

MOSTY

ISSN 1896-7663

1/2010

**Konkurs
mostowy
rozstrzygnięty**

**Nowatorska
konstrukcja
wiaduktu
drogowego**

**Iniekcje cementowe
pod podstawami
pali wierconych**

www.elamed.pl

Nowatorska konstrukcja wiaduktu drogowego

Tomasz Kołakowski,
Witold Kosecki, Wojciech Lorenc,
Radosław Leusz

Wiadukt drogowy WD4 prowadzący drogę ekspresową S5 (odcinek od węzła „Stryżek” do węzła „Białe Błota”) oraz drogę dojazdową nad torami PKP zaprojektowano i wybudowano w sposób odbiegający od technologii powszechnie stosowanych, co jest widoczne już w konstrukcji przęsła od spodu (fot. 1).



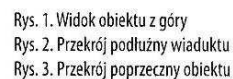
Inwestor: GDDKiA
Projekt: Europrojekt Gdańsk Sp. z o.o.
Wykonawca: BUDIMEX DROMEX SA

Obiekt stanowią 3 niezależne konstrukcje w postaci ram jednoprzęsłowych w dużym skosie (dwie pod obie nitki drogi ekspresowej i jedna pod drogę dojazdową), przy czym kąt skrzyżowania z przeszkodą wynosi tylko 38,36 stopnia (rys. 1).

W pierwotnej wersji obiekt był zaprojektowany jako betonowa rama monolityczna (rys. 2) o rozpiętości 34,66 m mierzonej wzdłuż osi jedni. Na życzenie wykonawcy konstrukcji opracowano projekt zamienny konstrukcji i technologii montażu. Wprowadzenie częściowej prefabrykacji i odpowiedniej technologii realizacji umożliwiło skrócenie czasu realizacji konstrukcji w dostosowaniu do narzuconych zamknięć torowych (rys. 3) przy jednoczesnym zachowaniu przekroju poprzecznego przęsła w formie płyty, jak przewidziano pierwotnie w projekcie.

