dla pieszych w ciągu drogi krajowej nr 7 czy Tunelu Krakowskiego Szybkiego Tramwaju. Obecnie firma jest zaangażowana w budowę łącznicy kolejowej Kraków-Zabłocie – Kraków-Krzemionki, której celem jest uruchomienie szybkiego i bezpośredniego połączenia kolejowego między Krakowem a Skawiną, Oświęcimiem oraz Zakopanem. Inwestorem przedsięwzięcia są PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., a wykonawcą konsorcjum firm: Budimex SA (lider) i Ferrovial Agroman SA (partner). W ramach inwestycji wybudowane zostaną dwa tory na estakadach o łącznej długości 2,6 km, które połączą modernizowane i przebudowywane przystanki osobowe Kraków-Zabłocie i Kraków-Krzemionki. Wartość robót budowlanych oszacowano na 257 978 744,89 PLN.

Charakterystyka inwestycji

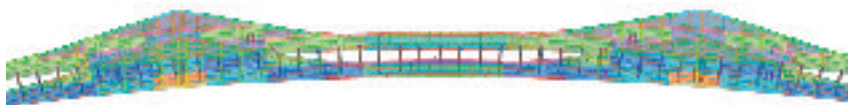
Łącznica składa się z wiaduktu kolejowego WK-1 oraz dwóch estakad: ES-1 (rysunek 1) i ES-2, zlokalizowanych w kra-

stokątny szerokości 0,9 m, wysokości 2,4 i 2,6 m oraz zmienną wysokość (9 m) nad podporami najdłuższego przęsła. W skład estakady ES-2 wchodzi trzy niezależne obiekty: ES-2a (długość 179,4 m), ES-2b (długość 432,9 m) oraz wiadukt WK-2 (długość 87,3 m). Konstrukcja WK-2 składa się z dwóch stalowych dźwigarów poprzecznie połączonych korytem z obetonowanymi poprzecznikami dwuteowymi z blach spawanych.

Praca w programie Tekla Structures

Projekt konstrukcji stalowej opracowano w **programie Tekla Structures**. Model jest nośnikiem danych, zawierających detale i informacje o całym procesie konstrukcyjnym. Operując w przestrzeni 3D mamy bezpośredni podgląd na strukturę, która jest dokładnym, wirtualnym odzwierciedleniem elementów stosowanych na budowie (rysunek 2). Dzięki niemu można przeanalizować różne rozwiązania oraz wyszukać i wyeliminować ewentualne błędy jeszcze przed wytworzeniem dokumentacji. Tym samym unikamy pomyłek w dalszej pracy, oszczędzając czas i pieniądze.

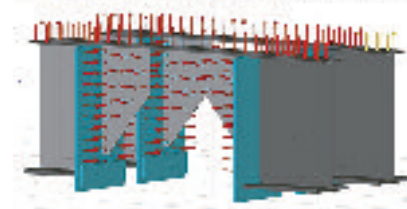
Opracowując model konstrukcji stalowej, bazowano na rzędnych bezwzględ-



Rys. 1. Przęsło 8-9 estakady ES-1 w programie Tekla Structures

kowskiej dzielnicy Podgórze. Wiadukt WK-1 to konstrukcja zespolona, stalowo-betonowa, dwuprzęsłowa, z jazdą górą (długość konstrukcji przęsłowej: 68,2 m). Składa się z dwóch bliźniaczych elementów, z których każdy złożony jest z czterech stalowych dźwigarów (przekrój dwuteowy o wysokości 1,5 m) zespolonych z żelbetowym korytem balastowym, zdylatowanym podłużnie pod każdym torem. Nad podporami utwierdzono dźwigary w żelbetonowych poprzecznikach.

Estakady ES-1 (długość 541 m) i ES-2 mają konstrukcję stalowo-betonową, ciągłą, dwudźwigarową, z jazdą pośrednią. Składają się z dwóch stalowych dźwigarów poprzecznie połączonych ze sobą korytem zespolonym. Dźwigary mają przekrój pro-



Rys. 2. Strefa podporowa wiaduktu WK-1 podczas montażu oraz w modelu Tekla Structures

¹⁾ Construp Sp. z o.o.

