



# Budowa przejścia dla zwierząt PE-1.1

jako przykład szybkiego i łatwego montażu obiektów z elementów prefabrykowanych o niskich kosztach eksploatacji

mgr inż. Bogumiła Strzyżk-  
Wieloszewska  
OPTEM Sp. z o.o.

**W artykule przedstawiono cały proces powstawania przejścia dla zwierząt PE-1.1, zlokalizowanego w km 43+452 drogi ekspresowej S7, od projektu aż po realizację obiektu.**

Powstająca droga ekspresowa realizowana w ramach zadania Budowa drogi S-7 Olsztynek (S-51) – Płońsk (S10) odc. Nidzica – Napierki (w. Napierki) z węzłem – zadanie nr 2 ma zapewnić szybkie i sprawne połączenie komunikacyjne w ruchu międzynarodowym na kierunku północ – południe. Aby umożliwić migrację zwierząt, w rejonie terenów zalesionych zaprojektowano przejścia dla zwierząt PE-1.1 nad nowo powstającą S7 oraz PE-1.2 nad istniejącą drogą krajową nr 7 w km 43+452. Przedmiotem niniejszego artykułu jest przejście PE-1.1 o następujących parametrach:

- długość obiektu: 98,06 m,
- szerokość przejścia dla zwierząt: 80 m,
- światło poziome: 2 x 18,51 m,
- grubość ścian bocznych: 0,5-0,60 m,
- grubość elementu górnego: 0,35 m.

Ze względu na dobre warunki gruntowe obiekt posadowiony bezpośrednio. Ściany prefabrykowane ustawione są na uprzednio przygotowanych betonowych posadzkach. Odpowiednie wypoziomowanie podpór zapewnione jest przez wykonanie podlewki z ciekłego betonu. Stacjonarność podpory oraz jej uciążlenie zapewnione są przez dobetonowanie od strony zewnętrznej fundament.

Ustrój nośny obiektu w przekroju podłużnym wykonany jest z prefabrykowanych łukowych elementów żelbetonowych. Prefabrykaty stanowią segmenty o szerokości 2,49 m. Każdy segment przejścia dla zwierząt opiera się

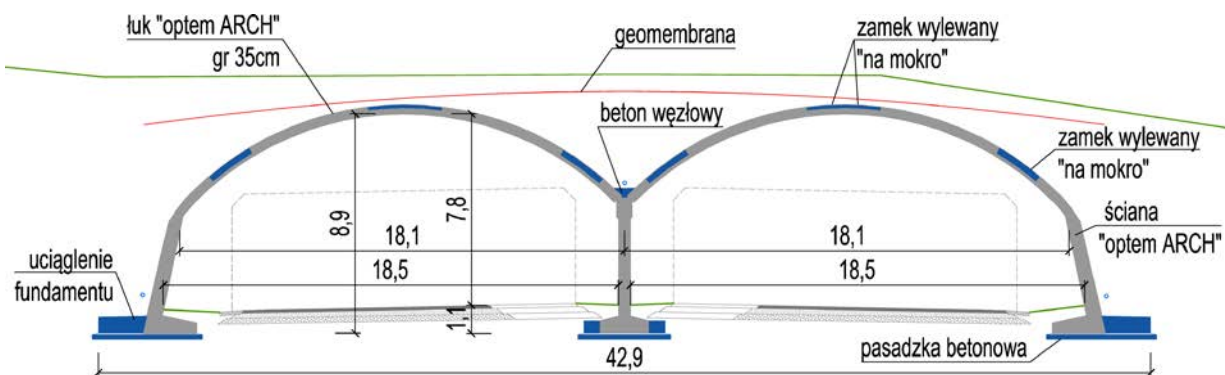
## **I SUMMARY**

**The construction of the wildlife crossing PE-1.1 as an example of low-cost, quick and easy assembly of engineering structures made of precast concrete elements**

The article presents the entire process of the design and construction of the wildlife crossing PE-1.1. It describes the modeling of the structure in details. Particular attention has been paid to the complexity of this issue. The paper also presents the selected details of the installation of a precast concrete arch bridge system and interesting problems the designer of the structure had to deal with. Moreover, the advantages of using precast concrete arch bridge systems are presented as an alternative to other technologies. Finally, in conclusions, the article point out that nowadays, due to the technology, it is possible to customize precast elements to meet the design assumptions.

