

Artykuł prezentuje rozwiązania konstrukcyjne obiektów mostowych na budowanej drodze ekspresowej S-51 między Olsztynem a Olsztynkiem z punktu widzenia projektanta. W szczególności opisano estakadę długości ponad 400 m i sposób jej wykonania.



Fot. 1. Obiekt 8 – nasuwanie konstrukcji stalowej (fot. M. Czerepowicki)

# Obiekty mostowe na drodze ekspresowej Olsztyn – Olsztyniek

okiem projektanta

mgr inż. Mateusz Stefańczyk  
Optem

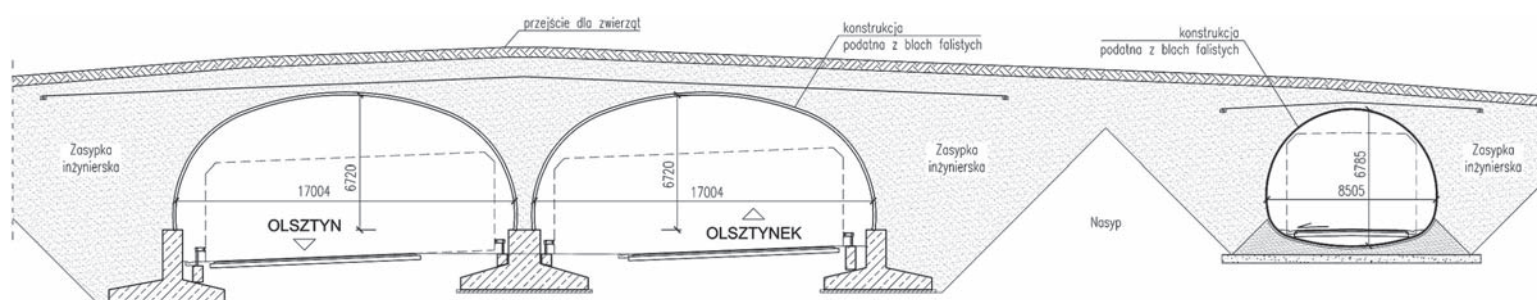
**G**łówne cele zaprojektowanej i aktualnie budowanej trasy drogowej S-51 łączącej Olsztyn z Olsztynkiem to: zwiększenie dostępności komunikacyjnej ośrodków miejskich leżących poza Transeuropejską Siecią Transportową TEN-T, zwiększenie bezpieczeństwa oraz odciążenie pobliskich miejscowości od zwiększonego ruchu drogowego. Dzięki nowej drodze Olsztyn, stolica województwa warmińsko-mazurskiego, zyska bezpośrednie połączenie z siecią dróg ekspresowych i autostrad. Omawiany odcinek rozpoczyna się w węźle Olsztyn Południe (wykonywanym w ramach budowy obwodnicy

## SUMMARY

**Bridge structures designed within the S-51 Olsztyn – Olsztyniek expressway**

The article presents bridge solutions designed for the S-51 Olsztyn – Olsztyniek expressway. In particular the construction of the over-400-metre-long bridge over the Pasłęka river valley is described in detail

**Keywords:** S-51, Olsztyn – Olsztyniek, bridge structures, expressway bridges, optimised bridge design



Rys.1 Obiekty 3 i 3A (źródło: materiały firmy Optem s.c.)



Fot. 2. Obiekty WD-3 i 3 (fot. M. Czerepowicki)

Olsztyna), a kończy w okolicy węzła Olsztynek Wschód (wykonanego w ramach budowy obwodnicy Olsztyńska). Droga poprowadzona jest w większej części po śladzie istniejącej DK 51.

Podstawowe parametry drogi ekspresowej:

- długość trasy: 13,3 km,
- przekrój drogi: 2 x 2 (rezerwa pod 3 pas ruchu),
- liczba obiektów inżynierskich: 19, w tym:
  - 11 obiektów w ciągu S-51 (m.in. estakada długości 423,2 m, przejścia dla zwierząt oraz mosty),
  - 4 wiadukty nad S-51 (m.in. przejście dla zwierząt dużych),
  - 4 obiekty w ciągu pozostałych dróg.

Projekt drogi opracowała firma Lafrentz Sp. z o.o. Obiekty inżynierskie zaprojektowało biuro Optem, natomiast generalnym wykonawcą została firma Energopol Szczecin S.A. Projekt pierwotny powstał w roku 2009, natomiast 5 lat później wykonana została aktualizacja niektórych obiektów inżynierskich.

