

Fot. 1. Obiekt MS-25 – widok z góry (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Obiekty mostowe na drodze S-5 Poznań – Wrocław

na odcinku Korzeńsko – Wrocław
– zadanie 2. okiem projektanta

Artykuł prezentuje rozwiązania konstrukcyjne obiektów mostowych na budowanej drodze ekspresowej S-5 między Poznaniem i Wrocławiem. Szczególną uwagę poświęcono rozwiązaniom posadowień obiektów inżynierskich.

Niezbędna do rozwoju regionu i w konsekwencji rozwoju całego kraju zaprojektowana i aktualnie budowana droga ekspresowa S-5 Poznań – Wrocław na od odcinku Korzeńsko – Wrocław będzie spełniać wiele zadań:

- umożliwi połączenie województwa dolnośląskiego z krajową siecią dróg ekspresowych i autostrad (w tym z układem dróg północnej Polski);
- skomunikowanie autostrady A2 z autostradą A4;
- przejmie ciężki ruch z istniejących dróg krajowych i wojewódzkich oraz odsunie go od obszarów zabudowanych;
- skróci czas przejazdu oraz zwiększy komfort i bezpieczeństwo jazdy;
- umożliwi ograniczenie emisji spalin oraz hałasu w stosunku do aktualnego układu drogowego;
- zapewni rozwój gospodarczy okolicznych terenów.

Cały odcinek podzielono na 3 zadania. Omawiane zadanie 2. to odcinek długości ok. 13,80 km, który zaczyna się w okolicy miejscowości Krościna Wielka (nieдалеко Prusic), a kończy przed miejscowością Marcinowo. Nowa droga prowadzona jest równoległe do istniejącej drogi krajowej nr 5.

Kontrakt w systemie „projektuj i buduj” (wraz z optymalizacją istniejących rozwiązań projektowych) wygrała firma Dragados S.A. Projekt drogi opracowała firma Lafrentz Sp. z o.o. Obiekty inżynierskie zaprojektowało biuro Optem. Projektanci opierali się na pierwotnej dokumentacji opracowanej przez firmę Transprojekt Warszawa Sp. z o.o.

SUMMARY

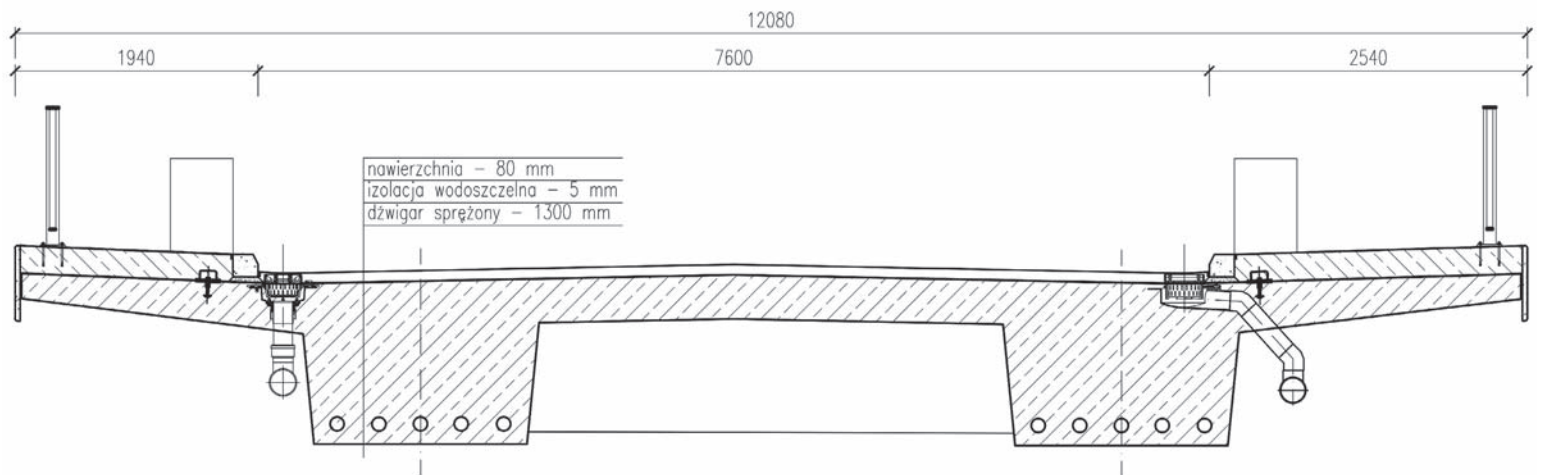
Bridge structures designed within the S-5 Poznań – Wrocław expressway (Korzeńsko – Wrocław section – Task 2)

The article presents bridge solutions designed for the S-5 Poznań – Wrocław expressway. In particular the bridge foundation issues are described in detail.

