

# PRZEPUSTY

## i mosty ekologiczne

### Wykonawstwo konstrukcji gruntowo-powłokowych ze stalowych blach falistych, cz. 3. Roboty wykończeniowe



tekst i zdjęcia:

**prof. UZ dr hab. inż. ADAM WYSOKOWSKI**, kierownik Zakładu Dróg i Mostów, Uniwersytet Zielonogórski

**mgr inż. JERZY HOWIS**, konstruktor, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o., Żmigród

W nawiązaniu do poprzedniego artykułu autorów [9] z tego cyklu [8], po omówieniu wykonywania zasadniczych elementów konstrukcji gruntowo-powłokowych kolejnym istotnym zagadnieniem są elementy dotyczące wykonawstwa prac wykończeniowych z elementami wyposażenia tych obiektów.

W przypadku omawianych konstrukcji gruntowo-powłokowych ze stalowych blach falistych elementy te niejednokrotnie różnią się od wyposażenia stosowanego dla konstrukcji sztywnych, np. żelbetowych. Jak już wielokrotnie wspomniano, w przypadku podatnych konstrukcji gruntowo-powłokowych wykorzystuje się współpracę powłoki z zasypką gruntową [4, 6]. W tym przypadku wyposażenie oraz elementy towarzyszące muszą być tak dobrane, aby nie przeszywnić zasadniczej podatnej powłoki konstrukcyjnej.

Niniejszy artykuł stanowi kontynuację opisywanej tematyki związanej z właściwym wykonywaniem konstrukcji gruntowo-powłokowych oraz poszczególnych elementów ich wyposażenia, co z pewnością przekłada się na późniejsze bezproblemowe utrzymanie tych obiektów i ich trwałość.

#### Wprowadzenie

Omawiane konstrukcje w swoim założeniu umożliwiają przekraczanie przeszkód komunikacyjnych. Dodatkowo ostatnio coraz częściej są wykorzystywane jako dolne i górne przejścia dla zwierząt bądź jako obiekty zespolone z jednoczesnym przepływem cieku wodnego. Należy jednak zauważyć, że aby przepust komunikacyjny bądź przejście dla zwierząt spełniały swoje funkcje, muszą posiadać odpowiednie wyposażenie. Omawiane konstrukcje gruntowo-powłokowe ze stalowych blach falistych wymagają innego podejścia do ich wykonywania, w tym elementów wyposażenia, niż obiekty prefabrykowane, wykonane w technologii żelbetowej. Jest to spowodowane m.in. dużym reżimem technologicznym na placu budowy dla zapewnienia optymalnych warunków pracy tych konstrukcji. Wyposażenie obiektów tego typu musi być tak zaprojektowane i zrealizo-

wane, aby nie miało wpływu na pracę nośnej powłoki konstrukcyjnej z blach falistych. Niewskazane jest zatem stosowanie masywnych elementów wyposażenia, np. żelbetowych głowic monolitycznych, które znacznie ograniczają podatność powłoki w kierunku podłużnym.

Z uwagi na powyższe elementy te muszą spełniać szereg wymagań zarówno w momencie budowy obiektu, jak i w czasie jego późniejszego użytkowania. Wiążą się z tym czynniki wykonawcze, materiałowe, a także trwałościowe w funkcji czasu.

W dalszej części niniejszego artykułu omówiono syntetycznie (z uwagi na ograniczenia ramowe publikacji) zagadnienia związane z odpowiednim wykończeniem obiektów i doбором elementów wyposażenia przepustów i ekomostów, z wyszczególnieniem podstawowych wymagań wykonawczych w tym zakresie.

#### Wyposażenie przepustów ze stalowych blach falistych

Jak już wspomniano na wstępie, przepusty powinny posiadać odpowiednie wyposażenie konstrukcyjne i użytkowe.

Elementem wyposażenia, który najczęściej można zaliczyć do elementów konstrukcyjnych przepustu, są **głowice**. Mają one za zadanie zapewnić stateczność części wlotowej i wylotowej przepustu zarówno w kierunku podłużnym, jak i poprzecznym. Dodatkowo elementy te pełnią rolę konstrukcji oporowych i zabezpieczają nasyp przed niekontrolowanym osunięciem w obrębie rury osłonowej. W przypadku omawianych konstrukcji gruntowo-powłokowych głowice i skrzydełka wykonywane są najczęściej w postaci lekkich konstrukcji

żelbetowych lub koszy gabionowych, a także z użyciem galanterii betonowej.

