

W inżynierii drogowej mosty stanowiły zawsze jeden z najbardziej trudnych, pracochłonnych i czasochłonnych elementów. Poniżej przedstawiamy ciekawą technologię skracającą czas wykonania mostu. Szczególnie jest ona przydatna w czasach gdy wzrosła niepokojąco ilość zniszczonych przepraw mostowych podczas klęsk żywiołowych, a zwłaszcza powodzi nękających środkową Europę.

Jak szybko zbudować most?



VFT® – prefabrykowane dźwigary zespolone z betonowym deskowaniem aktywnym

Wprowadzenie

Istotna zmiana w ostatnich latach w Niemczech warunków ekonomicznych i wymagań technicznych spowodowały wzrost zainteresowania mostami zespolonymi. Szczególnie inwestorzy publiczni zgłosili zapotrzebowanie na prawidłowe i sprawdzone rozwiązania. Impulsem dla rozwoju mostów zespolonych stały się następujące czynniki:

- eksploatacyjny (zwiększona nośność)
- utrzymaniowy (zwiększona trwałość)
- ekonomiczny (obniżka ceny stali).

Zainteresowanie obiektami zespolonymi potwierdziła liczba tego typu obiektów w publicznych zapytaniach

ofertowych. Dla projektantów stało to się powodem analizy systemu szczególnie dla przejść o małych lub średnich rozpiętościach przęsłowych. W efekcie powstał ekonomicznie uzasadniony dla rozpiętości 20 do 100 m system prefabrykowanych dźwigarów zespolonych tzw. VFT®. System ten to połączenie konstrukcji zespolonych z prefabrykowanymi w jedną zintegrowaną całość.

Od lat 70-tych wykonywano wielodźwigarowe ustroje belkowo-płytowe z dźwigarów sprężonych z szerokimi półkami, które stanowiły jednocześnie deskowanie płyty pomostu. Niestety z uwagi na ciężar własny takich dźwigarów graniczne rozpiętości przęseł wynosiły:

- 30 m dla mostów kolejowych
- 40 m dla mostów drogowych

Należy jednak podkreślić, że w obszarze tych rozpiętości, pomosty z betonu sprężonego z płytą wlewaną na mokro były z uwagi na wysoki stopień prefabrykacji i ułatwiony montaż tańsze od dźwigarów zespolonych. Kolejnym etapem rozwoju zespolonych dźwigarów prefabrykowanych było rozwiązanie polegające na konstruowaniu ustroju nośnego ze stalowych dźwigarów głównych, na których układano tzw. betonowe płyty filigranowe. Stanowiły one tracone deskowanie płyty pomostowej. Zadaniem owych płyt było przenoszenie obciążeń betonu w fazie budowy i współpracy przy przenoszeniu obciążeń eksploatacyjnych w kierunku poprzecznym w fazie eksploatacji. Odmianą omawianych rozwiązań było zastosowanie dźwigarów z betonu zbrojonego, co eliminowało całkowicie na budowie montaż elementów stalowych. To rozwiązanie było również korzystne dla wykonawcy, który mógł w ramach jednego przedsiębiorstwa realizować prace budowlane.

Wymienione doświadczenia wykorzystano przy tworzeniu nowego systemu budowy mostów wspomnianego VFT®. Centralnym elementem systemu jest dźwigar zespolony utworzony z dwuteownika stalowego, na którym to ułożona jest cienka, żelbetowa półka prefabrykowana. Usztywnia ona dźwigar podczas transportu i w fazie betonowania płyty pomostu oraz pracuje w kierunku podłużnym w fazie eksploatacji.

Indywidualna prefabrykacja i szybki montaż

Mówiąc o systemie VFT® należy pamiętać, że współuczestniczą w nim obok inwestora i projektanta:

- Wytwórnia konstrukcji stalowych
- Zakład prefabrykacji
- Przedsiębiorstwo mostowe.

Dźwigary stalowe wykonywane są w wytwórni posiadającej właściwe uprawnienia. Z wytrasowanych blach spawane są dźwigary o geometrii uwzględniającej odkształcenia w kolejnych fazach transportu, montażu i eksploatacji. Do połączenia z półkami prefabrykowanymi, jak i żelbetową płytą pomostu przyspawane są bolce stalowe o zmiennej wysokości. Po sprawdzeniu geometrii dźwigarów stalowych zostają one zabezpieczone antykorozyjnie. Cały proces



