Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej

Przepusty obecnie stanowią najliczniejszą grupę obiektów mostowych w naszym kraju. Tylko w ciągu dróg kołowych jest ich kilkadziesiąt tysięcy. Choć jako obiekty inżynierskie nie mogą być porównywane z mostami, to jednak odgrywają bardzo ważną rolę w funkcjonowaniu infrastruktury komunikacyjnej – jako całości. Należy dodać, że ich znaczenie będzie nadal rosło m.in. ze względu na stale zmieniające się przepisy z zakresu ochrony środowiska.

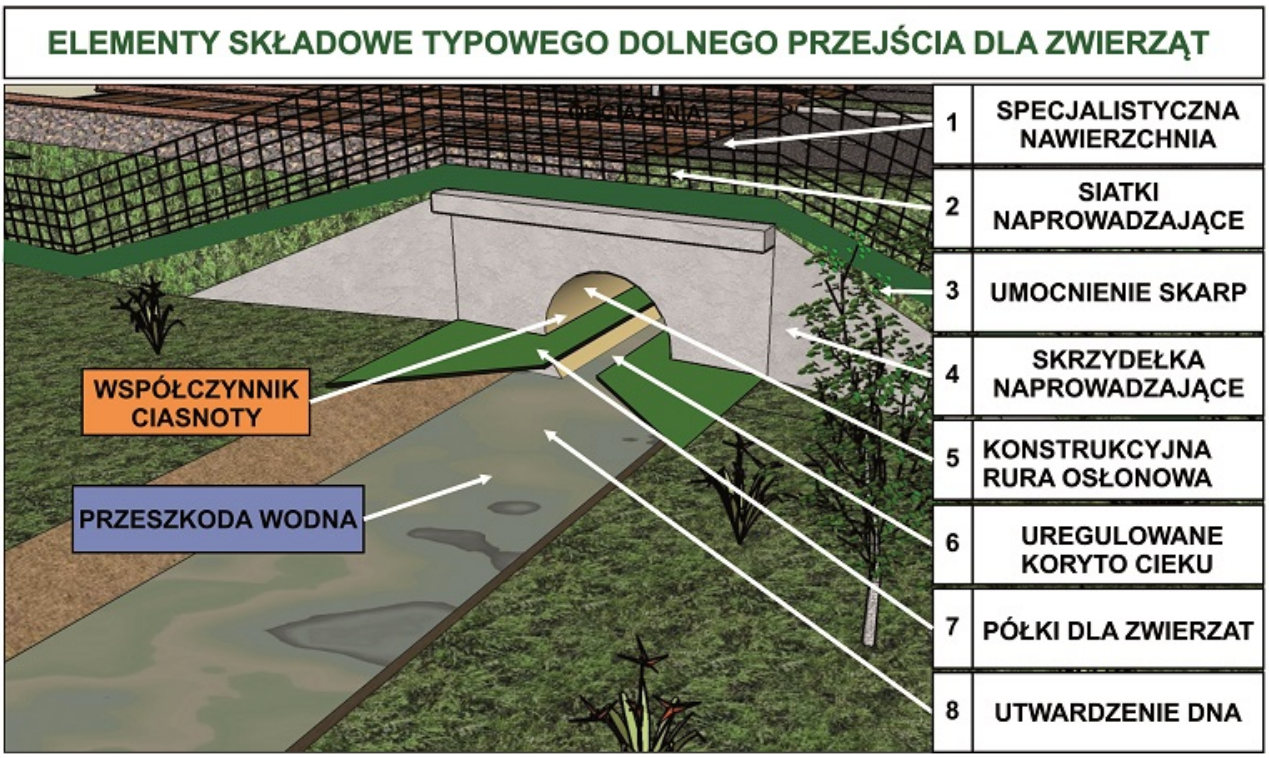
Wprowadzenie

W przekonaniu autora niniejszego artykułu znaczenie przepustów i przejść dla zwierząt dla rozwoju infrastruktury komunikacyjnej jest ogromne. Należy mieć świadomość, że awaria przepustu ma takie samo znaczenie dla użytkowników ciągów komunikacyjnych jak awaria obiektu mostowego, gdyż i jedna i druga skutkuje zamknięciem drogi kołowej lub kolejowej. Jednocześnie trudno wyobrazić sobie drogi, linie kolejowe, a nawet lotniska bez konstrukcji inżynierskich, jakimi są przepusty. Ponadto duża liczba przejść dla zwierząt wykonywana jest obecnie jako przejścia dolne, w postaci odpowiednio wyposażonych przepustów (przejścia dla zwierząt o konstrukcji zespolonej). Przedmiotowe konstrukcje są jednak w dalszym ciągu niedoceniane.

Obecnie na rynku krajowym mamy wiele nowoczesnych rozwiązań materiałowych i technologicznych dotyczących omawianych konstrukcji. Sukcesywnie autor niniejszego artykułu miał okazję śledzić pojawianie się innowacji, badając i wdrażając te konstrukcje w trakcie swojej wieloletniej pracy w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Żmigrodzie. Rozwiązania te to głównie konstrukcje lekkie o coraz większych rozpiętościach, bazujące na współpracy z gruntem (różnego typu blachy faliste, żywice poliestrowe wzmacniane włóknem szklanym, tworzywa sztuczne o dużej gęstości, nowoczesna kamionka, beton polimerowy itp.). Są to konstrukcje o dużej nośności i trwałości. Obecnie główny kierunek rozwoju polega na coraz lepszej optymalizacji konstrukcji, rozumianej jako całość (tzn. rura wraz z współpracującym z nią w przenoszeniu obciążeń ośrodkiem gruntowym). Takie podejście przynosi pożądane korzyści ekonomiczne [1].