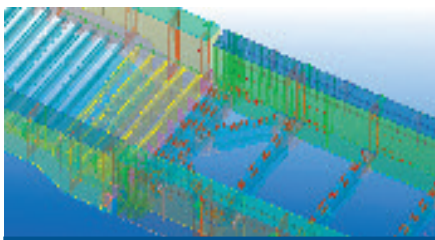
²⁾ MP Mosty Sp. z o.o.

^{*)} Adres do korespondencji:

e-mail: tomasz.olszewski@construp.pl

nych, co umożliwiło kontrolę nad prawidłowym osadzeniem wysokościowym ustroju na podporach. Z kolei weryfikację poprawnego zamodelowania konstrukcji stalowej w planie (rzucie z góry) umożliwiły modele referencyjne w formacie dwg, które stanowiły dane architektoniczne, strukturalne lub mechaniczne w 2D lub 3D, dopełniające się wzajemnie i tworzące konstrukcję. Użytkownicy Tekla Structures mają do dyspozycji bogaty wybór formatów importu i eksportu, ułatwiający bezbłędną wymianę i przesyłanie informacji pomiędzy różnymi systemami.

W celu dostosowania się do etapów robót projekt podzielono na kilka modeli. Pliki referencyjne zaprojektowanych wcześniej etapów realizacji estakad ES-1 i ES-2, przygotowane w formacie IFC (Industry Foundation Classes), wykorzystano do zapewnienia dokładnego styku pomiędzy modelami kolejnych etapów. Użycie modeli referencyjnych stanowiło dodatkową kontrolę nad obszarem dylatacji między obiektami w ciągu estakady ES-2. Umożliwiło to weryfikację wymiarów szczelin dylatacyjnych w planie i na wysokości (rysunek 3).



Rys. 3. Dylatacja pomiędzy obiektami WK-2 i ES-2 w modelu Tekla Structures

Modyfikacje, które inwestor przedstawia w ostatnim momencie, są zazwyczaj bardzo problematyczne. Wykorzystanie oprogramowania BIM ułatwia szybkie reagowanie w takich sytuacjach. Tekla Structures pozwala zapanować nad zmianami, nie dopuszczając do błędów czy nieścisłości. Program automatycznie generuje rysunki i raporty w każdym momencie procesu modelowania. Dokumenty są na bieżąco aktualizowane, ponieważ informacje pochodzą bezpośrednio z modelu. W Tekla Structures mamy do dyspozycji szeroki zakres dokumentacji – od rysunków zestawczych, przez rysunki wykonawcze zespołów, rysunki zbiorcze, aż do raportów materiałowych (także w plikach Excel). W przypadku projektu łącznicy kolejowej przekazywanie dokumentacji odbywa się etapami dostosowanymi do harmonogramu realizacji inwestycji. W pierwszej kolejności wydawane są listy materiałowe, umożliwiające zamówienie

materiału. Drugim etapem jest przekazanie dokumentacji rysunkowej w formacie pdf i dwg, która generowana jest bezpośrednio w programie Tekla Structures. W celu zapewnienia ciągłości pracy wytwórni scalającej elementy wysyłkowe, rysunki przekazywane są partiami.