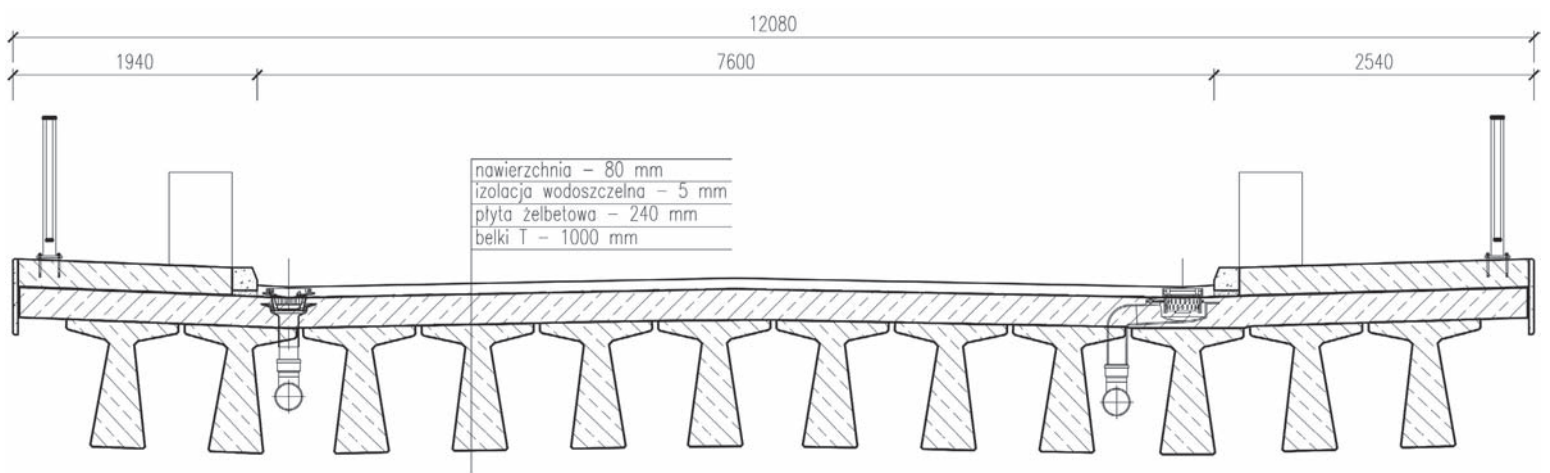
Keywords: S-5, Poznań-Wrocław, bridge structures, expressway bridges, optimised bridge design, foundation, piles



Fot. 2. Węzeł Krościna – Obiekty WD-16 i WD-16A (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Rys. 1. Obiekt WD-17 – propozycja konstrukcji monolitycznej z betonu sprężonego. Źródło: materiały firmy Optem



Rys. 2. Obiekt WD-17 – konstrukcja z prefabrykowanych belek strunobetonowych typu T – realizowana. Źródło: materiały firmy Optem



Fot. 3. Obiekt MS-25 – montaż prefabrykowanych belek typu T (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)

Zamawiającym jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Odział we Wrocławiu.

Podstawowe parametry projektowanej drogi ekspresowej:

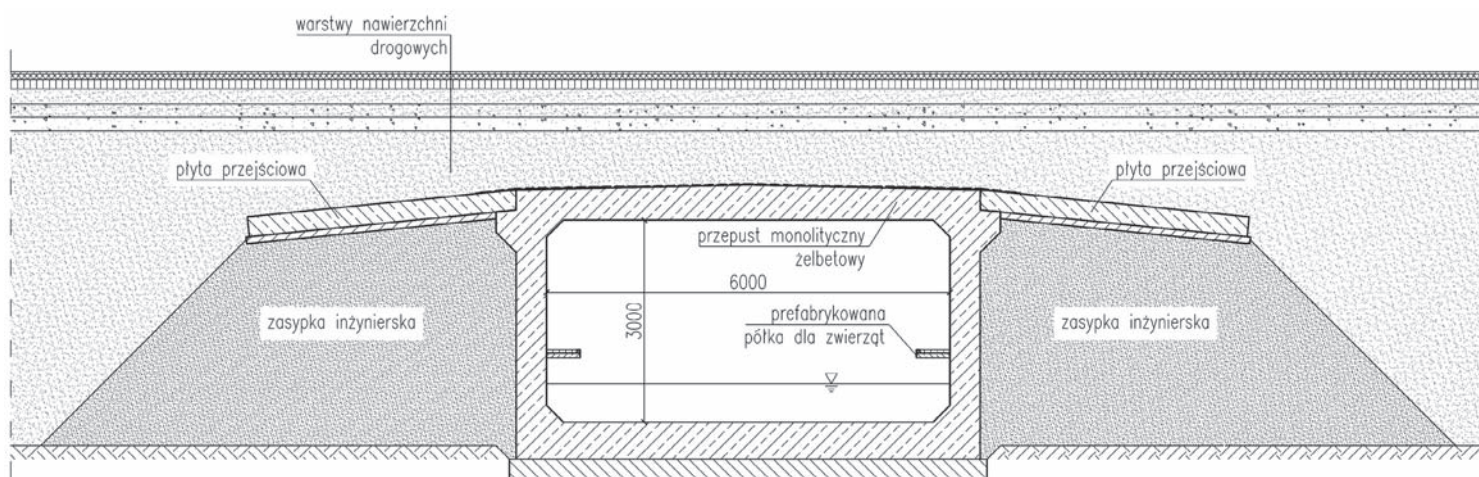
- długość trasy: 13,8 km,
- przekrój drogi: 2 x 2 (rezerwa pod trzeci pas ruchu),
- liczba obiektów inżynierskich: 36, w tym:
 - 5 obiektów w ciągu S-5,
 - 9 wiaduktów nad S-5,
 - 22 przepusty skrzynkowe pod S-5.

Ogólne rozwiązania konstrukcyjne obiektów mostowych

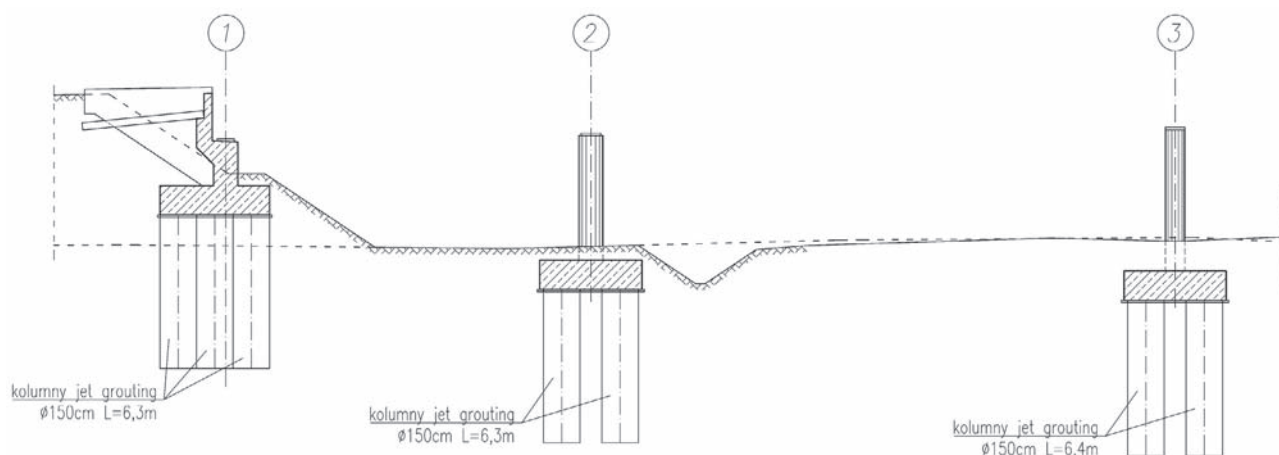
Mosty i wiadukty

Dość sztywne zapisy programu funkcjonalno-użytkowego, stanowiącego wytyczne do projektowania obiektów inżynierskich, zawężyły istotnie możliwość daleko idącej