Jednocześnie przy zrównoważonym rozwoju infrastruktury drogowej i kolejowej nie da się pominąć również zagadnień ekologicznych. Dotyczy to zarówno budowy tak potrzebnych dróg i linii kolejowych, jak też i modernizacji istniejących. Tym samym konieczna jest budowa odpowiednio wyposażonych przejść dla zwierząt.

Szczególnie jest to istotne dla autostrad i dróg ekspresowych oraz kolei dużych prędkości, które w świecie i Europie rozwijają się w szybkim tempie, a przejścia dla zwierząt są nieodłącznym ich elementem. Jest to ważne z uwagi na bezpieczeństwo użytkowników ruchu. Przykład dolnego przejścia dla zwierząt o funkcji zespolonej wraz z wyszczególnieniem elementów jego wyposażenia przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykład dolnego przejścia dla zwierząt o funkcji zespolonej wraz z wyszczególnieniem elementów jego wyposażenia (opracowanie autora)

Podstawy prawne dotyczące przepustów i przejść dla zwierząt

Ze względu na bardzo dużą różnorodność typów konstrukcji przepustów budowanych w różnych okresach, a także z uwagi na różne ich przeznaczenie, istnieje wiele przepisów, rozporządzeń, norm i wytycznych dotyczących tego rodzaju konstrukcji. Większa część z tych dokumentów prawnych dotyczy szerszych zagadnień technicznych, takich jak drogi, linie kolejowe i mosty, a przepusty stanowią w nich jedynie niewielki fragment. Stąd część dokumentów jest niespójnych, a do większości z nich czasami trudno dotrzeć. Z uwagi na różnorodność zastosowań przepustów, a także ich konstrukcję, trudno jest podać jednoznaczną definicję omawianego obiektu. Przykładowo inna definicja obowiązuje dla przepustów kolejowych, a inna dla drogowych [2].