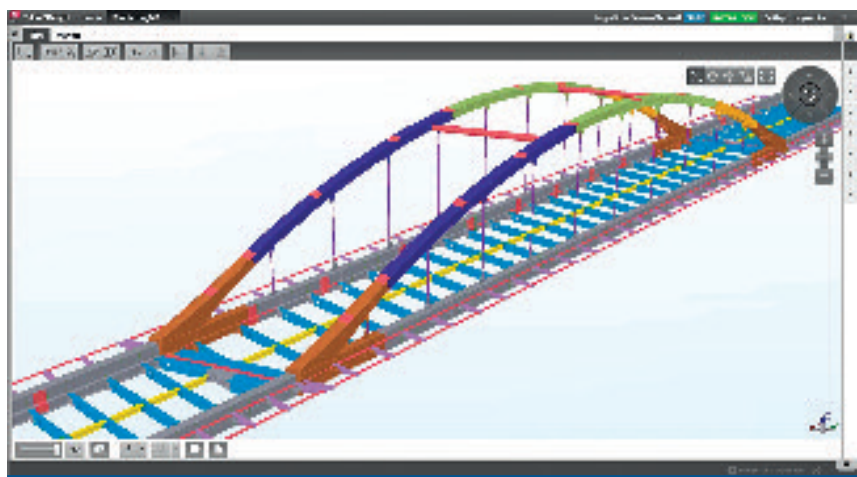
Przy opisywanej inwestycji współpracował zespół czterech osób: dwie osoby modelowały estakady (1 osoba – ES-1, 2 osoba – ES-2), a rysunki wykonywało od 2 do 4 osób (wg potrzeb). Obecnie wydano ok. 400 rysunków (w tym 70 rysunków ogólnych, pozostałe to rysunki zespołów), ale biuro projektowe planuje przekazać ich ok. 800. Na wykonanie modeli wraz z pełną dokumentacją rysunkową przewidziano pięć miesięcy.

W Tekla Structures można wykorzystać tryb „Wielu użytkowników” z siecią LAN lub najnowsze rozwiązanie „Tekla Model Sharing” umożliwiające współdzielenie modelu pomiędzy członków zespołu

tycznym reagowaniu na zmiany wprowadzone w modelu. Użytkownik nie musi przy tym posiadać żadnych umiejętności programistycznych. Funkcję tę wykorzystano także w celu usprawnienia modelowania, oferując komponenty użytkownika m.in. w przypadku poprzecznicy, konsoli pod ekrany akustyczne czy szorstki na dźwigarach.

* * *

Projekt łącznicy kolejowej nie jest pierwszym ani jedynym, w przypadku którego wykorzystano BIM. Wśród innych inwestycji można wyróżnić most na rzece Poprad w miejscowości Piwniczna (rysunek 4), który zajął trzecie miejsce w konkursie Model Competition w 2011 r. Dzięki wykonaniu projektu z użyciem oprogramowania Tekla Structures, modelowanie konstrukcji oraz tworzenie raportów i list materiałowych przebiegało bardzo sprawnie i wydajnie.



Rys. 4. Most w mieście Piwniczna przedstawiony w darmowym oprogramowaniu Tekla BIMsight

projektowego z wykorzystaniem usług w chmurze Microsoft Azure. Ten sposób kooperacji pozwala pracować lokalnie, udostępniając zmiany globalnie, bez względu na lokalizację czy strefę czasową, w której znajdują się członkowie zespołu.

W Tekla Structures znajdują się kompleksowe rozwiązania struktur stalowych i żelbetowych – od prostych połączeń, aż po złożone konstrukcje, jak kratownice lub słupy energetyczne. Komponenty dostępne w Tekla Structures umożliwiły np. sprawne zrealizowanie podniesienia wykonawczego na dźwigarach stalowych omawianych obiektów. Program nie ogranicza użytkownika zawartością swoich bibliotek. Komponenty można tworzyć od podstaw, wykorzystując kreator, który umożliwia m.in. nadawanie „inteligencji”, polegającej na automa-

Wprowadzanie zmian w modelu nie stanowi problemu w przypadku automatycznej aktualizacji raportów, co przy tak dużej liczbie elementów jest kluczowe. Ponadto, dzięki tworzeniu rysunków na bazie wcześniej przygotowanych szablonów na potrzeby firmy, ich edycja przebiega bardzo sprawnie. Wykorzystanie efektywnych i optymalnych rozwiązań BIM w projektach mostowych daje olbrzymie korzyści wszystkim stronom współpracującym przy realizacji konstrukcji tego typu.



Construsoft Sp. z o.o.
tel.: 61 826 00 71
www.construsoft.pl