**Keywords:** precast concrete arch bridge system, wildlife crossing, shell, design

przegubowo w specjalnych gniazdach na ścianach prefabrykowanych. Poszczególne prefabrykowane segmenty są uciążlone ze sobą poprzez zamki na krawędziach elementów górnych oraz dolnych. Styki te są wylewane



Rys. 1. Przekrój podłużny przez obiekt PE-1.1



Fot. 1. Montaż łuków przejścia PE-1.1

„na mokro”. Dodatkowo w celu zwiększenia szczelności przejścia w miejscu oparcia łuków na podporze środkowej zaprojektowano beton węzłowy zespalający to połączenie.

Przejście dla zwierząt PE-1.1 jest jednym z nielicznych, jeżeli nie jedynym, prefabrykowanym wiaduktem tego typu w kraju. W Polsce zazwyczaj spotyka się obiekty spełniające ww. parametry wybudowane z blach falistych lub jako żelbetowe lane „na mokro”.

### Etap projektowania

Dokumentację projektową przejścia dla zwierząt przygotowała firma Pont-Projekt z Gdańska, generalnym wykonawcą jest Strabag.

W projekcie pierwotnym obiekt PE-1.1 składał się z dwóch łukowych segmentów – po jednym dla każdego z kierunków ruchu. W drodze optymalizacji na etapie tworzenia projektu technologicznego firma Optem, będąca dostawcą prefabrykatów optemARCH, podzieliła każdy z łuków na dwa elementy. Dzięki temu możliwa była rezygnacja z podłużnych i poprzecznych żeber usztywniających element. Jednocześnie ułatwiło to składowanie oraz transport elementów.

Ponadto przeanalizowano wpływ lokalizacji przegubu między podporą skrajną a łukiem na rozkład momentów zginających. Jak powszechnie wiadomo, łuki są wrażliwe na działanie naprężeń rozciągających od obciążeń zmiennych, dlatego niezwykle istotne jest odpowiednie

dobranie ich kształtu odpowiadającemu linii ciśnień w rdzeniu przekroju. Wiadomo, że w takim przypadku w przeważającej części działają siły osiowe, ale tylko od obciążeń stałych. Dlatego w przypadku obciążeń ruchomych otrzymanie momentów zginających jest nieuniknione.

Ze względu na złożoność zagadnienia współpracy konstrukcji z ośrodkiem gruntowym obliczenia przejścia dla zwierząt przeprowadzono niezależnie w dwóch programach inżynierskich. Pierwszy model zakładał analizę nieliniową, w której jako schemat statyczny obiektu przyjęto łuk posadowiony na podłożu sprężystym Winklera. Uwzględniono współpracę konstrukcji przejścia dla zwierząt z gruntem zasyпки w postaci podpór sprężystych. Elementy zamodelowano jako sztywne powłoki MES. Uwzględniono poszczególne etapy budowy, stosując odpowiednie schematy statyczne obiektu oraz odpowiadające im obciążenia. Dzięki przeprowadzonym obliczeniom otrzymano siły wewnętrzne oraz przemieszczenia konstrukcji.

Drugi program umożliwił wygenerowanie ośrodka gruntowego metodą elementów skończonych. Grunt zamodelowano jako układ elementów powierzchniowych, a przejście dla zwierząt – jako układ prętowy. Dzięki temu było możliwe otrzymanie naprężeń oraz osiadań ośrodka gruntowego. Przeprowadzone obliczenia dały zbliżone wyniki, tym samym potwierdziły założenia projektowe.



Fot. 2. Montaż leaf by leaf przejścia PE-1.1



Fot. 3. Montaż leaf by leaf przejścia PE-1.1

- ▶ Na etapie projektowania rozpatrywane były następujące zagadnienia:
  - dobór optymalnej szerokości wybrań w kluczu obiektu tak, aby spełnione były:
    - warunek nośności przekroju na docisk dla stanu montażowego,
    - warunek nośności przekroju zredukowanego w stanie użytkowym;
  - zapewnienie stateczności układu jednoprzęsłowego na czas montażu, bez konieczności budowy dodatkowych rusztowań;
  - analiza przemieszczeń w poszczególnych etapach montażowych;
  - analiza odpowiedniej wysokości zasyпки w celu zachowania stateczności układu dwuprzęsłowego przy braku dodatkowych podparć ścian;
  - analiza stateczności górnych elementów przy braku wykonania zamków zespalających, określenie maksymalnych odchyłek montażowych ścian dla zachowania układu w równowadze.