Podstawowym dokumentem prawnym w zakresie obiektów inżynierskich w ciągu dróg kołowych jest Rozporządzenie [3]. Dokument ten w szczególności określa warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie oraz ich usytuowanie. Zawiera wytyczne dotyczące projektowania, bezpieczeństwa, trwałości oraz wyposażenia drogowych obiektów inżynierskich, w tym przepustów. Dodatkowo w załączniku nr 1 do przedmiotowego rozporządzenia określone są metody obliczania świateł mostów i przepustów. Podstawowymi dokumentami prawnym w zakresie kolejowych obiektów inżynierskich jest rozporządzenie [4] oraz Instrukcja Id-2 [5].

W przypadku projektowania i budowy przepustów jest oczywiste, że stosuje się aktualne wersje Prawa budowlanego oraz dokumenty wykonawcze z nim związane.

Zagadnienia ewidencjonowania przepustów, jako elementów infrastruktury drogowej zawierają Rozporządzenia [6–9]. Przeglądy obiektów mostowych, w tym przepustów, powinny być wykonywane według instrukcji [10, 11].

Najistotniejszym dokumentem dotyczącym przejść dla zwierząt przy budowie dróg jest wspomniane wcześniej Rozporządzenie [3]. Przy pracach studialnych i analizach projektowych często wykorzystywana jest pozycja bibliograficzna [12]. Zdaniem autora wiele zagadnień w niej poruszonych powinno znaleźć się w zaleceniach dotyczących problematyki przejść dla zwierząt. Z uwagi na specyfikę omawianego zagadnienia, a także jego złożoność (aspekt przyrodniczy i konstrukcyjny) autor artykułu od dłuższego czasu postuluje o konieczności powstania odpowiedniego dokumentu prawnego w postaci zaleceń projektowania, budowy i utrzymania przejść dla zwierząt. Dokument taki, opracowany przez interdyscyplinarną grupę specjalistów, powinien powstać i zostać pilnie wprowadzony do praktyki inżynierskiej.

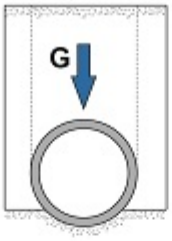
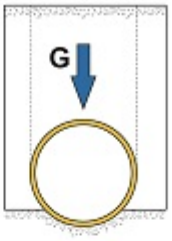
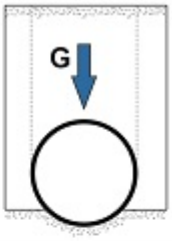
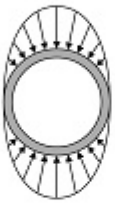
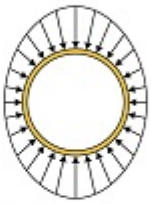
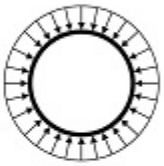
Metody obliczeń i badania przepustów

Dawniej konstruowano głównie przepusty zachowujące się w sposób sztywny, gdzie głównym elementem nośnym była sama rura osłonowa. Większość obecnie wykonywanych przepustów to konstrukcje współpracujące z gruntem, a tym samym podatne. Wymagają one innego podejścia obliczeniowego, a metody te są obecnie szeroko wprowadzane do światowej i polskiej praktyki inżynierskiej. Należy nadmienić, że Polska w zakresie metod obliczeń należy do przodujących krajów na świecie. Wynika to z faktu, że wielu krajowych specjalistów poświęciło tym zagadnieniom w ostatnim dziesięcioleciu dużo uwagi, przeprowadzając liczne analizy teoretyczne, badania i nowatorskie wdrożenia [13].

Zasadniczym problemem przy projektowaniu konstrukcji zagłębionych w gruncie jest wyznaczenie wielkości oraz rozkładu obciążeń działających na ich powierzchnię zewnętrzną.