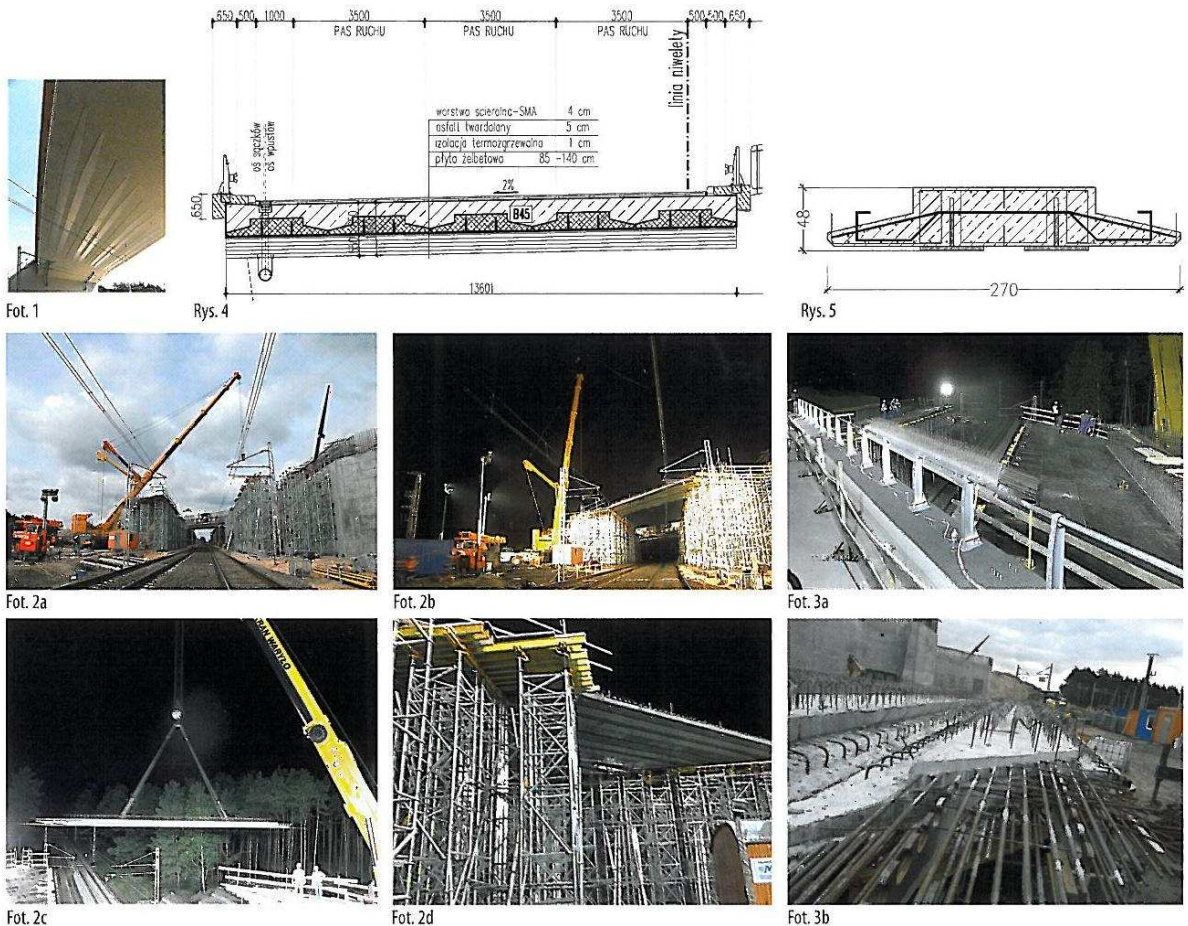
Układ konstrukcyjny

Układ konstrukcyjny każdej z trzech oddzielnych konstrukcji stanowi rama jednoprzęsłowa, złożona z betonowych ścian czołowych posadowionych bezpośrednio na podłożu wzmocnionym kolumnami żwirowymi oraz z ryglu o nowatorskiej konstrukcji zespolonej. Rygiel ramy tworzy konstrukcja zespolona w obszarze przęsłowym oraz betonowa – w obszarze przy podporach. Przekrój przęsłowy tworzą zespolone prefabrykaty typu VFT-WIB® połączone monolitycznie z betonową płytą wykonaną na mokro po ustawieniu prefabrykatów (rys. 4). Do budowy obiektu zastosowano prefabrykaty z częścią stalową wytworzoną ze spawanych blach. Wysokość prefabrykatu wynosi 48 cm. Na pozostałym obszarze płyta jest wykonana jako klasyczny żelbet



Przekrój A-A
skala 1:200





Fot. 1. Widok ramy od spodu
Rys. 4. Przekrój poprzeczny przęsła
Fot. 2. Montaż prefabrykatów (fot. archiwum Budimex Dromex SA)
Fot. 3. a) prefabrykat po ustawieniu (zdjęcie Budimex Dromex), b) prefabrykaty przygotowane do budowy trzeciej ramy – w tle dwie konstrukcje już zrealizowane
Rys. 5. Przekrój poprzeczny prefabrykatu

- o zmiennej wysokości przekroju. W pierwszej fazie prefabrykaty pracują jako swobodnie podparte. Następnie są one połączone w ramę ze ścianami za pośrednictwem płyty betonowej o zmiennej wysokości i wykonywana jest warstwa nadbetonu na prefabrykatkach. W ten sposób powstaje monolityczna rama.

Technologia realizacji prefabrykatów

Prefabrykaty zespolone składają się z dwóch teowników połączonych trwale z betonem poprzez zabetonowanie w nim środniczki z odpowiednimi wycięciami formującymi łączniki stalowe. Teowniki zabezpieczono antykorozyjnie na całej półce dolnej i 30 mm wysokości środniczki. Zaprojektowano je z podniesieniem wykonawczym 81 mm. Belka stalowa w fazie betonowania nie przenosi ciężaru mokrego betonu i zbrojenia, tzn. deskowanie jest podparte jak w przypadku klasycznych prefabrykatów VFT. Należy zwrócić uwagę na to, że ze względu na skos konstrukcji rzędne podniesienia wykonawczego płyty i belki nie są takie same w przekroju prostokątnym do osi dźwigara, tylko w przekroju ukośnym. Rozpiętość teoretyczna prefabrykatów wynosiła 16,82 m.

