

Realizacja dużych kontraktów drogowych z wykorzystaniem konstrukcji gruntowo-powłokowych

tekst: mgr inż. PIOTR TOMALA, ViaCon Polska Sp. z o.o., zdjęcia: VIACON POLSKA Sp. z o.o.

Wzmożona ilość nowych odcinków dróg przekazywanych do użytku w naszym kraju to efekt zintensyfikowanych działań wynikających z realizacji programu rozwoju sieci drogowej. Projektowanie dróg to nie tylko środek przygotowawczy inwestycji, zwiastujący rychłe rozpoczęcie jej realizacji. To przede wszystkim proces techniczny mający na celu optymalizację techniczną (przebiegu danej drogi w kontekście możliwości kształtowania trasy, jakości obsługi danego regionu) oraz ekonomiczną (koszty budowy i użytkowania w cyklu życia) inwestycji. Aspektem równie ważnym jest zagwarantowanie bezpieczeństwa zarówno użytkowników tych dróg, jak i bytującej w pobliżu faunie. Obecnie polska sieć dróg szybkiego ruchu liczy ok. 4295,4 km, z czego 1712 km stanowią autostrady, a 2583,4 km drogi ekspresowe [1].

W artykule przedstawiona zostanie realizacja jednego z odcinków drogi S61 od Ostrowi Mazowieckiej do Szczuczyna, od węzła Stawiski do początku obwodnicy Szczuczyna. Choć pierwsze decyzje administracyjne zostały wydane już w 2010 r., to poszczególne stadia projektu trwały przez kilka kolejnych lat. Na początku 2017 r. został ogłoszony przetarg w formule projektu i buduj. W 2019 r. generalny wykonawca, Budimex SA, po uzyskaniu zezwolenia na realizację inwestycji drogowej (ZRiD) rozpoczął prace w terenie.

Omawiana inwestycja położona jest w całości na obszarze administracyjnym województwa podlaskiego. Jej zakres obejmuje budowę drogi ekspresowej o długości ok. 18 km wraz z dobudową jezdni lewej oraz dostosowaniem prawej jezdni obwodnicy miasta Stawiski, budowę węzła Grabowo, przebudowę dróg (krajowej nr 61, powiatowych i gminnych), budowę dróg dojazdowych dla ruchu lokalnego, obiektów inżynierskich oraz przejść dla zwierząt. Ponadto inwestycja zakłada przebudowę i budowę urządzeń towarzyszących z zakresu branży telekomunikacyjnej, energetycznej, melioracyjnej oraz wodociągowej.

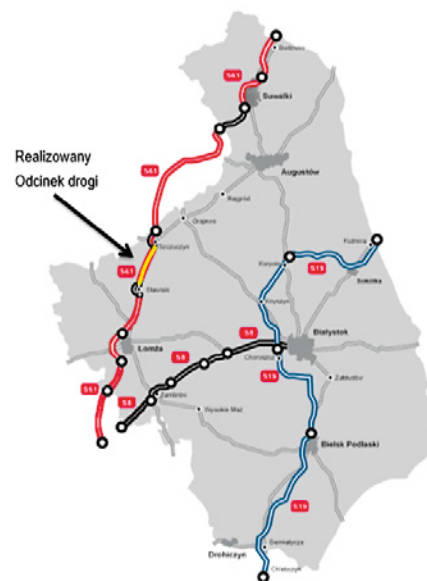
Podstawowe parametry techniczne:

- klasa drogi S (droga ekspresowa),
- prędkość projektowa – 100 km/h,
- szerokość pasa ruchu – 3,5 m,
- szerokość pasa awaryjnego – 2,5 m,
- obciążenie nawierzchni – 115 kN/oś,
- obciążenie obiektów mostowych – pojazd K + 1/3K klasy A, według PN-85/S-10030 *Obiekty mostowe. Obciążenia*.