Stosowane obecnie metody obliczeniowe różnią się od siebie, co może być przyczyną przewymiarowania i utrudnia weryfikację wyników. Ośrodek gruntowy nie stanowi jedynie obciążenia budowli, ale w odpowiednich warunkach również element przenoszący obciążenia. Efektem współpracy konstrukcji z gruntem jest poprawa rozkładu obciążeń, a co za tym idzie, obciążenie rozkłada się równomiernie wokół przekroju, w wyniku czego momenty zginające przyjmują mniejsze wartości. Projektowanie obiektów zagłębionych w gruncie opiera się przede wszystkim na doświadczeniach zebranych przy projektowaniu wcześniej wykonanych konstrukcji. Wielkość i rozkład naprężeń od obciążeń zewnętrznych, a przede wszystkim od ciężaru gruntu znajdującego się nad konstrukcją, zależy od sztywności przepustu [14].

W tablicy 1 przedstawiono podstawowy schemat, który pokazuje główne różnice w założeniach do projektowania rur różnych typów: sztywne, półelastyczne i elastyczne [15].

	SZTYWNE	PÓŁSZTYWNE	ELASTYCZNE
Schemat			
Rozkład naprężeń			
Czynniki określające wytrzymałość układu	Wytrzymałość materiału rury osłonowej	Odporność na naprężenia rury oraz sztywność gruntu	Sztywność obwodowa rury oraz sztywność gruntu
Charakterystyka statyczna układu	Rura stanowi samodzielny układ statyczny	⟺	Rura i grunt stanowią układ statyczny
Możliwość przenoszenia odkształcenia względnego	~ 0%	~ 0,5%	> 5%
Przykłady materiałów rur osłonowych	Beton, żelbet, polimerobeton, ceramika	Stal, aluminium, GRP	PE, PP, PEHD, PCV
Kryteria projektowe	Naprężenia	Naprężenia oraz odkształcenia względne	Ugięcie i stabilność

Tablica 1.

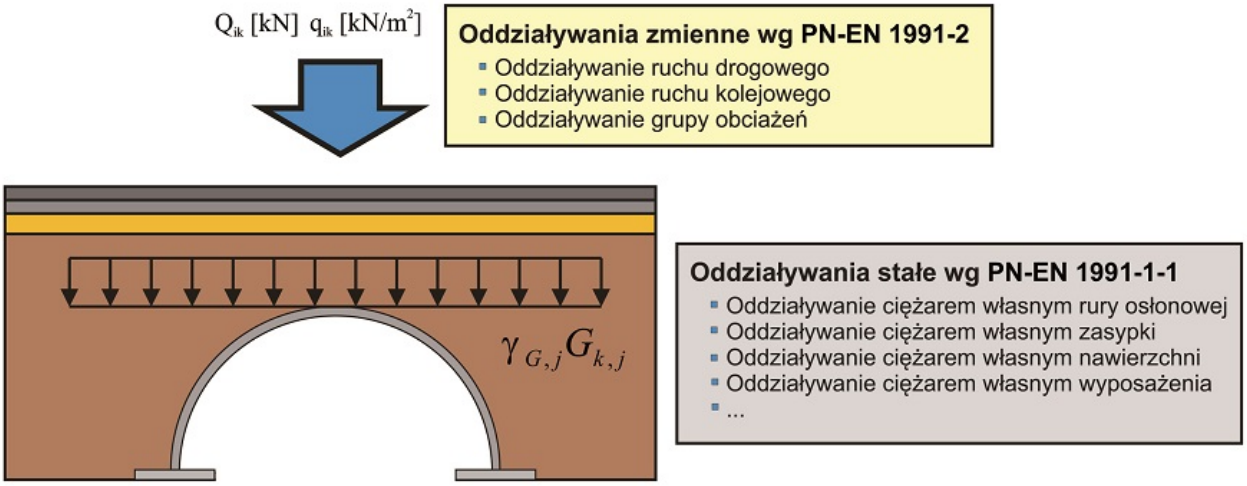
Założenia projektowe dla różnych typów rur umieszczonych w gruncie [15]