Technologia realizacji ustroju nośnego

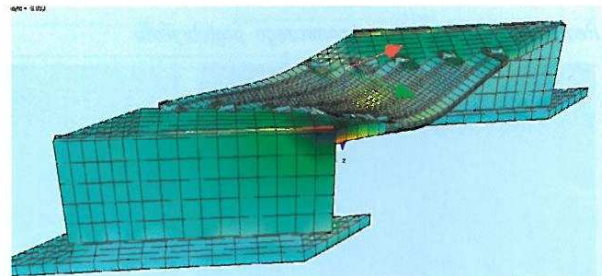
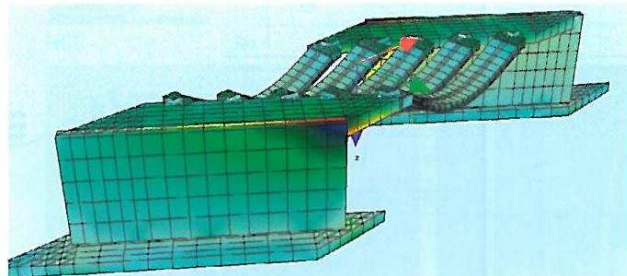
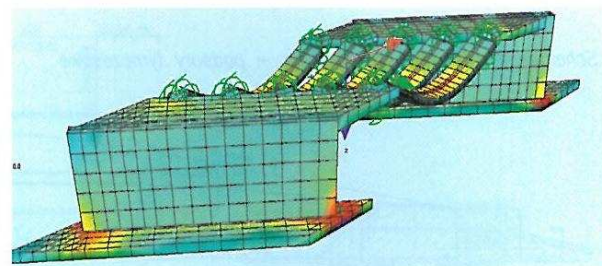
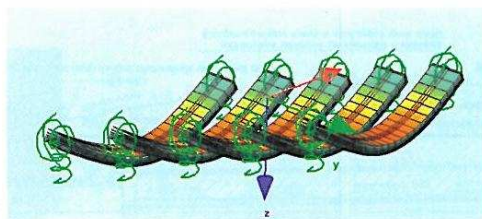
Ściany czołowe przyczółków wykonano do poziomu spodu płyty przęsła, wyprowadzając z naroża odpowiednie zbrojenie. Następnie wykonano podpory tymczasowe poza skrajnią, na których oparto deskowanie płyty o zmiennej grubości oraz same prefabrykaty. Podporę pod jednym końcem prefabrykatu zaprojektowano na siłę pionową o wartości 1600 kN. Rzędne podparcia

tymczasowego uwzględniały podniesienie wykonawcze, które podano na rysunkach konstrukcyjnych – po zwolnieniu podparcia konstrukcja miała osiągnąć pod ciężarem własnym. Prefabrykaty podparto na podporach montażowych oparte dolnymi powierzchniami środniczki stalowego. Generalnie konstrukcja wszystkich prefabrykatów jest taka sama, jednak prefabrykaty skrajne są inaczej zbrojone niż wewnętrzne (dotyczy zbrojenia podłużnego w strefie połączenia z betonem monolitycznym – efekt skosu). Zabezpieczono szczeliny pomiędzy prefabrykatami, aby nie występowały wycieki mleczka przy betonowaniu. Następnie zabetonowano płytę przęsła o zmiennej grubości, pozostawiając niezabetonowany obszar przęsłowy, tj. nad prefabrykatami, a więc odwrotnie w stosunku do klasycznych technologii stosowanych w konstrukcjach zespolonych (najpierw przęsło, potem naroża). Takie rozwiązanie pozwoliło na zastosowanie niskiej wysokości konstrukcyjnej prefabrykatów przy zachowaniu rozsądnego zużycia stali konstrukcyjnej. Po uzyskaniu przez beton odpowiedniej wytrzymałości (układ uciążłony) zwolniono podpory montażowe i następnie zabetonowano pozostały obszar płyty (rys. 6).

Modelowanie i obliczanie konstrukcji

Układ zamodelowano jako klasy e1+e2+e3,p3 (rys. 7). Elementy objętościowe wykorzystano do zamodelowania półprzestrzeni sprężystej. Uwzględniono fazy realizacji konstrukcji połączone ze zmiennością cech przekroju poprzecznego i podparciem montażowym oraz zjawiska reologiczne analogicznie jak dla typowej konstrukcji VFT. Przy projektowaniu oprócz problemów charakterystycznych dla ram w dużym skosie trzeba było uwzględnić wiele dodatkowych czynników wynikających z zastosowanej prefabrykacji i przyjętej technologii realizacji.