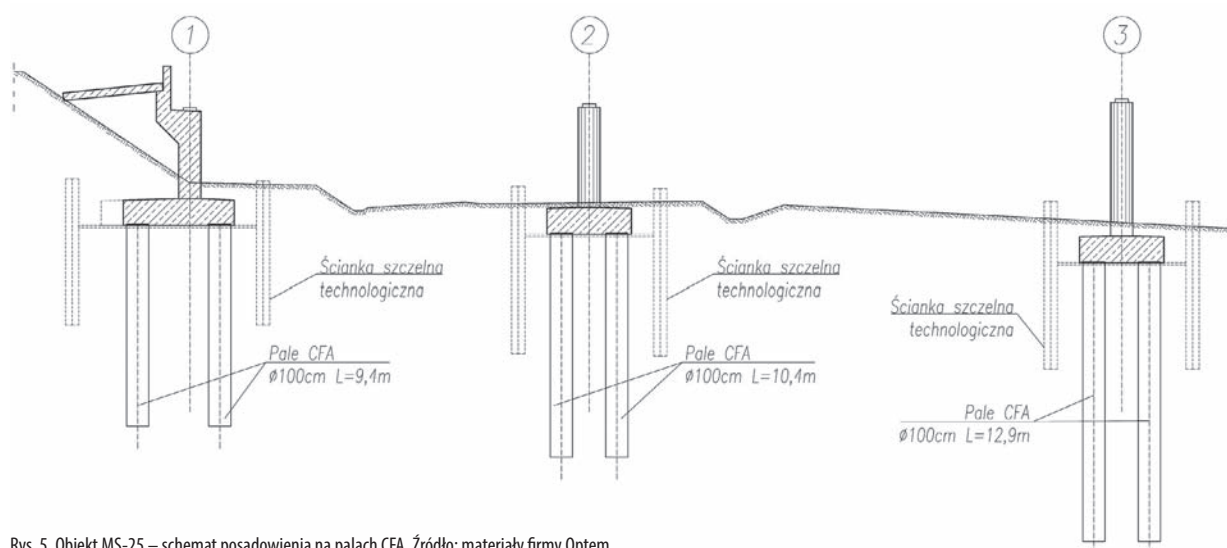
optymalizacji rozwiązań pierwotnych. Zarówno liczba przęseł, jak i minimalna długość obiektów nie mogły zostać zmniejszone. Tylko jeden obiekt został skrócony ze względu na brak cieków wodnych w terenie, który występował w pierwotnej dokumentacji. Zasadniczo optymalizacja obiektów mostowych ograniczona została zatem jedynie do pomostów, kształtów podpór oraz posadowień. W toku początkowych prac projektowych zaproponowana została zamiana pomostów obiektów nad S-5 (obiektów typu WD o konstrukcji z betonu sprężonego (rys. 1)) na konstrukcje belkowe sprężone dla obiektów nad drogami o dwóch osobnych jezdniach stanowią bardzo ekonomiczne rozwiązanie i są powszechnie stosowane, wykonawca po analizie uznał za najkorzystniejsze finansowo i zdecydował się



Rys. 3. Obiekt 41T – przepust o konstrukcji monolitycznej. Źródło: materiały firmy Optem



Rys. 4. Obiekt WD-17 – schemat posadowienia na kolumnach jet-grouting. Źródło: materiały firmy Optem



Rys. 5. Obiekt MS-25 – schemat posadowienia na palach CFA. Źródło: materiały firmy Optem

- zastosować pierwotne propozycje w postaci prefabrykowanych belek typu T (rys. 2, fot. 3). Rozwiązanie to zostało przyjęte na wszystkich obiektach (projekt źródłowy przewidywał również w niektórych obiektach monolityczne konstrukcje płytowe z betonu sprężonego). Ujednolicenie typów przekrojów poprzecznych umożliwiło wykonawcy znaczące oszczędności finansowe, jak i ułatwiło sam proces wznoszenia obiektów.

Wszystkie obiekty nad drogą ekspresową stanowią 4-przęsłowe wiadukty o rozpiętościach:

- przęsła środkowe – 24 m lub 27 m,
- przęsła skrajne – 15 m lub 18 m.

Wiadukty oraz mosty w ciągu drogi S-5 mają 1, 3 lub 5 przęseł o rozpiętościach od 18 m do 26,4 m.

Wysokość prefabrykowanych belek T była stała na każdym z przęseł danego obiektu. Belki skrajnych przęseł stanowi-

ły rozwiązania katalogowe adaptowane do wymaganych rozpiętości. Pozwoliło to zachować estetykę projektowanych konstrukcji.