Konstrukcje zagłębione w gruncie możemy podzielić na podatne oraz sztywne. Przy projektowaniu konstrukcji zagłębionej w gruncie zakłada się płaski stan odkształceń. Założenie to powoduje pewne uproszczenie, polegające na nieuwzględnianiu pracy rury w kierunku podłużnym. Nie jest to zgodne ze stanem faktycznym, ponieważ jest oczywiste, że konstrukcja pracuje również w kierunku podłużnym. Klasyk teorii sprężystości Gorbunow podaje, że wpływ pracy w kierunku podłużnym praktycznie nie odgrywa istotnej roli przy wymiarowaniu elementów o długości do 2,0 m [16]. Rozróżnia się stałe i zmienne obciążenia działające na przepust. Obciążenie zmienne pochodzi od oddziaływania pieszych, pojazdów lub

innego typu ruchu komunikacyjnego. Charakter tego obciążenia może być różny: skupiony, jak i rozłożony w sposób równomierny bądź nierównomierny. Obciążenie stałe pochodzi od gruntu znajdującego się wokół konstrukcji, a przede wszystkim od parcia naziomu na konstrukcję. Przy projektowaniu niejednorodność gruntu podlega ujednoliceniu, przyjmując przy tym odpowiednie normowe współczynniki bezpieczeństwa. Graficzny przykład oddziaływań na konstrukcję przepustu według obowiązujących norm PN-EN przedstawiono na rysunku 2.

Z biegiem lat sposoby obliczania konstrukcji przepustów i innych obiektów inżynierskich ulegają ciągłym udoskonaleniom. Wynika to w głównej mierze z dopracowywania metod obliczeniowych, w tym wprowadzania metod numerycznych. Nie bez wpływu na ten stan rzeczy ma również użycie nowych typów konstrukcji i rodzajów materiałów. Ich charakterystyczną cechą jest odmienny sposób zachowania się na etapie wbudowywania, a także pod obciążeniem, czyli w trakcie eksploatacji [17].

Istotą, a zarazem zasadniczą różnicą metody elementów skończonych od stosowanych metod analitycznych projektowania konstrukcji jest to, że pozwala ona na zbudowanie bliższego rzeczywistości modelu obiektu. Dzięki temu, zjawiska zachodzące w analizowanych ośrodkach zamodelowane są w sposób odzwierciedlający rzeczywisty rozkład naprężeń. Dlatego też metoda elementów skończonych, zwana MES, jest obecnie jedną z najszerzej stosowanych nowych metod do rozwiązywania zagadnień inżynierskich.



Rys. 2. Graficzny przykład oddziaływań na konstrukcję przepustu według obowiązujących norm PN-EN (opracowanie autora)

Technologie bezwykopowe w wykonywaniu przepustów i dolnych przejść dla zwierząt

Jak ogólnie wiadomo, od optymalnego wyboru technologii wykonawstwa obiektów budowlanych zależy w dużej mierze sprawna jej realizacja i sukces całej inwestycji. Wybór technologii uzależniony jest w głównej mierze od potrzeb inwestora, czyli przedmiotu i zakresu prac – w tym przypadku rodzaju konstrukcji i jej rozpiętości (np. przepust bądź też dolne przejście dla zwierząt) oraz lokalnych warunków terenowych w tym gruntowo-wodnych.

Zdaniem autora, w przypadku przepustów i dolnych przejść dla zwierząt wykorzystanie technologii bezwykopowych ułatwiłoby proces realizacji tych inwestycji, których charakter jest liniowy. W tym przypadku przyspieszenie i ułatwienie prac polegałoby na wykonywaniu ciągłych nasypów o równomiernym zagęszczeniu pod nawierzchnie drogowe lub kolejowe, a następnie bezkolizyjne wykonanie przejścia dla zwierząt w technologii bezwykopowej. Tym samym otrzymalibyśmy nasyp o ciągłych parametrach bez konstrukcyjnych kolizji z realizowanymi przejściami, które najczęściej wykonywane są w technologii wykopowej.