2



3

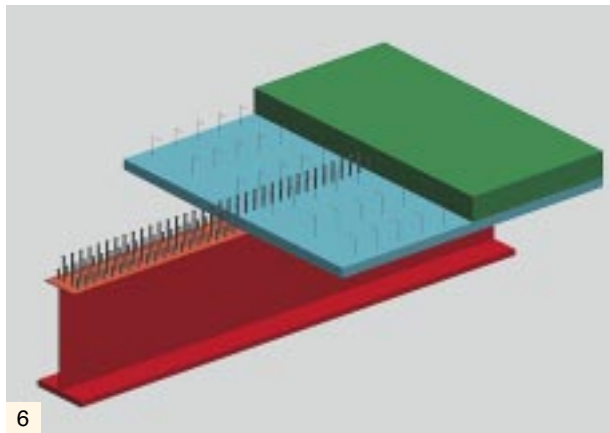


4



5

- 1 → Wiadukt ramowy VFT nad autostradą
- 2 → Kratka ramowa VFT nad autostradą
- 3 → Wiadukt ramowy VFT nad autostradą
- 4 → Estakada nad doliną – dźwigary VFT w układzie ciągłym wieloprzęsłowym
- 5 → Wiadukt nad autostradą – dźwigary VFT w układzie ciągłym w dużym skosie



6

6 ⇒ Schemat ideowy ustroju nośnego z dźwigarami VFT

7 ⇒ Wysyłka dźwigarów VFT z wytwórni

8 ⇒ Montaż dźwigarów VFT

9 ⇒ Wiadukt ramowy VFT



7

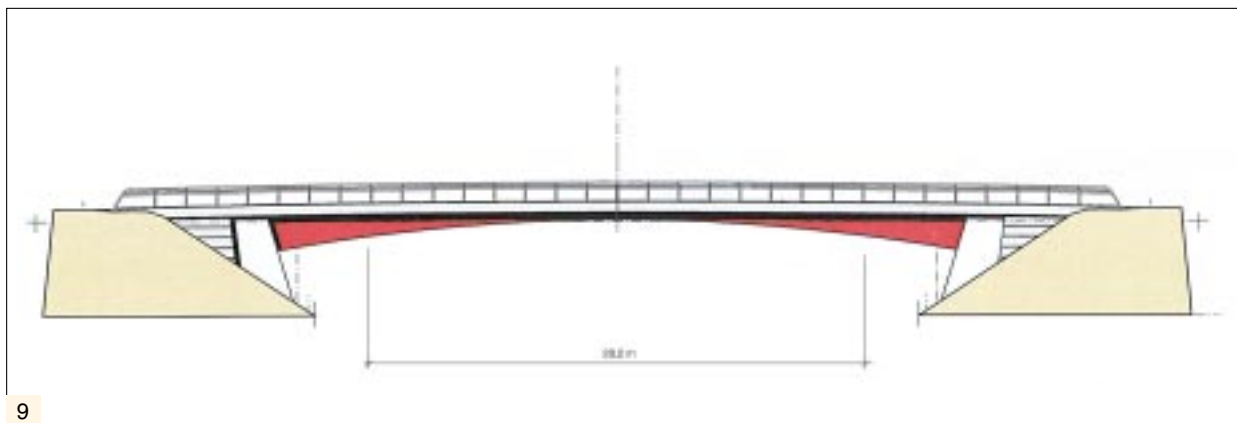


8

odbywa się w wytwórni i nie stanowi zagrożenia dla środowiska naturalnego. Następnie dźwigary ustawiane są na stanowiskach montażowych w taki sposób, aby nie pojawiły się w nich żadne naprężenia. Kolejna faza to ułożenie zbrojenia, zamknięcie deskowania wokół płyty i jej zabetonowanie. Po zabetonowaniu półek dźwigar jest podnoszony z deskowania i ustawiony na placu montażowym w taki sposób, aby zagwarantować stan beznaprężeniowy i zapobiec deformacjom wywołanym skurczem młodego betonu. Po przyjętym okresie dojrzewania betonu dźwigar zostaje specjalnie usztywniony na czas transportu. Na placu budowy dźwigary ustawiane są w planowanych osiach na podporach przy użyciu dźwigów samojezdnych. Montaż ten jest szczególnie korzystny na budowach przecinających ciągi komunikacyjne. Okres zamknięcia ruchu jest bardzo krótki i dotyczy tylko momentu podniesienia dźwigarów na podpory. Zabetonowane na dźwigarach półki betonowe są łączone krótkimi stężeniami poprzecznymi, które po ułożeniu zbrojenia górnego zostają zabetonowane. Nie ma potrzeby montażu dodatkowych stężeń poprzecznych. Skraca to okres budowy i znacznie ją upraszcza. Następna faza budowy to deskowanie poprzecznic skrajnych i podporowych, które betonowane są do górnej powierzchni żelbetowych półek. Końcowa faza budowy to zabetonowanie części górnej płyty pomostu, wykonanie kap chodnikowych, izolacji, nawierzchni, balustrad, i.t.p.