W wyniku prac studialno-koncepcyjnych przedstawiono trzy warianty przebiegu S61 (ryc. 1). Jako rekomendowany przez inwestora wybrany został wariant nr 1, w którym droga ekspresowa częściowo wykorzystuje pas drogowy istniejącej DK61. Następnie odchyła się nieco na wschód w celu ominięcia miejscowości Świdry-Dobrzyce. W km 82 + 783, na przecięciu z drogą powiatową nr 1828B, zlokalizowano

węzeł Grabowo – typ WB, półkoniczyna z łącznicami w przeciwnych ćwiartkach. Dalej droga po raz kolejny została poprowadzona po śladzie pasa drogowego istniejącej drogi krajowej. W dalszej części szeroko omija miejscowości Stawiane i Obrytki, kończąc swój przebieg na styku z obwodnicą Szczuczyna w km 92 + 588.

Powiązanie układu komunikacyjnego z trasą DKS61 zapewniono przez obiekty inżynierskie: wiadukty i mosty. Przekroczenia cieków wodnych zaprojektowano i wykonano za pomocą obiektów mostowych: przepustów i mostów. Na wybór obiektu mostowego miały wpływ tereny podmokłe i zabagnione, ukształtowanie terenu oraz wymagania środowiskowe (ochrona zespołów przyrodniczo-krajobrazowych). Przebieg



Ryc. 1. Lokalizacja realizowanego odcinka drogi ekspresowej S61, źródło: GDDKiA



Ryc. 2. Obiekt MD/PZDs-17

drogi ekspresowej przez tereny leśne oraz w ich pobliżu wymusił konieczność zaprojektowania przejść dla zwierząt dziko żyjących. W sumie zaprojektowano i wykonano 19 obiektów mostowych oraz 25 przepustów o funkcji hydrologicznej (przewodzących wyłącznie wodę), zintegrowanych o funkcji hydrologiczno-środowiskowej (przejścia dla małych zwierząt) oraz suchych (przejścia dla zwierząt). Aż 11 obiektów zbudowano w technologii konstrukcji współpracujących z otaczającą je zasypką gruntową.

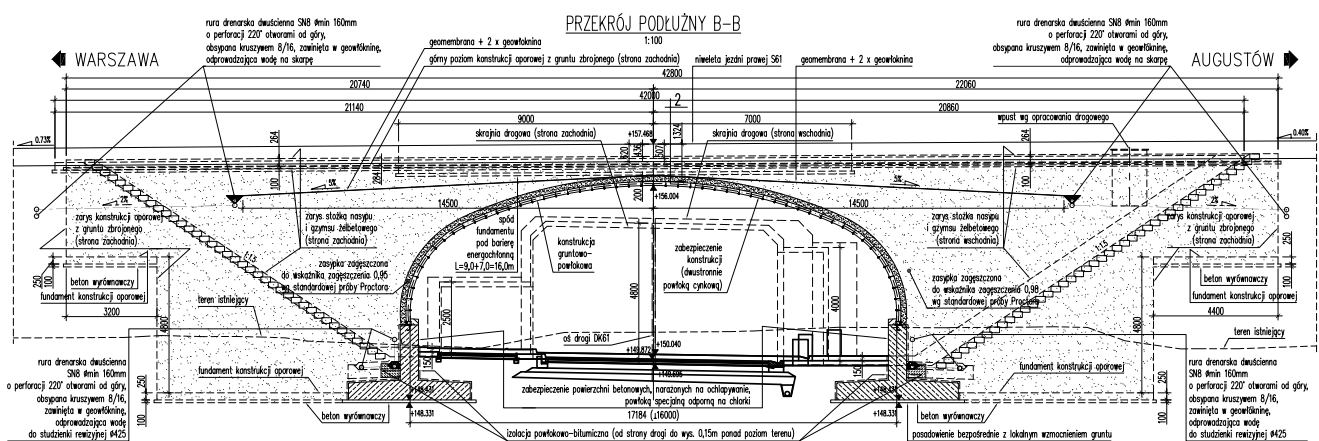
Zacznijmy od „rodzinka” w całym towarzystwie: jedyne obiektu wykonanego z prefabrykatów żelbetonowych Con/Span (ryc. 2).