Należy dodać, że omawiane technologie są stosowane w Polsce coraz szerzej. Obszar ich aplikacji jest wielokierunkowy i dotyczy zarówno stosowanych materiałów, technologii wykonawstwa (maszyn i urządzeń) jak również nowoczesnych metod projektowania. Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii bezwykopowych systemy oraz niezbędny sprzęt do wykonywania prac mikrotunelowych uległ znacznemu rozwojowi.

Obecnie stosowany sprzęt do mikrotunelingu umożliwia znacznie obniżenie kosztów związanych z budową przepustów i przejść dla zwierząt w tej technologii. Ponadto nowoczesny sprzęt do mikrotunelingu jest znacznie przyjaźniejszy dla środowiska naturalnego. Wynika to

m.in. z ograniczania stosowania spalinowych zespołów napędowych na rzecz jednostek hydraulicznych. Do niezaprzeczalnych zalet wspomnianej technologii należą m.in.:

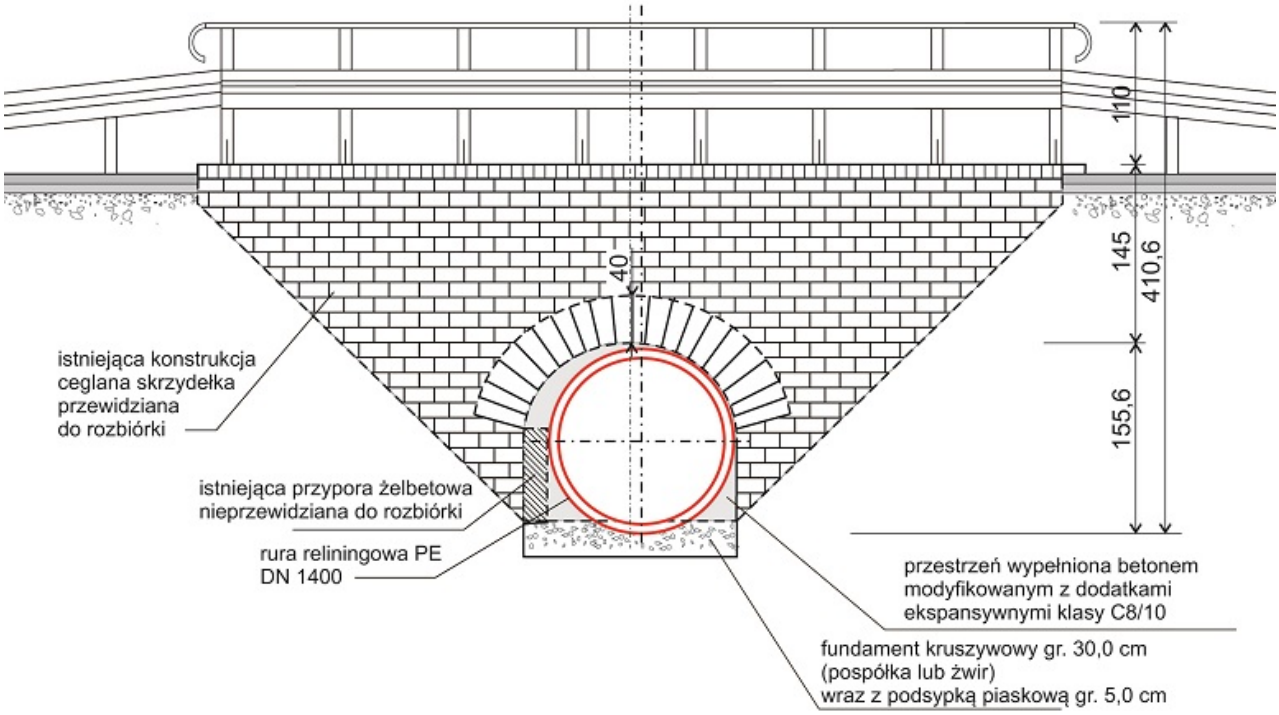
- **możliwość wykonywania konstrukcji przejść dla zwierząt pod ciągłym ruchem zarówno drogowym, jak i kolejowym**
- **duża dokładność wykonania konstrukcji**
- **krótki czas realizacji zadania w porównaniu do wykopu otwartego**
- **możliwość wykonywania przewodów w trudnych warunkach gruntowo-wodnych**
- **efektywność ekonomiczna wykonanej inwestycji, biorąc pod uwagę czynniki związane z koniecznością wykonywania objazdów oraz zatrzymania ruchu (w przypadku linii kolejowych).**