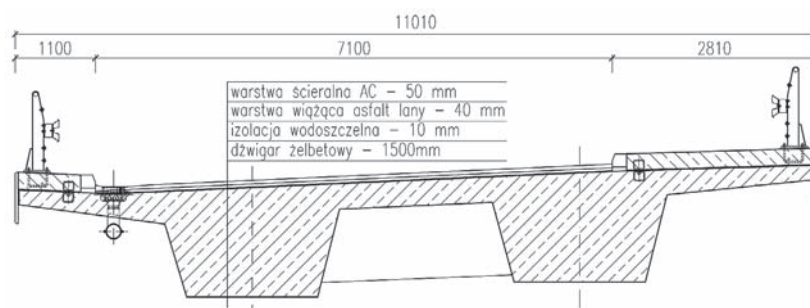
### Rozwiązania konstrukcyjne obiektów mostowych

Wymagane funkcje i przeszkody ukierunkowały dobór różnorodnych typów konstrukcji oraz przekrojów dla poszczególnych obiektów inżynierskich. Zdecydowano się w głównej mierze na konstrukcje z elementów prefabrykowanych. Takie rozwiązania umożliwiają ekonomiczne i szybkie wykonawstwo obiektów.

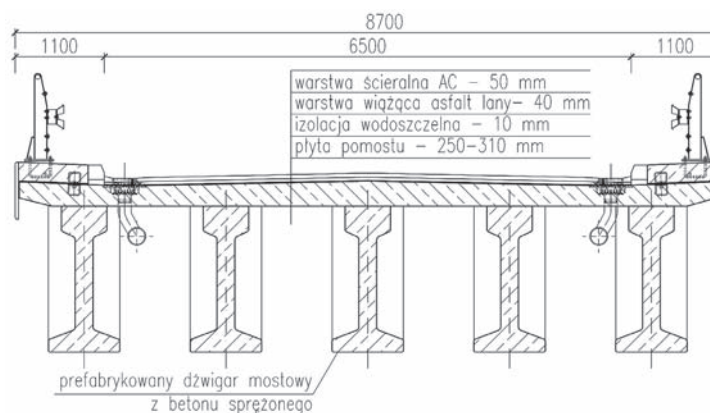
Poniżej przedstawiono typy konstrukcji zastosowane na drodze S-51.

### Wiadukty z prefabrykatów żelbetonowych o konstrukcji ramowej – 2 obiekty (fot. 10)

Elementy prefabrykowane tworzą ramę wiaduktu (element górny oparty przegubowo na dwóch elementach dolnych). Z prefabrykatów zaprojektowano również ściany oporowe trzymające nasyp. Zespoleń prefabrykatów założono poprzez zazbrojenie i zalanie betonem specjalnych zamków oraz wykonanie fundamentu. Na górze prefabrykatów przewidziano monolityczną płytę żelbetową. Ze względu na potrzebne niewielkie rozpiętości konstrukcje te wykorzystane zostały dla przejazdów gospodarczych pod drogą główną. Dodatkowymi zaletami takich rozwiązań są również szybkość wykonania oraz trwałość.



Rys. 2. Obiekt WD-3 (źródło: materiały firmy Optem s.c.)



Rys. 3. Obiekt 8A (źródło: materiały firmy Optem s.c.)

### Konstrukcje podatne z blach falistych – 7 obiektów (rys. 1, fot. 2)

Konstrukcje z blach falistych wykorzystano głównie do konstrukcji przejść dla zwierząt zarówno pod drogą główną, jak i przejścia dla zwierząt dużych nad S-51. Konstrukcje otwarte dołem oparto na monolitycznych fundamentach (posadowionych bezpośrednio lub na palach), a obiekty o przekroju zamkniętym posadowiono bezpośrednio na materacach kruszywowych. Wyróżnić należy szczególnie obiekty 3 i 3A stanowiące przejście górą dla zwierząt dużych, średnich i małych. Przejście poprowadzone jest ponad trasą S-51 oraz biegnącej wzdłuż niej drogi zbiorczej. Przejście składa się z trzech konstrukcji podatnych z blach falistych, współpracujących z gruntem. Nad trasą drogi głównej (obiekt 3) zaprojektowano 2 obiekty łukowe otwarte dołem, zamo-



Fot. 3. Objekt WD-16 – konstrukcja dwudźwigarowa żelbetowa (fot. A. Makowska)