Przykłady jednego z typów głowic i ścian czołowych, tj. wykonanych z koszy gabionowych wypełnionych materiałem kamiennym, przedstawiono na rycinach 1 i 2. Natomiast przykład typowego zrealizowanego wykończenia obiektu w postaci żelbetowej ściany czołowej przedstawiono na rycinie 3.

Rodzaj użytych ścian czołowych często decyduje o estetyce całej konstrukcji. Na przykład, na obszarach objętych nadzorem konserwatora zabytków możliwe jest zastosowanie takich głowic, które w pełni wpisują obiekt jako całość w architekturę otoczenia [11].

Głowice żelbetowe, oprócz typowych ścian czołowych, wykonuje się również jako wieniec zespolony z konstrukcyjną stalową rurą osłonową za pomocą trzpieni mocowanych na obwodzie przepustu. Opisywane rozwiązanie ma zastosowanie szczególnie w przypadku obiektów o stosunkowo dużych rozpiętościach, w tym ekomostów.

Rozwój technologii zbrojenia gruntu umożliwił również stosowanie głowic wykonanych z geotkanin oraz geokrat. W tym przypadku eliminuje się konieczność wykonywania elementów oporowych, a sama rura osłonowa jest docięta zgodnie z nachyleniem skarpy.

W przypadku występowania dużego nachylenia oraz znaczącej wysokości skarpy konieczne jest wyposażenie przepustu w **skrzydełka**. Elementy te mają za zadanie zabezpieczenie skarp w obrębie wlotu lub wylotu przepustów przed ich niekontrolowaną deformacją lub obsunięciem. Do budowy skrzydełek najczęściej wykorzystuje się beton zbrojony, a w ostatnim czasie również gabiony. Przy małych nachyleniach może to być grunt zbrojony geotekstyliami, pokryty darnią [3]. W przypadku dolnych przejść dla zwierząt konstrukcje skrzydełek muszą być szczelnie połączone z konstrukcją głowicy oraz z ogrodzeniem, uzupełniając się nawzajem, tak aby zapewnić pełną skuteczność [1].

Jak uczy wieloletnie doświadczenie, **skarpy** przepustów głównie w trakcie budowy i wstępnej eksploatacji narażone są na intensywną, przyspieszoną erozję wodną. Tym samym aby dobrać skuteczną technologię zabezpieczenia skarp przed ich rozmywaniem, należy uwzględnić ich wysokość, nachylenie oraz występujące warunki gruntowe. Do zabezpieczenia konstrukcji nasypów w obrębie przepustów gruntowo-powłokowych stosuje się obecnie wiele skutecznych metod, jak np. geosiatki, geowłókniny, gabiony, galanterię betonową, jak płyty ażurowe czy kostka brukowa, a także darniowanie i hydrosiew.

Gdy skarpy znajdują się w obszarze dostępnym dla zwierząt (w przypadku przepustów o funkcji zespolonej), należy zapewnić zwierzętom bezpieczne poruszanie się po ich powierzchni. W tym celu do wzmocnienia skarp należy wykorzystywać w pierwszej kolejności metody biologiczne oraz geosyntetyki z docelowym wprowadzeniem pokrywy roślinnej. Należy pamiętać, aby w obrębie przejścia umocnienie odpowiednio wykończyć. Nie mogą występować w nim elementy o ostrych krawędziach (np. gabiony), które mogłyby zranić zwierzęta. Powinno się również unikać betonowania powierzchni skarp. Jedną z najprostszych metod umacniania skarp, zapewniających odpowiednią stateczność i ochronę przed obsunięciem się skarpy o niedużym nachyleniu, jest **darniowanie**. Metoda



Ryc. 1. Przykład konstrukcji z gruntu zbrojonego z lekką ścianą osłonową w postaci siatki stalowej z wypełnieniem kamiennym



Ryc. 2. Przykład zastosowania ściany czołowej przepustu z gabionów. Widoczny wzmocniający gzyms żelbetowy



Ryc. 3. Przykład wykończenia części wlotowej obiektu w postaci żelbetowej ściany czołowej

ta polega na okryciu powierzchni skarpy darnią w postaci prostokątnych płatów lub pasów. Inną biologiczną metodą wzmocniania jest **hydrosiew**. Należy on do najszybszych metod wzmocniania skarp przez ukorzenie się roślin. Ta od wielu lat stosowana metoda polega na hydromechanicznym (wodnym) pokrywaniu skarp preparatem będącym mieszaniną wody, nasion roślin, hydromulczu celulozowego (włókien celulozowych), nawozów, a także substancji zabezpieczających przed erozją wodną i wietrzną oraz nadmiernym wysychaniem [12].