Przepusty

W przypadku przepustów zastosowano typowe, katalogowe konstrukcje z prefabrykowanych elementów skrzynkowych o przekrojach od 1,5 m x 2,0 m do 3,0 m x 4,5 m. Jeden z przepustów o wymiarach w świetle 3,0 m x 6,0 m zaprojektowano jako monolityczny żelbetowy (rys. 3, fot. 4). Projekt obejmował zarówno obiekty suche (umożliwiające migrację zwierząt małych), jak i przeprowadzające ciekły wodne zintegrowane z przejściami dla zwierząt oraz jeden ciąg pieszo-rowerowy (fot. 5). Przejścia dla zwierząt małych zaprojektowano w postaci prefabrykowanych półek mocowanych do ścian przepustów.



Fot. 4. Obiekt 41T – przepust o konstrukcji monolitycznej (fot. dzięki uprzejmości firmy Dragados)



Fot. 6. Obiekt WS-22 – wykonywanie kolumn w technologii jet-grouting (fot. dzięki uprzejmości firmy Dragados)



Fot. 5. Obiekt 35T – przejście pieszo-rowerowe (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Fot. 7. Obiekt MS-25 – wykonywanie pali wierconych CFA (fot. dzięki uprzejmości firmy Dragados)



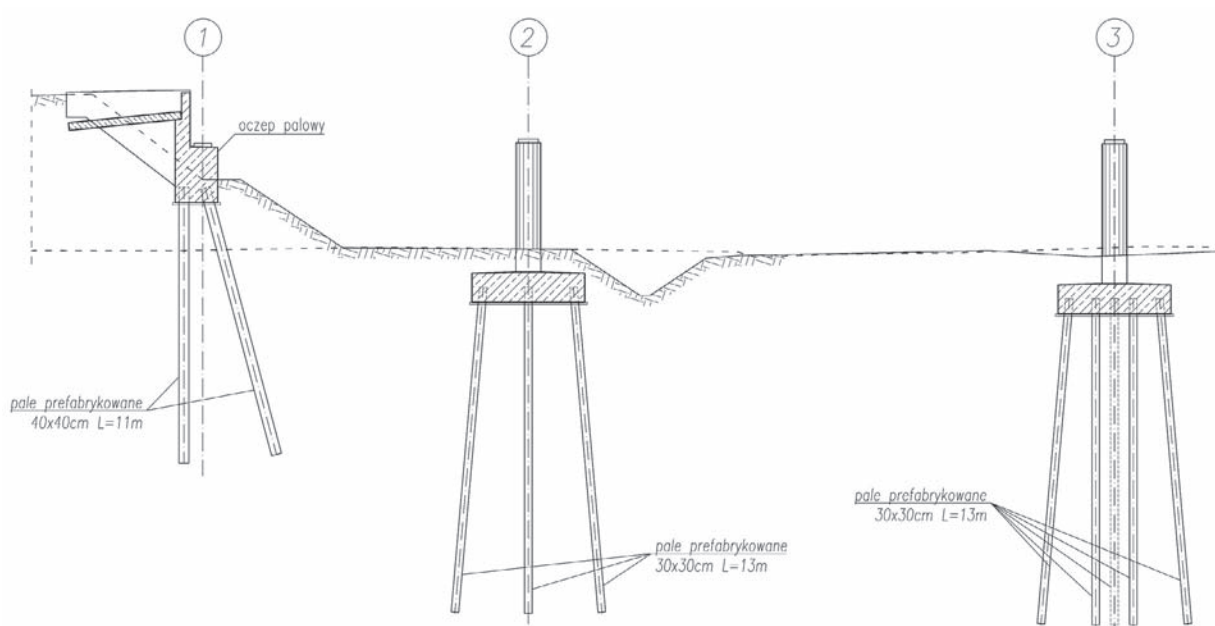
Fot. 8. Obiekt MS-25 – wykonane pale wiercone CFA (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)

Konstrukcje oporowe

Dla obiektów w ciągu drogi ekspresowej jako przedłużenie skrzydeł przyczółków zaprojektowano mury oporowe z gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków drobnowymiarowych optembLOK. Jest to rozwiązanie korzystniejsze ekonomicznie względem długich, monolitycznych skrzydeł przyczółków i zapewniające lepszą estetykę obiektu (patrz: „Mosty”, 1/2017, s. 30-33).