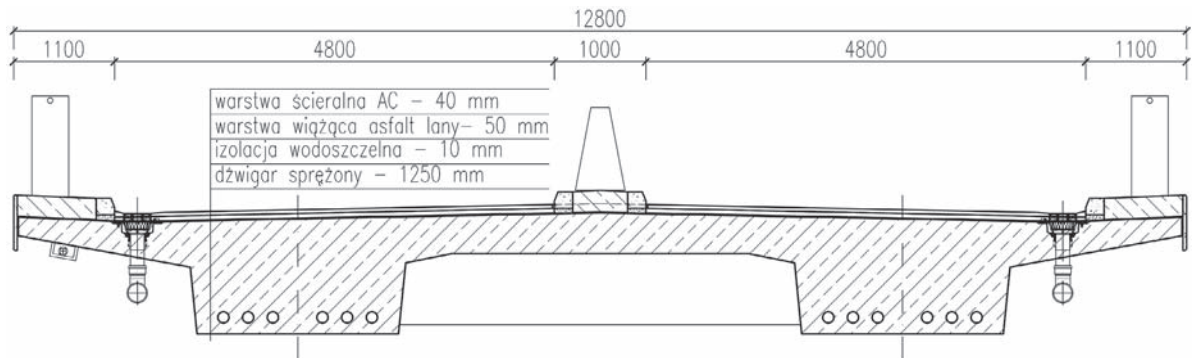
Fot. 4. Objekt WD-13 – konstrukcja sprężona (fot. M. Czerepowicki)



Fot. 5. Objekt 8 – nasuwanie konstrukcji stalowej (fot. A. Makowska)



Fot. 6. Objekt 8 – łożyska ślizgowe w trakcie nasuwania (fot. A. Makowska)



Rys. 4. Objekt WD-13 (źródło: materiały firmy Optem s.c.)

- cowane do ław fundamentowych (w pasie rozdziału na wspólnej ławie). Nad drogą zbiorczą zaprojektowano konstrukcję zamkniętą w przekroju poprzecznym, posadowioną bezpośrednio na podsypce kruszywowej. Droga S-51 w miejscu przejścia dla zwierząt prowadzona jest w łuku poziomym. Z tego względu konieczne było wykonanie tuneli w kształcie łamanej w planie, aby nie zwiększać ich rozpiętości.
- Podstawowe parametry techniczne obiektów:
- długość obiektu: 72,5 m (ob. 3), 70,94 m (ob. 3A),
  - światło poziome: 2 x 16,35 m (ob. 3), 8,5 m (ob. 3A),
  - światło pionowe profilu: 6,72 m (ob. 3), 6,79 m (ob. 3A).
- W momencie projektowania omawianych obiektów podatnych z blach falistych (2009 r.) wybór analogicznych konstrukcji z betonu zbrojonego był niewielki. Obecnie dostępność takich konstrukcji jest o wiele szersza. Ze względu na niewątpliwe zalety prefabrykowanych łupinowych konstrukcji z betonu (większa trwałość ze względu na wyższą klasę betonu, większa szczelność dzięki zastosowaniu kilku systemów izolacyjnych jednocześnie, ekonomika rozwiązania – m.in. brak konieczności odnawiania powłok antykorozyjnych i możliwość uzyskania niskiego zużycia materiału) obecnie wybór tego rozwiązania wydaje się bardziej uzasadniony (patrz: „Mosty” 6/2016, s. 71-74).

Konstrukcje łukowe stalowe bądź łupinowe żelbetowe wpisują się również łagodnie w otaczający krajobraz. Ma to duże znaczenie zwłaszcza w przypadku przejść dla zwierząt.

### **Dwudźwigarowe, monolityczne wiadukty żelbetowe – 2 obiekty (rys. 2, fot. 3)**

Ze względu na sporą krzywiznę obiektów w planie oraz możliwość wykonania rusztowań roboczych zdecydowano się na konstrukcje belkowe żelbetowe, monolityczne. Są to typowe, stosunkowo proste i szybkie w wykonaniu wiadukty nad trasą główną.

### **Obiekty o konstrukcji z prefabrykowanych belek strunobetonowych – 5 obiektów (rys. 3, fot. 8-9)**

Strunobetonowe belki typu IG dzięki swojej możliwej dużej rozpiętości (sięgającej nawet 42 m) pozwoliły zaprojektować ekonomiczne i stosunkowo szybkie w montażu obiekty nad ciekami wodnymi, gdzie możliwość ustawienia rusztowań jest z reguły utrudniona. Dodatkowo wysokość konstrukcyjna pomostu nie była kwestią istotną. W przypadku obiektu 8A uzyskano rozpiętość obiektu jednoprzęsłowo rzędu 34 m (fot. 8-9).