Jednym z najbardziej efektywnych sposobów zwiększenia nośności skarp gruntowych, zwłaszcza w miejscu, gdzie





Ryc. 4. Przykład wykonania umocnienia dna cieku i skarp z wykorzystaniem narzutu kamiennego i darniowania



Ryc. 5. Przykład dna cieku i skarp umocnionych kostką granitową

właściwości mechaniczne rodzimego gruntu nie mogą zapewnić wymaganej wartości nośności i stabilności, jest zastosowanie geosyntetyków [2]. **Geosyntetyki** przy wzmacnianiu oskarpowania mogą być wykorzystywane jako zbrojenie gruntu przy budowie stromych skarp pokrytych roślinnością lub jako ochrona powierzchni przed erozją. W tym celu stosowane mogą być materiały geosyntetyczne w postaci geokomórek wypełnionych gruntem lub lekkie geosiatki, często rozkładane na powierzchni skarp, aby zapewnić tymczasowe oparcie dla roślinności. W ostatnich latach coraz częściej stosowane są z dobrym skutkiem geokraty, które wypełnia się różnorodnym materiałem w zależności od nachylenia skarp. Porastająca je z czasem intensywna roślinność powoduje, że sprawdzają się one z powodzeniem również przy przejściach dla zwierząt.

**Umocnienie dna** cieku wykonuje się w celu zabezpieczenia przed rozmyciem koryta cieku oraz przestrzeni pomiędzy ciekami a konstrukcją (ścianą) przepustu. W tym przypadku zaleca się stosowanie metod i materiałów naturalnych, a także – używanych coraz częściej – materiałów syntetycznych bądź rozwiązań mieszanych. Najczęściej umocnienia koryta wykonywane są w postaci stabilizowanego kruszywa lub luźnego narzutu kamiennego o zmiennej granulacji. Stosuje się również roślinność stabilizującą, faszynę, geosyntetyki zasypane gruntem bądź geokraty zasypane kruszywem.

Przykłady wykończonych umocnień dna z wykorzystaniem narzutu kamiennego i darniowania przedstawiają zdjęcia fotograficzne zamieszczone na rycinach 4 i 5.

Przy wykonywaniu prac wykończeniowych dotyczących umocnień należy mieć na uwadze, że na obszarach migracji płazów nie powinno się używać pionowych umocnień (np. płotków faszynowych), gdyż utrudniają one przekraczanie cieku przez większość gatunków tych zwierząt.



Ryc. 6. Przykład wykonywania umocnienia skarp ekomostu w technologii gruntu zbrojonego z wykorzystaniem lekkich ścian osłonowych



Ryc. 7. Przykład wykonywania umocnienia skarpy górnego przejścia dla dużych zwierząt z wykorzystaniem kostki kamiennej

## Wykonawstwo elementów wyposażenia ekomostów ze stalowych blach falistych

Jak już wielokrotnie wspomniano w niniejszym cyklu artykułów, duże znaczenie przyrodnicze, a także znaczące koszty budowy przejść powodują, że należy dołożyć wszelkich starań, aby powstające obiekty o funkcji ekologicznej posiadały możliwie najwyższą skuteczność. Kilkunastoletnie doświadczenia z budowy przejść dla zwierząt w Polsce wskazują jednoznacznie, że są to obiekty wymagające rozległej, interdyscyplinarnej wiedzy i szczególnej uwagi zarówno w fazie projektowania, wykonawstwa, jak i późniejszej eksploatacji.

W porównaniu do innych krajów Europy nasze środowisko naturalne charakteryzuje się stosunkowo dobrze zachowanymi zasobami przyrodniczymi, o dużej liczbie zróżnicowanych gatunków naturalnych. Przejścia dla zwierząt są w tym momencie jednym ze sposobów eliminowania negatywnego oddziaływania rozwoju infrastruktury komunikacyjnej na świat dziko żyjących zwierząt [5]. Jak ogólnie wiadomo, są to konstrukcje zapewniające łączność pomiędzy rozdzielonymi przez szlak komunikacyjny terytoriami bytowymi dziko żyjących zwierząt, umożliwiające im przemieszczanie się bez kontaktu z ruchem drogowym bądź kolejowym, zapewniając tym samym dogodny oraz niezakłócony warunki bytowania w obrębie populacji.