Pomimo że Polska ma duże doświadczenie w stosowaniu tej technologii, a nawet – co warto podkreślić – niektóre krajowe osiągnięcia w tej dziedzinie są rekordowe, to jednak w dalszym ciągu technologie tego typu są zbyt rzadko stosowane w infrastrukturze komunikacyjnej. Dlatego też autor uważa, że powinny być one szerzej stosowane do budowy m.in. przepustów, a także do budowy coraz większej liczby przejść dla zwierząt [18].
Na fotografii 1 przedstawiono przykładową konstrukcję żelbetowej rury przeciskowej, która z powodzeniem może być stosowana, jako element przepustu lub dolnego przejścia dla zwierząt pod liniami komunikacyjnymi.

Fot. 1. Przykładowy segment żelbetowej rury przeciskowej możliwy do zastosowania jako przepust lub „małe” dolne przejście dla zwierząt (np. dla herpetofauny) (fot. autor)

Wzmacnianie oraz utrzymanie przepustów i przejść dla zwierząt
Ogólnie wiadomo, że o trwałości obiektu inżynierskiego decyduje wiele czynników. Jednak jednym z najistotniejszych jest jego sposób właściwego wykonania, uwzględniający odpowiednią technologię i jakość prowadzonych prac budowalnych. Obiekty tego typu powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w przyjętym okresie użytkowania i poziomie utrzymania, była zapewniona ich trwałość rozumiana jako zdolność użytkowania obiektu przy zachowaniu cech wytrzymałościowych i eksploatacyjnych.
Przepusty stanowią nieodzowny element linii komunikacyjnych. Z uwagi na znaczenie i liczbę

przepustów, ich stan techniczny i sposób utrzymania powinien być niezwykle ważny. Zwykle jednak ich stan techniczny jest niezadowalający, a utrzymanie pozostawia wiele do życzenia. Zdaniem autora stan ten wynika głównie z faktu niedoceniania przepustów i traktowania ich jako „młodszych braci" mostów, m.in. z uwagi na ich małe gabaryty.
Ze względu na zły stan techniczny przepustów często mamy do czynienia z koniecznością ich przebudowy lub wzmacniania. Dodatkowo, z uwagi na rozbudowę infrastruktury komunikacyjnej, występuje często konieczność ich poszerzania do wymaganych parametrów. W chwili obecnej dopracowano się specjalistycznych technologii i metod wzmacniania poprzez stosowanie m.in.: materiałów wysokomodyfikowanych z zakresu chemii budowlanej, rękawów wzmacniających (w przypadku mniejszych przepustów) oraz metody reliningowej („rura w rurę"). W tym ostatnim przypadku ważne jest odpowiednie przeliczenie światła tak, aby nowy przepust spełniał parametry użytkowe.
Na rysunku 3 przedstawiono ideę metody reliningowej („rura w rurę").