Fot. 7. Obiekt 8 – betonowanie płyty pomostu (fot. A. Makowska)



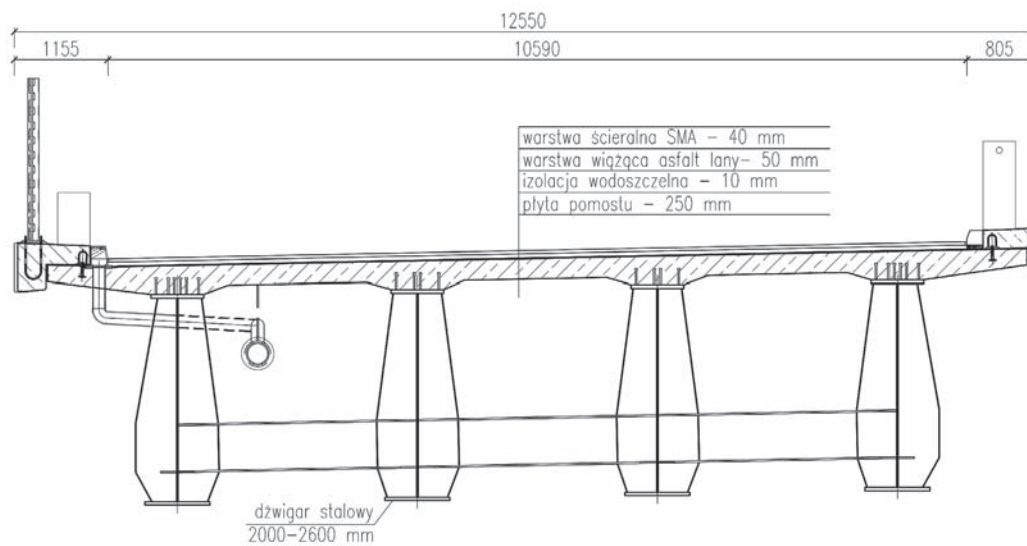
Fot. 8. Obiekt 8A – układanie belek strunobetonowych (fot. A. Makowska)



Fot. 9. Obiekt 8A – betonowanie płyty pomostu (fot. A. Makowska)



Fot. 10. Obiekt PG-1 – konstrukcja ramowa prefabrykowana (fot. A. Makowska)



Rys. 5. Obiekt 8 (źródło: materiały firmy Optem s.c.)

Po wykonaniu przyczółków ustawienie wszystkich 5 dźwigarów pomostu zajęło jeden dzień. Dźwigary, co również wpłynęło istotnie na koszty, stanowiły także podparcie dla deskowania płyty pomostu. Warto zwrócić uwagę na mniejszą liczbę dźwigarów w przekroju poprzecznym w stosunku do innych rozwiązań belek prefabrykowanych, co umożliwia optymalizację zużycia materiału.

### Dwudźwigarowe, monolityczne wiadukty z betonu sprężonego – 2 obiekty (rys. 4, fot. 11-13)

Dla obiektów o prostoliniowej geometrii w planie oraz z możliwością wykonania rusztowań pod deskowania zdecydowano się na konstrukcje monolityczne z betonu sprężonego. Dla obiektów nad drogami o dwóch osobnych jezdniach stanowią one bardzo ekonomiczne rozwiązanie i są powszechnie stosowane przez projektantów w analogicznych sytuacjach.

### Konstrukcja wielodźwigarowa zespolona, stalowo-betonowa – 1 obiekt rys. 5, fot. 1, 5-7)

Najważniejszy i zarazem największy obiekt na projektowanej trasie stanowi estakada nr 8 biegnąca poprzez dolinę rzeki Pasłęki. Teren ten jest chroniony w ramach sieci obszarów Natura 2000. Uwarunkowania środowiskowe wpłynęły zarówno na konstrukcję, jak i na sposób montażu. Efekt końcowy umożliwił zachowanie bezcennych walorów obszaru wokół rzeki Pasłęki bez konieczności wykonywania pomnikowych i widowiskowych (choć niezwykle kosztownych) konstrukcji łukowych lub podwieszonych. Zaprojektowano 2 bliźniacze, równoległe estakady, z których każda będzie przeprowadzała jedną jezdnię drogi S-51 ponad dolinę rzeki Pasłęki oraz drogą dojazdową. Geometria w planie to prosta.

Podstawowe parametry techniczne:

- długość pomostu: 423,18 m,
- rozpiętości przęsł: 46 m + 5 x 66 m + 46 m,
- klasa obciążeń: A wg PN-85/S-10030 + STANAG 150.



Fot. 11. Obiekt WD-13 – konstrukcja sprężona w trakcie budowy (fot. A. Makowska)



Fot. 13. Obiekt WD-13 – podpora skrajna oraz mury oporowe z gruntu zbrojonego optemBLOK (źródło: materiały firmy Optem s.c.)