Obiekt ten o rozpiętości poziomej w świetle B = 18,56 m został posadowiony na dwóch monolitycznych ławach fundamentowych o długości L = 13,60 m. Przęsło w postaci prefabrykowanej ramy o pochylonych ścianach składa się z 13 elementów umiejscowionych obok siebie. Ustawienie prefabrykatów na uprzednio przygotowanych podporach zajęło niespełna dwa dni robocze. Montaż był prowadzony przy użyciu dwóch żurawi ze środka transportu bezpośrednio w miejsce przeznaczenia. Prefabrykaty transportowane są w pozycji leżącej, więc aby

je ustawić na podporach, muszą zostać obrócone. Mając do dyspozycji dwa żurawie, całą tę ekwilibrystkę wykonuje się w powietrzu, bez kontaktu elementu z gruntem, eliminując możliwość zabrudzenia.

Zwyczajowo klasyczne obiekty mostowe posiadają płyty przejściowe. Wykonuje się je po to, aby łagodnie zmieniać sztywność na odcinku nasyp drogowy – konstrukcja mostu. W przypadku specjalnie ukształtowanego rygla w formie łuku o niewielkiej strzałce efekt łagodnej zmiany sztywności uzyskuje się samoczynnie. Elementem wyróżniającym ten rodzaj konstrukcji nośnej – poza brakiem płyt przejściowych – jest również możliwość wyeliminowania urządzeń dylatacyjnych oraz łożysk, zapewniając tym jego bardzo niskie koszty utrzymania. Obiekty tego typu charakteryzują się również bardzo wysokim poziomem komfortu podróżowania. Użytkownicy drogi, wielokrotnie przemierzając dany odcinek, nie odczuwają, że jadą po obiekcie mostowym, co w przypadku klasycznych obiektów nie jest już takie oczywiste.

Kolejnym ciekawym obiektem jest wiadukt WS-2 (ryc. 3). To wiadukt drogowy z przęsłem łukowym z blachy falistej o największym obecnie na rynku karbowaniu 237 x 500 mm. Ten typ



Ryc. 3. Obiekt WS-2 – przekrój podłużny



Ryc. 4. Obiekt PZGd-36

korugacji umożliwia przekraczanie przeszkód o rozpiętościach powyżej 30 m bez stosowania żeber wzmacniających. Dodać należy, że obecny rekord Europy w tej technologii w kategorii rozpiętości przęsła należy do obiektu znajdującego się w Ostródzie. Wykonawcą również tamtego obiektu była firma Budimex SA [2].

Uważam, że właśnie tu należy „rozprawić” się z interpretacją określenia „konstrukcje podatne”. W odniesieniu do elementów betonowych, zbrojonych czy też nie, jak również porównując je do dźwigarów ze stali kształtowej oraz innych obecnych na rynku, faktem niezaprzeczalnym jest to, że sztywność giętna dla arkusza blachy falistej jest niewielka. Skutkuje to znacznymi deformacjami powłoki [3] tylko i wyłącznie podczas jej zasypywania (deformacje potrafią sięgać nawet 2% rozpiętości danego obiektu). Kiedy poziom zasypki osiągnie wysokość klucza konstrukcji, mamy do czynienia z ekstremalnymi wartościami wypiętrzenia oraz przewężenia powłoki. Wypiętrzony klucz łuku zaczyna się obniżać w wyniku dokładania nadasympki, co skutkuje redukcją momentu zginającego klucza powłoki. Przewężone węzłowania powracają do swej pierwotnej postaci. Po całkowitym zasypaniu obiektu jego ugięcia nie różnią się od tych, które obserwujemy w klasycznych obiektach mostowych, a wielokrotnie przyjmują wartości o wiele niższe [4].