Zdaniem autorów, prawidłowo zaprojektowane, wykonane oraz wykończone przejście zapewni wymaganą na etapie eksploatacji skuteczność. Zapewnienie funkcjonalności ekomostu uzależnione jest również od wielu elementów stanowiących odpowiednie wyposażenie tych obiektów.

Mając na uwadze tę funkcjonalność, elementy wyposażenia stanowią w szczególności:

- odpowiednie zabezpieczenie skarp przejścia,
- ekrany akustyczne i przeciwośluniowe,

Tab. 1. Poszczególne etapy wykonywania systemu ogrodzenia ochronnego na przykładzie ekomostu o konstrukcji podatnej z blach falistych



1

Widok posadowienia elementów ogrodzenia ochronnego w postaci fundamentów żelbetowych. Głębokość posadowienia powinna być dostosowana do miąższości poszczególnych warstw nasypu i nawierzchni ekomostu.



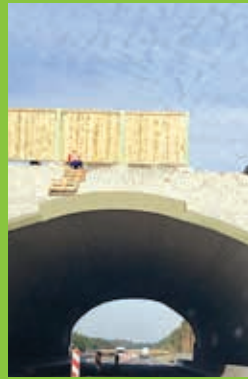
2

Widok wykonanych fundamentów pod ogrodzenie ochronne. Widoczne również ogrodzenie tymczasowe w postaci barier stalowych, niezbędne do prowadzenia prac wykonawczych.



3

Widok etapu wykonywania pionowych elementów ogrodzenia w postaci słupków stalowych montowanych do uprzednio przygotowanych fundamentów.



4

Widok konstrukcji ogrodzenia w trakcie montażu paneli z drewna impregnowanego. W tym przypadku stosowanie częściowo prefabrykowanych elementów ogrodzenia skraca czas robót budowlanych.



5

Widok wykonanego ogrodzenia ochronnego z wykorzystaniem paneli z drewna impregnowanego. W środkowej części zdjęcia widoczne górne fragmenty posadowienia słupków ogrodzenia.

- odpowiednio przygotowane podłoże gruntowe na powierzchni przejścia,
- odpowiednio dobrana szata roślinna, spełniająca określone funkcje,
- elementy zabezpieczające przed ingerencją człowieka,
- elementy zapewniające możliwość utrzymania przejścia w fazie eksploatacyjnej.

Do wykonywania umocnień skarp ekomostów (powierzchni nieprzeznaczonych do migracji zwierząt) należy wykorzystywać materiały powszechnie stosowane jako umocnienia konstrukcji przepustów. Szeroko stosowanym rozwiązaniem jest galeria betonowa w postaci kostki brukowej lub kamiennej. Możliwe jest również wykorzystanie technologii gruntu zbrojonego wraz z elementami osłonowymi w postaci prefabrykowanych elementów ściennych.

Przykłady wykonywania umocnienia skarp w przypadku przejść dla dużych zwierząt przedstawiono na rycinach 6 i 7.

Ze względu na dużą powierzchnię skarp, a co za tym idzie – znaczną powierzchnię oddziaływania wód opadowych, technologia umocnień powinna zapewniać ich pełną stateczność przez właściwe ujęcie wód opadowych. W tym przypadku zaleca się stosować dodatkowe elementy odwodnienia w postaci ścieków skarpowych lub warstw filtracyjnych usytuowanych w obrębie podstawy nasypu. Zagadnienie odwodnienia zarówno wgłębne, jak i powierzchniowe obiektów jest niezwykle złożone. Dotyczy to wykonywania konstrukcji gruntowo-powłokowych, a szczególnie ekomostów, gdzie nie mamy do czynienia z typową dla obiektów mostowych hydroizolacją. **Wagę zagadnienia właściwego odwodnienia pokazała praktyka realizacyjna wielu często spektakularnych tego typu obiektów w naszym kraju. Autorzy zwrócili uwagę na to zagadnienie w kilku wcześniejszych swoich publikacjach konferencyjnych [7, 10]. Doceniając**