Fot. 12. Obiekt WD-13 – widok pomostu od spodu (źródło: materiały firmy Optem s.c.)



Fot. 14. Obiekty 9 i 9A – konstrukcja z belek prefabrykowanych, strunobetonowych typu I oraz mury oporowe z gruntu zbrojonego optemBLOK (źródło: materiały firmy Optem s.c.)

Pomost każdej jezdni stanowią 4 dźwigary stalowe zespolone z żelbetową płytą grubości min. 24 cm. Dźwigary połączone są poprzecznkami w rozstawie 4,4 m. W przęsłach skrajnych wysokość dźwigarów wynosi 2,0 m, a na pozostałej długości 2,6 m.

Podpory skrajne stanowią przyczółki masywne. 6 podpór pośrednich zaprojektowano w formie dwóch żelbetowych filarów o przekroju owalnym zwieńczonych górną ocepem. Ze względu na skomplikowane warunki gruntowe w dolinie rzeki zdecydowano się na posadowienie pośrednie obiektu. Zaprojektowano pale przemieszczeniowe typu Vibro-Fundex średnicy  $\varnothing 508/560$  mm oraz  $\varnothing 610/660$  mm. Długości pali znajdują się w przedziale od 11,6 m do 24,6 m. Pale zaprojektowano jako pionowe oraz pochylone. Pod obiekt przewidziano łącznie 404 pale o łącznej długości 6611 m (198 pali średnicy  $\varnothing 610/660$  mm o łącznej długości 3592 m oraz 206 pali średnicy  $\varnothing 508/560$  mm o łącznej długości 3412 m).

#### Technologia montażu konstrukcji stalowej

Ze względów technologicznych część stalowa pomostu dostarczona została na teren budowy w segmentach, które były scalane na miejscu. Wykonawca biorąc pod uwagę wytyczne środowiskowe oraz przyczyny ekonomiczne, zdecydował się na montaż konstrukcji metodą nasuwania podłużnego. Stanowisko startowe założono za jedną z podpór skrajnych i następnie wypychano kolejne segmenty. Czynność nasuwania odbywała się za pomocą hydraulicznych siłowników. Podczas jednego ruchu tłoka przesuwano w ciągu 15-30 minut ważący 300 ton element przęsła o długość 50 cm.

Na przedzie konstrukcji zamocowany był element pomocniczy – awanbek, a na podporach pośrednich – łożyska ślizgowe (fot. 6) umożliwiające swobodny przesuw podłużny (rozebrane po montażu łożysk docelowych). Tą metodą nasunięto konstrukcję między przęsłami 2 i 8. W momencie dotarcia do przęsła między podporą

1 i 2 awanbek został zdemontowany i ostatni fragment konstrukcji stalowej wykonano przy pomocy dźwigów i podpór tymczasowych. Pomosty obu jezdni nasuwano były jednocześnie. Całość prac związanych z nasuwem i montażem konstrukcji stalowej zajęła ok. 4,5 miesiąca.

#### Technologia betonowania płyty pomostu

W celu ograniczenia rys termiczno-skurczowych przyjęto zmniejszenie długości betonowanej płyty w poszczególnych fazach (fot. 7). Przyjęto betonowanie „krokowe” (w pierwszej kolejności betonowane były dwie kolejne części przęsłowe, a w kolejnym etapie – zamykające części podporowe).

#### Konstrukcje oporowe (fot. 13-14)

Mury oporowe trzymające nasypy przy obiektach mostowych zaprojektowano w technologii gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków drobnowymiarowych optemBLOK stanowiących ekonomiczną i estetyczną alternatywę dla rozwiązań monolitycznych lub prefabrykowanych z betonu zbrojonego (patrz: „Mosty” 1/2017, s. 30-33).

#### Podsumowanie

Ze względu na różnicowanie przeszkód, które należało przekroczyć, potrzebę zastosowania ekonomicznych rozwiązań, projektanci musieli podejść indywidualnie do każdego obiektu i dobrać optymalne rodzaje konstrukcji, opierając się na pokusie wykonania obiektów, być może efektywnych, ale zarazem kosztownych. Wysoki stopień prefabrykacji pomostów (jak i całych konstrukcji) pozwolił osiągnąć ten cel, umożliwiając szybką i stosunkowo taną budowę.

Zwrócić należy również uwagę na bardzo dobrą współpracę między zamawiającym (GDDKiA o/Olsztyn), wykonawcą (Energopol Szczecin S.A.) oraz projektantem (Lafrentz Sp. z o.o. i Optem). Umożliwiła ona optymalizację przyjętych rozwiązań (zwłaszcza w obszarze posadowień) już na etapie budowy. □