Założenia statyczne

Istotą systemu VFT® jest optymalne wykorzystanie właściwości stali i betonu. Już w stadium montażowym wykorzystany jest przekrój i właściwości betonu do zwiększenia sztywności dźwigara. Ciężar własny betonowanej płyty pomostu nie obciąża tylko prze-



9

kroju stalowego, ale przekrój zespolony – przez co redukują się naprężenia i odkształcenia w tej fazie pracy ustroju zespolonego. W fazie końcowej przekrój zachowuje się jak konstrukcja w pełni zespolona z tym, że na skutek bardzo wczesnego wykorzystania w fazach montażu efektu zespolenia oszczędność na stali wynosi ok. 25 %.

Proste połączenia dźwigarów VFT® z innymi elementami maszynowymi ułatwia stosowanie ich w układach jednoprzęsłowych, ramach oraz układach wieloprzęsłowych ciągłych.

Wymiarowanie musi uwzględniać zarówno fazy eksploatacji jak i montaż oraz transport elementów.

VFT® – atrakcyjna alternatywa dla inwestora, przedsiębiorstwa mostowego i użytkownika

Od momentu opracowania systemu VFT®, stał się on bardzo efektywnym sposobem budowy obiektów w szczególnie trudnych „warunkach lokalnych“. Do dnia dzisiejszego wybudowano w Niemczech ok. 80 mostów tego typu, które przyniosły wymierne korzyści wszystkim uczestniczącym w cyklu inwestycyjnym.

Inwestorom – umożliwił zamawianie ekonomicznych budowli o szczególnych wymaganiach konstrukcyjno-architektonicznych. Rozwiązania te są bardzo atrakcyjne. Wysoki stopień prefabrykacji umożliwia staranną kontrolę produktu i gwarantuje właściwe oraz ekologiczne zabezpieczenie antykorozyjne. Dzięki prostocie przekrojów bieżąca kontrola stanu obiektów jest ułatwiona, a koszty utrzymania są relatywnie niskie. Rezygnacja z podpór pośrednich np. przy wiaduktach nad autostradami podnosi bezpieczeństwo ruchu i nie wymaga kosztownych przepraw w komunikacji oraz wytyczania i zabezpieczenia objazdów.

Przedsiębiorstwom mostowym – minimalne ryzyko wykonawcze. Rozwiązania w systemie VFT® zgłaszane są zwykle jako propozycje alternatywne. Zgłoszenie takie dokonywane jest przy świadomej kalkulacji kosztów opartej na realnym przedmiarze robót i znanym cyklu budowy i nie jest obciążone błędem w wycenie wynikającym z narzuconych przez zamawiającego – często niemożliwych do spełnienia warunków. Czytelniejsza jest też ocena tych propozycji, które nie muszą być rozpatrywane indywidualnie.

Użytkownik – odkrywa zalety systemu natychmiast. Bezkolizyjne wznoszenie obiektu jest przyjazne i bezpieczne dla użytkowników ciągów komunikacyjnych. Na drodze nie pojawiają się urządzenia zabezpieczające budowę, nie ma pojazdów roboczych często kolidujących z ruchem i uciążliwych zatorów. Mała liczba dźwigarów głównych powoduje, że nie-

zbędne zamknięcia są krótkie i praktycznie niezauważalne. Przez walory architektoniczne nowo wznieszone obiekty upiększają krajobraz, w którym pojawiają się nowe estetyczne akcenty.

Dalszy rozwój i perspektywy

System budowy VFT® przyjął się w ostatnich dwóch latach i jest traktowany jako ekonomiczne i spraw-