Cechy, które wyróżniają ten obiekt od, powiedzmy, „standardu”, to ukos części wlotowej i wylotowej równy $68,6^\circ$, który jest bliski granicznemu (60°) dla tego typu konstrukcji. Konstrukcję nośną cechuje ortotropia (własności materiałowe ciała zmieniają się w kierunkach do siebie prostopadłych). Oznacza to że ring (półpręście) powłoki stalowej pracuje przede wszystkim w kierunku obwodowym. Dla konstrukcji ściętych do skarpy czy też – jak w tym przypadku – usytuowanych w ukosie półpręście nie mają podparcia na fundamencie i dlatego należy stosować elementy zwiększające sztywność na krawędzi powłoki. Wprowadzone na krawędziach wieńce żelbetowe spełniają tę funkcję doskonale. W celu usprawnienia wykonania tych wieńców, na krawędzi skrajnych arkuszy dopawane są płaskie blachy, stanowiące niejako szalunek tracony. Wykonawcy nie muszą już tracić czasu na żmudne „rzeźbienie” w sklejce budowlanej, starając się odwzorować ściętą krawędź karbowanej blachy.

Kwestią wartą poruszenia jest to, kiedy i jak betonować wieńce? Gdyby chcieć je wykonać jeszcze przed zasypaniem konstrukcji, moglibyśmy spodziewać się ich bezwzględnie zarysowania się w kluczu konstrukcji na górnej ich powierzchni. Byłoby to spowodowane deformacją powłoki stalowej w wyniku oddziaływania na nią gruntu zasypki. Układany symetrycznie warstwami po obu stronach konstrukcji wywiera parcia poziome, które ściskają powłokę po bokach, powodując wypiętrzenie jej klucza. Wartość tego wypiętrzenia jest zależna m.in. od rozpiętości obiektu oraz sztywności EI powłoki. Gdyby wieńce żelbetowe wykonywać po całkowitym zasypaniu powłoki stalowej, dochodziłoby do sytuacji, kiedy utrwaliłoby się na stałe powstałe w wyniku zasypywania deformacje powłoki. W przypadku obiektów o niewielkich wymiarach przekroju poprzecznego w zasadzie takie podejście jest akceptowalne. Wieńce betonuje się, gdy zasypka osiąga poziom klucza. Dla obiektów o rozpiętościach przekraczających 10–12 m wieńce najczęściej betonowane są sukcesywnie z postępem prac zasypkowych. Kiedy poziom zasypki sięga klucza, betonowany jest tzw. zwornik wieńca. Praktyka pokazała, że dobry efekt usztywnienia konstrukcji uzyskuje się nawet przy zdylatowaniu pozornym (ciągłość zbrojenia podłużnego przy oddzieleniu poszczególnych sekcji betonowanego elementu) wieńca po jego długości. Długość betonowanych sekcji dobierana jest na etapie projektowania.

Kolejnym interesującym obiektem, wartym kilku słów komentarza, jest PZGd-36. Obiekt o funkcji przejścia dla zwierząt (ryc. 4), dziś można by rzec, że typowy. Jest ustrojem czteronawowym. Nad nitkami drogi ekspresowej zastosowano niskoprofilowe konstrukcje łukowe o rozpiętości $B = 16,44$ m. Jezdnia pod każdą z naw posiada po dwa pasy ruchu oraz pas awaryjny. Z uwagi na usytuowanie drogi w łuku poziomym niezbędne było poszerzenie skrajni dla poprawy widoczności. Skrajne dwie nawy obiektu stanowią przepusty dla dróg serwisowych. Całość została posadowiona bezpośrednio. Podpory pośrednie posłużyły do podparcia sąsiadujących ze sobą naw.

Obiekt ma na celu bezpieczne poprowadzenie szlaku migracji zwierząt dziko żyjących o szerokości przejścia 35 m w świetle ekranów przeciwoślennowych. Jego długość nieznacznie

przewyższa 36,0 m. Wloty wykonano jako pionowe, a ściany czołowe stanowią dwie równoległe do siebie konstrukcje oporowe z gruntu zbrojonego ViaBlock.