Rys. 3. Idea metody reliningowej na przykładzie przepustu małej średnicy z zastosowaniem rury z tworzywa sztucznego (opracowanie autora)

Podsumowanie

Tematyka poruszona w niniejszym artykule – o czym już wcześniej wspomniano – jest istotna z uwagi na sukcesywne podnoszenie standardów utrzymania infrastruktury komunikacyjnej, a także planowane inwestycje w tym zakresie. Przepusty, jako element linii komunikacyjnych stanowią nieodzowną ich część. Z uwagi na ich ważność i liczbę, stan techniczny i sposób utrzymania powinien być niezwykle ważny. Optymistyczny jest fakt, że obserwując stosowanie tego typu konstrukcji w ciągu ostatnich kilkunastu lat, nowe sposoby konstruowania, materiały i technologie przyczyniają się do podniesienia trwałości, funkcjonalności i bezpieczeństwa przepustów oraz przejść dla zwierząt w krajowej infrastrukturze komunikacyjnej.
Osobnym, poruszanym w artykule zagadnieniem jest techniczne dostosowanie istniejących przepustów do potrzeb migracji zwierząt poprzez stosowanie dodatkowych funkcjonalnych elementów wyposażenia. Zdaniem autora właściwe poznanie tych zagadnień pozwala na opracowanie optymalnych, zrównoważonych rozwiązań inżynierskich z korzyścią zarówno dla środowiska naturalnego, jak i użytkowników ciągów komunikacyjnych.

dr hab. inż. Adam Wysokowski, prof. UZ
Uniwersytet Zielonogórski

Literatura

1. *Loża Ekspertów*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 11-12/2009.

2. Czudek H., Radomski W., *Podstawy mostownictwa*, PWN, Warszawa, 1981.

3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. z dn. 3 sierpnia 2000 r.).

4. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. nr 151, poz. 987).

5. Id-2 (D2), *Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynieryjnych*, PKP Polskie Linie Kolejowe, Warszawa, 2005.

6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 28 lutego 2000 r. w sprawie trybu sporządzania informacji, gromadzenia i udostępniania danych o sieci dróg publicznych (Dz.U. nr 17, poz. 225).

7. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dn. 28 lutego 2000 r. w sprawie numeracji i ewidencji dróg oraz obiektów mostowych (Dz.U. nr 23, poz. 393).

8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 16 lutego 2005 r. w sprawie sposobu numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom (Dz.U. nr 67, poz. 582).

9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 16 lutego 2005 r. w sprawie trybu sporządzania informacji oraz gromadzenia i udostępniania danych o sieci dróg publicznych, obiektach mostowych, tunelach oraz promach (Dz.U. nr 67, poz. 583).

10. Janas L., Jarominiak A., Michalak E., *Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich*, GDDKiA, Warszawa, 2005.

11. *Instrukcje planowania robot mostowych oraz przeglądów obiektów mostowych na zamiejskich drogach publicznych*, Nr DP.T15 M-DP.T19 M, GDDP, Warszawa, 1990.

12. Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R.W., Stachura K., *Zwierzęta a drogi: metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt*, Zakład Badań Ssaków PAN, Białowieża, 2004.

13. Wysokowski A., Howis J., *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 7. Metody obliczeń konstrukcji przepustów. Cz. I. Ogólne zasady obliczeń*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 03-04/2010.

14. Kunecki B., *Zachowanie się ortotropowych powłok walcowych w ośrodku gruntowym pod statycznym i dynamicznym obciążeniem zewnętrznym. Rozprawa doktorska*, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2006.

15. Janson L., Molin J., *Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych*, Wavin Metalplast-Buk, 2007.

16. Madryas C., Kolonko A., Wysocki L., *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2002.

17. Wysokowski A., Howis J., *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 9. Metody obliczeń konstrukcji przepustów. Cz. III. Nowe metody obliczeń*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 09-10/2010.

18. Wysokowski A., *Specyfika budowy dolnych przejść dla zwierząt w technologiach bezwykopowych*, Materiały Budowlane, 2/2014.