### Montaż przejścia

W pierwszej kolejności, po uprzednim wykonaniu wykopów, zostały wylane betonowe posadzki, na których następnie ustawiono prefabrykaty ścian. Gdy wykonano uciąglenia fundamentów, wypełniono betonem zamki pomiędzy prefabrykatami oraz zaizolowano ściany, przejście było gotowe do najtrudniejszego etapu budowy – pierwszego w Polsce montażu prefabrykatów metodą *leaf by leaf* (fot. 1-3) (film dokumentujący instalowanie łuków dostępny na stronie [www.optemarch.pl](http://www.optemarch.pl)).

W celu weryfikacji założeń projektowych, przed docelowym osadzeniem elementów łukowych, przeprowadzono próbny montaż przejścia dla zwierząt. Zanim rozpoczęto prace instalacyjne łupin, pomierzono geodezyjnie ustawienie podpór. Okazało się, że ściany nie są ustawione do siebie równolegle, jednak maksymalna odchyłka rozpiętości nie przekraczała założeń projektowych. Teoretycznie geometryczna tolerancja ułożenia dwóch łupin na podporach wynosi  $\pm 10$  cm. Jest to odchyłka, przy której jest możliwe zamknięcie i zakleszczenie obiektu. Po zakończeniu montażu geodeta pomierzył względną odległość między spodem fundamentu a spodem łuku w kluczu i okazało się, że całkowite ugięcie prefabrykatów nie przekroczyło 5 mm, co było zgodne z założeniami projektowymi. Ponadto, mimo niedokładności w ustawieniu ścian, nie było problemów z osadzeniem łuków na podporach, dzięki zastosowaniu przegubu w kluczu na czas montażu łuki te miały możliwość wzajemnego wpasowania się.

Po potwierdzeniu założeń projektowych przystąpiono do instalacji prefabrykatów łukowych na podporach. W czasie montażu pojawiły się dość nietypowe problemy. Z uwagi na fakt, że sposób wznoszenia obiektu nie jest powszechnie wykonywany w Polsce oraz nie wymaga jakichkolwiek dodatkowych podpór montażowych lub połączeń, pracownicy fizyczni zastrajkowali i nie chcieli wejść na sklepienie obiektu. Jednakże pierwsze kroki i perswazja projektanta optemARCH przełamały obawy pracowników.

Całkowity czas trwania montażu przejścia dla zwierząt PE-1.1, który składa się z 285 prefabrykatów, trwał 38 dni roboczych. Łącznie do wybudowania przejścia użyto 3220 m<sup>3</sup> betonu i 365 t stali.

### Trwałość obiektu

Sam fakt, że prefabrykaty wykonane są z wysokiej jakości betonu, skutkuje bardzo dużą trwałością eksploatacyjną. Powierzchnia betonu wykonana w wytwórni sprawia, że praktycznie nie wymaga ona już żadnych powłok malarskich służących zabezpieczeniu betonu. Brak jakichkolwiek urządzeń typu: łożyska, dylatacje, połączenia śrubowe, wpływa na całkowitą bezobsługowość obiektu mostowego, a w następstwie tego bardzo niskie koszty eksploatacyjne. Na równej powierzchni betonowej bardzo łatwo można wykonać izolację przeciwwodną dowolnego typu, np. papa termozgrzewalna, izolacje natryskowe lub nawet maty bentonitowe.

### Niezwykle ważna izolacja obiektu

Ze względu na zapewnienie odpowiedniej trwałości przejścia dla zwierząt szczególną uwagę zwrócono zarówno na dobór, jak i na prawidłowe wykonanie izolacji oraz odwodnienia obiektu. Wszystkie styki prefabrykatów od strony licowej zabezpieczono sznurem dylatacyjnym propylenowym oraz materiałem trwale plastycznym. Krawędzie prefabrykatów – zarówno ścian, jak i łuków – wykształtowano w taki sposób, aby po zmontowaniu dwóch sąsiednich elementów powstawał zamek, który następnie był wypełniany betonem. W ten sposób otrzymano szczelne połączenie między prefabrykatami, które od strony gruntu zaizolowano paskiem papy. Górne elementy prefabrykowane optemARCH na całej powierzchni zostały zabezpieczone papą zgrzewalną modyfikowaną SBS, dodatkowo zachodzącą na ściany skrajne. Dolne elementy w miejscach, gdzie nie była stosowana izolacja gruba, pokryto systemem izolacji cienkopowłokowej. Od strony drogi izolację cienką wykonano do 50 cm powyżej poziomu terenu. Niezwykle newralgicznym punktem w konstrukcji jest miejsce oparcia łuków na ścianie pośredniej. Sposób zabezpieczenia przeciwwilgociowego węzła przedstawia