Przedstawione powyżej technologie to rozwiązania stosunkowo proste i łatwe w realizacji, jednakże nakłady pracy przy projektowaniu obiektów z blach falistych są zdecydowanie niższe. Koszty budowy zależą bardziej od czasu jej trwania (koszty ogólne) aniżeli od przyjętej technologii. W obu przypadkach transport odbywa się standardowymi pojazdami typu TIR. Montaż można rozpocząć po dostarczeniu zaledwie kilkunastu arkuszy, z których będzie możliwość złożenia pełnych półpięścieni. W przypadku prefabrykowanych elementów żelbetowych niebywałym atutem jest prędkość montażu. Wprawna ekipa potrafi w ciągu dnia roboczego ustawić na przygotowanych podporach nawet 13–15 prefabrykatów. Obie technologie budowy obiektów mostowych pozwalają na prowadzenie prac montażowych w okresach obniżonych temperatur. Z uwagi na brak łożysk, płyt przejściowych i urządzeń dylatacyjnych znacząco obniżeniu ulegają koszty eksploatacji takich konstrukcji w cyklu ich życia.

Zarówno konstrukcje z blach falistych, jak i prefabrykatów betonowych są z powodzeniem stosowane do budowy obiektów inżynierskich. Obiekty tego typu są praktycznie bezobsługowe. Nie posiadają elementów, które wymagają cyklicznej wymiany, takich jak łożyska czy też urządzenia dylatacyjne. Te zastosowane w ciągu dróg kołowych, ale też żelaznych charakteryzują się wysokim komfortem przejazdu. Z racji łatwej zmiany sztywności, którą otrzymujemy przez łukowy

kształt powłoki stalowej czy też wyluczony rygiel prefabrykatu betonowego, nie ma efektu tzw. progu podczas wjeżdżania czy też zjeżdżania z obiektu.

Nie jest dziełem przypadku, że technologie, które pojawiły się całkiem niedawno, są dziś powszechnie stosowane. Świadczy o tym duża liczba realizacji oraz chęć wykonawców do wykonywania dokumentacji zamiennych. Konstrukcje te pojawiły się w rekomendowanym przez Ministra Infrastruktury *Katalogu typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów*. Celem tego katalogu jest obniżenie kosztów projektowania i budowy obiektów inżynierskich na polskich drogach. Jak widać, konstrukcje współpracujące z gruntem doskonale wpisują się w tę koncepcję.

Literatura

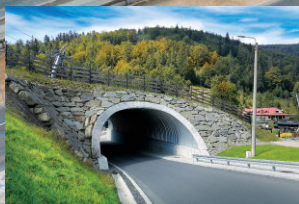
- [1] <https://www.gddkia.gov.pl>
- [2] Machelski C., Tomala P., Kunecki B., Korusiewicz L., Williams K.: *UltraCor – 1st realization in Europe, design, erection, testing*. „Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej – Archives of Institute of Civil Engineering” 2017, nr 23, s. 189–198.
- [3] Machelski C.: *Modelowanie mostowych konstrukcji gruntowo-powłokowych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2008.
- [4] Machelski C.: *Badania mostowych konstrukcji gruntowo-powłokowych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2021.



Więcej na www.viacon.pl

ViaCon

INNOVATIVE INFRASTRUCTURE



- Konstrukcje ze stalowych blach falistych
- Konstrukcje inżynierskie z żelbetowych elementów prefabrykowanych
- Rury stalowe spiralnie karbowane
- Rury przepustowe z PP i HDPE
- System kanalizacji deszczowej i sanitarnej
- Ściany oporowe z gruntu zbrojonego
- Zbiorniki retencyjne
- Geosyntetyki
- Mosty kratowe
- Gabiony
- Płotki ochronno-naprowadzające dla płazów