Technologie posadowienia obiektów mostowych

Teren, na którym przewidziano obiekty mostowe, charakteryzuje się złożonymi (5 obiektów) i skomplikowanymi (9 obiektów) warunkami gruntowymi. Dodatkowym utrudnieniem poza zróżnicowaną budową geologiczną był wysoki poziom wód gruntowych oraz występowanie w poziomie posadowienia gruntów o właściwościach ekspansywnych (iłów).



Rys. 6. Obiekt WD-26 – schemat posadowienia na wbijanych palach prefabrykowanych. Źródło: materiały firmy Optem



Fot. 9. Obiekt WD-26 – wbijanie pali prefabrykowanych (fot. dzięki uprzejmości firmy Dragados)



Fot. 10. Obiekt WD-24 – widok z góry (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Fot. 11. Obiekt MS-23 – widok z góry po zakończonym montażu belek T na jednym z pomostów (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)

▶ Na omawianym odcinku projektowanej drogi zaprojektowano następujące rodzaje posadowień:

• **Bezpośrednie na gruncie niewzmocnionym**

Tylko w dwóch przypadkach korzystne warunki gruntowe umożliwiły zaprojektowanie posadowienia bezpośrednio na gruncie rodzimym. Wymagane było jedynie lokalne dogęszenie lub wykonanie dodatkowej „poduszki” z betonu rozkładającej obciążenie na większy obszar.

• **Bezpośrednie na podłożu włąbnie wzmocnionym**

5 obiektów (w tym 2 w ciągu drogi S-5) posadowionych zostało na włąbnie wzmocnionym podłożu kolumnami cementowo-gruntowymi wykonywanymi metodą iniekcji wysokociśnieniowej *jet-grouting* (rys. 4, fot. 6). Technologia ta została wybrana w przypadkach, gdy nie było konieczności wykonania głębokich pali. Zaletą tej technologii jest również możliwość wzmocnienia wszystkich rodzajów gruntów.

Technologia *jet-grouting* polega na lokalnym rozluźnieniu struktury gruntu przez rozplukanie za pomocą wysokoenergetycznego strumienia (wody lub zaczynu cementowego) o dużej prędkości wylotowej z dyszy. Jednocześnie z rozluźnianiem gruntu podaje się zaczyn cementowy, który wymieszany zostaje z cząsteczkami gruntu, tworząc po stwardnieniu zwartą bryłę (kolumnę cementowo-gruntową).

Zaprojektowano:

- 201 kolumn o średnicy $\Phi 120$ cm i długościach od 5,3 m do 6,6 m,
- 360 kolumn o średnicy $\Phi 150$ cm i długościach od 4,2 m do 9,6 m.

• **Pośrednie na palach CFA**

W przypadku 3 obiektów w ciągu drogi głównej zdecydowano się na zastosowanie pali wierconych CFA (rys. 5, fot. 7-8).

Pale CFA wykonywane są świdrem ciągłym o długości co najmniej równej długości pala, wkręcanym na zamierzoną głębokość. Następnie przez rurowy przewód świdra tłoczy się mieszankę betonową, z jednoczesnym podciąganiem świdra, co powoduje wypełnienie przestrzeni pod świdrem mieszanką betonową. Po wyciągnięciu świdra w świeżą mieszankę betonową wciskane jest uzbrojenie w postaci szkieletu prętowego.

Ze względu na stosunkowo niskie koszty i szybkie wykonawstwo pale CFA są obecnie jedną z najpopularniejszych technologii, zapewniając większą nośność niż typowe pale wiercone.

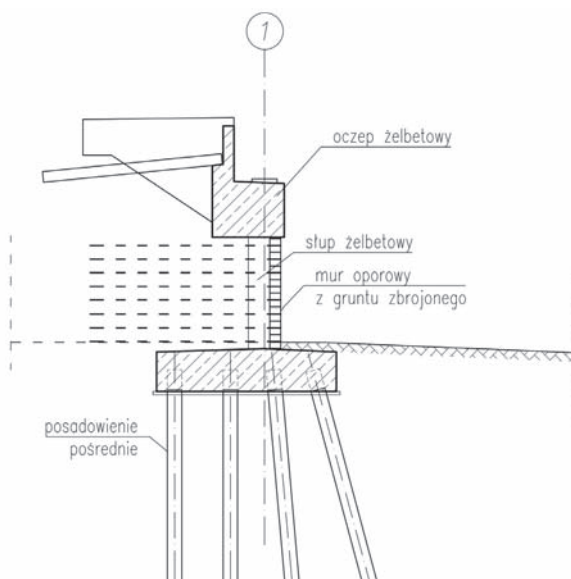
Zaprojektowano:

- 258 pali o średnicy $\Phi 80$ cm i długościach od 8,3 m do 12,4 m,
- 160 pali o średnicy $\Phi 100$ cm i długościach od 9,4 m do 12,9 m.

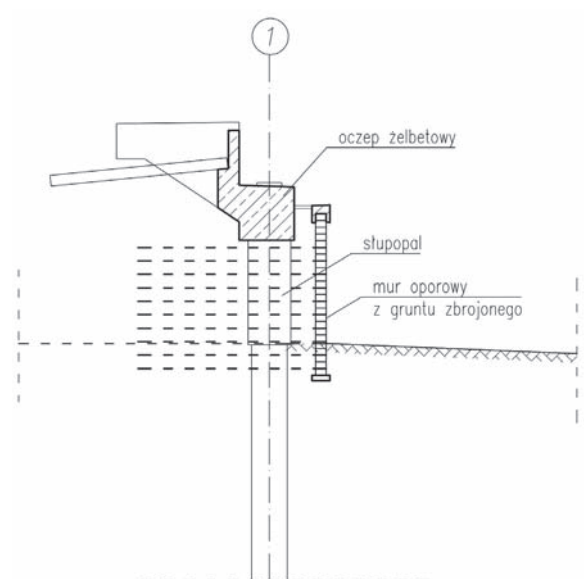
• **Pośrednie na wbijanych palach prefabrykowanych**

Pozostałe wiadukty (4 obiekty) posadowiono na wbijanych palach prefabrykowanych żelbetowych o przekrojach 30 cm x 30 cm i 40 cm x 40 cm.

W przypadku podpór skrajnych wykonawca zdecydował się na rezygnację z klasycznych przyczółków na rzecz oczepów palowych zatopionych w nasypie drogowym (rys. 6, fot. 9). Pozwoliło to na daleko idące zmniejszenie ilości stali zbrojeniowej i betonu oraz – w konsekwencji – oszczędności kosztów robocizny i deskowań.



Rys. 7. Obiekt WD-17 – alternatywna propozycja posadowienia. Źródło: materiały firmy Optem



Rys. 8. Obiekt WD-17 – alternatywna propozycja posadowienia. Źródło: materiały firmy Optem



Fot. 12. Obiekt WD-26 – widok z boku (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Fot. 13. Obiekt WD-17 – widok z boku (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)



Fot. 14. Obiekt WD-20 – w trakcie próbnych obciążeń obiektu (fot. dzięki uprzejmości GDDKiA O. Wrocław)

Zaprojektowano:

- 317 pali o przekroju 30 cm x 30 x m i długościach od 11 m do 22 m,
- 106 pali o przekroju 40 cm x 40 x m i długościach od 8 m do 21.

Alternatywnie wykonawcy przedstawiono propozycje wykonania przyczółków w postaci oczepów na słupach i ławach fundamentowych (rys. 7) oraz w postaci oczepów na słupopalach wierconych (rys. 8). Oba rozwiązania przewidywały wykonanie murów z gruntu zbrojonego wokół podpór skrajnych.

Podsumowanie

Prefabrykowane belki stanowiące konstrukcję nośną pomostów umożliwiły wykonawcy szybkie i ekono-

miczne wykonanie obiektów mostowych. Wybór tej technologii poprzedzony został wnikliwą analizą również alternatywnych rozwiązań w postaci konstrukcji sprężonych.

Analiza posadowień stanowiła jednak główne pole do optymalizacji rozwiązań pierwotnych. W dokumentacji pierwotnej przewidziano bowiem tylko jedną technologię posadowienia pośredniego obiektów – wbijane pale prefabrykowane. Przyjęte technologie pozwoliły nie tylko na oszczędności w zakresie samych pali, ale również umożliwiły podwyższenie poziomów posadowienia fundamentów podpór, a co za tym idzie, zmniejszenie wysokości podpór i ograniczenie robót ziemnych. □