Fot. 4. Montaż górnych elementów przejścia PE-1.1



Fot. 5. Przygotowywanie do montażu kolejnego segmentu przejścia PE-1.1



Fot. 6. Montaż ostatniej sekcji przejścia PE-1.1



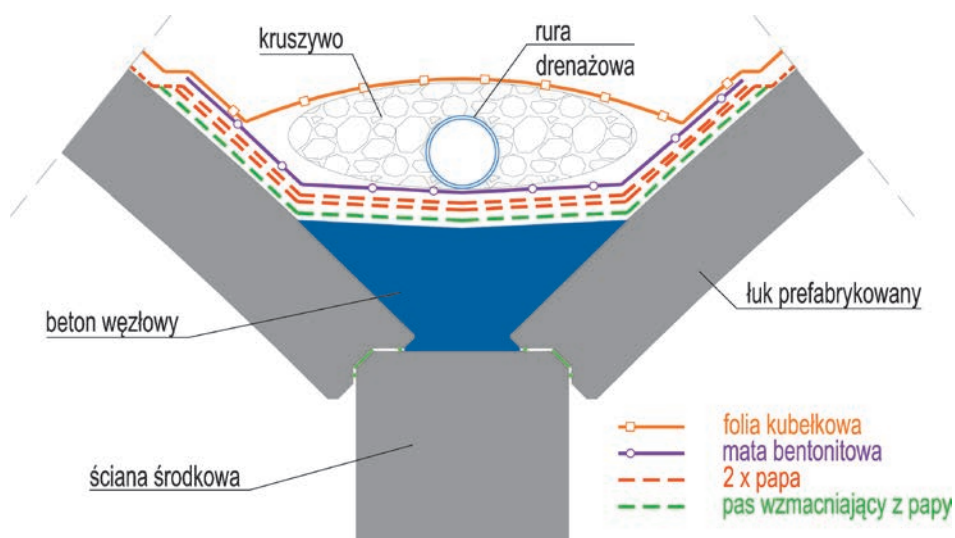
Fot. 7. Montaż sklepień łukowych przy jednoczesnym betonowaniu zamków

rys. 2. Dodatkowo pod konstrukcją nawierzchni gruntowej na obiekcie PE-1.1 przewidziano ułożenie geomembrany kubelkowej w celu zminimalizowania penetracji i przenikania wody przez konstrukcję. Od strony zasypowej w celu zabezpieczenia izolacji przed zniszczeniem na całej powierzchni obiektu zastosowano folię kubelkową. Ponadto woda wnikaająca w zasypkę obiektów została odebrana za pomocą drenażu umieszczonych obustronnie równoległe do przejścia dla zwierząt nad odsadzką zewnętrznych fundamentów oraz nad podporą pośrednią w miejscu oparcia się łuków. Dodatkowo w tym miejscu przy wlocie oraz wylocie przejścia dla zwierząt zastosowano wpusty mające na celu odprowadzenie zbierającej się wody poza obiekt, do kanalizacji deszczowej.

### Podsumowanie

Przedstawiony przykład realizowanego przejścia dla zwierząt ukazuje zalety budowania obiektów mostowych z prefabrykatów żelbetonowych, a są to m.in.:

- szybkość wykonania obiektów z możliwością ich realizacji w okresie obniżonych temperatur,
- możliwość optymalizacji grubości elementów dzięki zastosowaniu kształtu sklepień i struktury powłokowej,
- niskie zużycie materiałów, dzięki unikalnie opracowanemu systemowi, w którym poszczególne prefabrykaty współpracują między sobą,
- większa trwałość obiektów prefabrykowanych ze względu na zastosowanie betonu o wytrzymałości C50/60, mrozoodporności F150 oraz nasiąkliwości < 4%,
- szczelność obiektu mostowego dzięki dowolności stosowania kilku systemów izolacyjnych równocześnie,



Rys. 2. Izolacja prefabrykatów w węźle

- konkurencyjna cena w stosunku do stalowych konstrukcji podatnych,
- ekonomika utrzymania obiektu, ze względu na brak konieczności częstego odnawiania powłok antykorozyjnych.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że stosowana technologia wytwarzania elementów prefabrykowanych umożliwia niemalże dowolne ich kształtowanie. Przestaje być aktualne stwierdzenie, że projekt dostosowuje się do prefabrykatu – to prefabrykat dostosowuje się do założeń projektowych. □