10



11



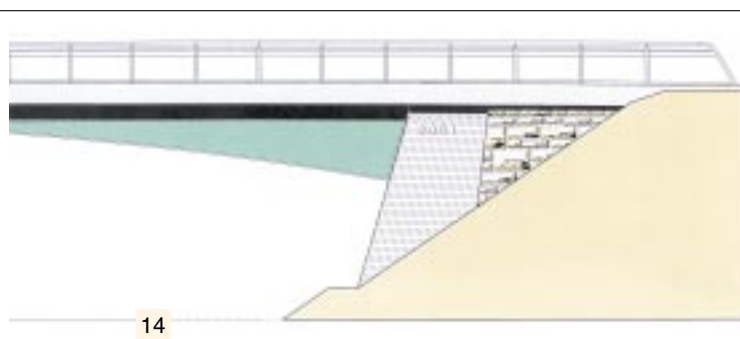
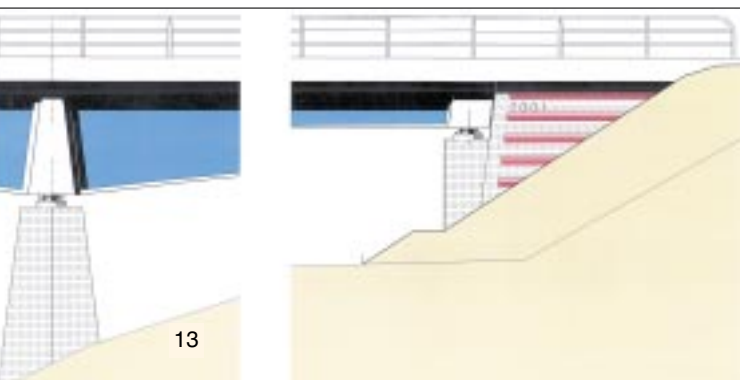
12

10 ➔ Dźwigar VFT
11 ➔ Most kolejowy z dźwigarami VFT
12 ➔ Montaż dźwigarów VFT nad koleją – bez przerw w ruchu kolejowym

dzione rozwiązanie. O popularności systemu zadecydowały następujące fakty:

- niskie z uwagi na oszczędności materiałów koszty budowy,
- krótki czas realizacji, wynikający z wysokiego stopnia prefabrykacji,
- pewna kalkulacja kosztów,
- łatwa kontrola stanu obiektu,
- trwałość obiektów

System VFT® rozwija się dalej i znajduje nowe obszary



- 13 → Filar i przyczulek wiaduktu VFT wieloprzęsłowego opartego na łóżyiskach
 14 → Przyczulek wiaduktu ramowego VFT
 15 → Pierwszy krajowy dźwigar VFT dla mostu w Dębicy

ry zastosowań. Wzrasta zastosowanie w przejściach nad ciągami komunikacyjnymi, szczególnie tam gdzie można zastąpić konstrukcje dwuprzęsłowe z środkową podporą pośrednią, ramami jednoprzęsłowymi. Istotnym elementem decydującym o sukcesie systemu VFT® w przetargach jest minimalizowanie kosztów związanych z organizacją i zabezpieczeniem ruchu zarówno na ciągach komunikacji samochodowej jak i kolejowej. Szczególne znaczenie może znaleźć system VFT® w budownictwie kolejowym gdzie inwestycje realizowane są w trudnych warunkach przestrzennych i przy rygorystycznych ograniczeniach czasowych. System pozwala konstruować przęsła o bardzo niskiej wysokości konstrukcyjnej i małych odkształceniach, które z powodzeniem można zastosować do modernizacji obiektów nad czynnymi trakcjami kolejowymi.

Rynek w budownictwie mostowym jest dynamiczny. Dalsze perspektywy otwierają się w konstruowaniu mostów z dźwigarami VFT® przez przeszkody wodne. Do transportu można użyć dróg wodnych, na których jedynym ograniczeniem gabarytowym są światła śluz. Możliwe jest również użycie dźwigarów VFT® jako elementów drugorzędnych w konstrukcjach kratowych i łukowych.

Uwzględniając wyżej wymienione uwagi należy sądzić, że system VFT® odegra w przyszłości ważną rolę w budownictwie mostowym.

Doświadczenia krajowe

Doceniając zalety systemu VFT® autorzy opatentowanej technologii tj. biuro projektów Schmitt Stumpf Fruhauf und Partner Ingenieurgesellschaft im Bauwesen mbH z Monachium wspólnie ze swym polskim partnerem biurem Europrojekt Gdańsk sp. z o.o. nawiązały ścisłą współpracę z Pracownią Projektowo Innowacyjną IBDiM – celem wdrożenia tej technologii w kraju. W efekcie powstał projekt przęsła integralnego składającego się z czterech dźwigarów VFT®.

Kolejnym etapem wdrożenia było opracowanie technologii wytwarzania elementów w oparciu o materiał i krajowe możliwości produkcyjne. Na targach Autostrada 2002 w Kielcach IBDiM wystawił pierwszy w Polsce Dźwigar VFT® całkowicie zaprojektowany i wykonany w Polsce. Proces projektowo-produkcyjny udowodnił, że w/w technologia umożliwia realizację obiektów, których koszt jest znacznie niższy od obiektów wykonywanych w technologii tradycyjnej. Montaż obiektu z tych elementów nastąpi na jesieni b.r.

Mgr inż. Tomasz Kołakowski
mgr inż. Witold Kosecki
dr inż. Andrzej Marecki