Rys. 7



Fot. 4a



Fot. 4b



Fot. 4c

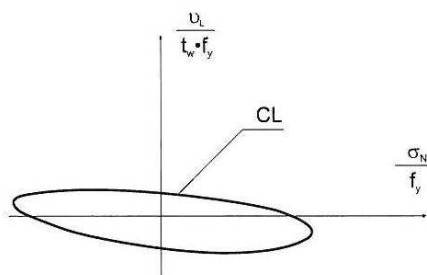


Fot. 5

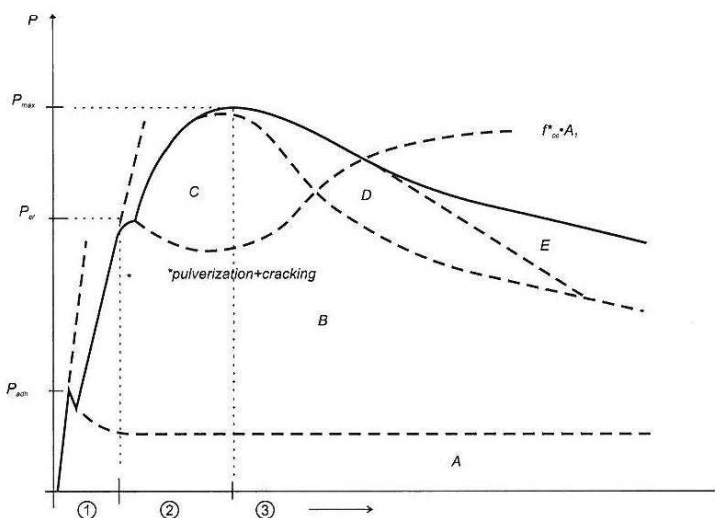
Fot. 4. Technologia wytwarzania konstrukcji stalowej VFT-WIB® (przęsło mostu kolejowego).

Fot. 5. Zrealizowany obiekt – widok z boku Rys. 7. Wizualizacja modelu dyskretnego konstrukcji pod obciążeniem w wybranych fazach jej realizacji (ostatnie: pojazd K w pobliżu środka przęsła)

Rys. 8. Koncepcja nośności stali w zespoleniu zaproponowana przez Lorencę (z lewej) i koncepcja nośności betonu w zespoleniu zaproponowana przez Seidla (2) (z prawej)



Rys. 8



Piśmiennictwo

1. PreCo-Beam: Prefabricated enduring composite beams based on innovative shear transmission. Research Fund for Coal and Steel, Contract N° RFSR-CT-2006-00030. 01/07/2006 – 30/06/2009.
2. Seidl G.: Behaviour and load bearing capacity of composite dowels in steel-concrete composite girders. Rozprawa doktorska. Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej 2009, Raport serii PRE nr 4/2009.

► Kluczowym elementem konstrukcji jest połączenie ścinane pomiędzy stalą konstrukcyjną a betonem. Prace nad opracowaniem zasad projektowania tego rodzaju połączenia ścinanego były przedmiotem między innymi zakończonego w 2009 roku projektu międzynarodowego PreCo-Beam (1). Stosowane obecnie do projektowania zasady wymiarowania betonu podał Seidl (2). Bazują one na metodzie nośności granicznej, klasycznej mechanice konstrukcji i próbach ścinanych zgodnie z Eurokodem 4. Stalowa część przeciętego środka (kształt przecięcia zbliżony do kłotoidy, tzw. CL) jest wymiarowana na podstawie podejścia zaproponowanego przez Lorencę z liniową aproksymacją rozwiązania dla pierwszej ćwiartki (rys. 8) w układzie bezwymiarowych nośności na ścinanie i rozciąganie środka. Jest to koncepcja naprężeniowa. Bazuje ona na wynikach badań (odczyty z tensometrów) i metodzie elementów skończonych oraz uwzględnia interakcję efektów w postaci

naprężeń od globalnego zginania przekroju i ścinania podłużnego zespolenia.

Do wytwarzania konstrukcji stalowej zastosowano technologię opracowaną na potrzeby produkcji dźwigarów VFT-WIB®, przecinając arkusz blachy płaskiej zamiast średnika belki walcowanej.

Podsumowanie

Przedstawiony obiekt jest przykładem nowoczesnej konstrukcji, w której zużycie stali konstrukcyjnej jest ograniczone do minimum i kluczową rolę odgrywa technologia realizacji. Kształtowniki stanowią tu zasadniczo sztywne zbrojenie i są umieszczone w dolnej części przekroju jedynie w strefie rozciąganej.

Niezależnie od zastosowanej konstrukcji prefabrykatów i technologii realizacji przedstawiany wiadukt jest pierwszym obiektem mostowym, do konstrukcji którego zastosowano zespolenie typu *composite dowels* w formie kłotoidy. □