**istotę właściwych rozwiązań odwodnień tych obiektów dla ich późniejszej eksploatacji i trwałości, autorzy planują poświęcić temu zagadnieniu osobny artykuł w ramach niniejszego cyklu.**

W celu zmniejszenia emisji hałasu oraz światła pochodzącego od jadących samochodów w pobliżu przejścia, co działa odstrasżająco na zwierzęta, wykorzystuje się osłony akustyczne i przeciwoślnościowe. Obecnie stosuje się dwa typy ekranów:

- ekrany przegrodowe, wykonane najczęściej z tarcicy drewnianej,
- ekrany ziemne w postaci wałów ziemnych.

Ogrodzenia te należy budować głównie z materiałów naturalnych – zaleca się stosowanie drewna impregnowanego (ewentualnie dopuszcza się stosowanie tworzyw drewnopochodnych). Ogrodzenia powinny być przedłużone obustronnie poza koniec strefy najścia [13] i posadowione na fundamentach gwarantujących odpowiednią stateczność ogrodzenia, np. żelbetowych.

Na rycinach zamieszczonych w tabeli 1 przedstawiono poszczególne etapy wykonywania typowych ekranów przeciwoślnościowych i przeciwhałasowych. Pokazano to na przykładzie obecnie realizowanych obiektów w naszym kraju – dużych górnych przejść dla zwierząt o konstrukcji podatnej z blach falistych.

Ponadto w przypadku ekomostów dla celów utrzymaniowych wykonywane są odpowiednie elementy wyposażenia dodatkowego, np. w postaci schodów skarpowych lub elementów umożliwiających prace utrzymaniowe oraz przegląd techniczny obiektu.

Przykłady takich elementów wyposażenia przedstawiono na rycinach 8 i 9.

Elementy te są wykonywane głównie w technologii żelbetowej lub galerii betonowej. Zdaniem autorów, w celu skrócenia czasu negatywnego wpływu inwestycji na otaczające





Ryc. 8. Przykład zastosowania schodów skarpowych do celów inspekcyjnych w przypadku górnego przejścia dla dużych zwierząt



Ryc. 9. Przykład wykonanego chodnika inspekcyjnego w celach utrzymaniowych górnego przejścia dla dużych zwierząt



Ryc. 10. Przykład wykonanego ogrodzenia w obrębie najścia przejścia górnego dla dużych zwierząt. W dolnej części widoczne jest dodatkowe ogrodzenie ochronne dla małych ssaków i herpetofauny



Ryc. 11. Przykład zagospodarowanej nawierzchni w obrębie najścia przejścia górnego dla dużych zwierząt bezpośrednio po jej wykonaniu. Widoczne elementy wyposażenia nawierzchni w postaci nasadzeń oraz stosów pni umożliwiających schronienie się mniejszych zwierząt

środowisko jako opisane wyposażenie powinno się wykorzystywać elementy prefabrykowane lub częściowo prefabrykowane.

Typowym, niezbędnym elementem przy przejściach dla zwierząt są oprócz ogrodzeń siatki naprowadzające. Spełniają one dwie podstawowe funkcje. Po pierwsze uniemożliwiają zwierzętom bezpośrednie wtargnięcie na powierzchnię drogi. Drugim przeznaczeniem jest nakierowanie fauny na bezpieczne przejście. Przeważnie ogrodzenia te wykonuje się ze stalowych bądź stalowych i pokrytych sztucznym tworzywem siatek. Ich wysokość uzależniona jest od gatunków zwierząt występujących na danym obszarze. Ogrodzenie powinno być uzupełnione o dodatkową siatkę naprowadzającą lub płotki dla małych ssaków i herpetofauny. Aby ogrodzenie skutecznie spełniało swoje zadanie, należy połączyć je szczelnie z konstrukcją przejścia.

Na rycinie 10 przedstawiono typowe rozwiązanie ogrodzenia naprowadzającego przejścia górnego dla dużych zwierząt.

Zasadniczym elementem wpływającym na funkcjonalność ekomostów jest odpowiednio zaprojektowana i wykonana nawierzchnia. Nawierzchnię przejścia górnego dla zwierząt powinna stanowić warstwa gruntu urodzajnego, porośniętego trawą oraz innymi gatunkami roślinności. W przypadku terenów narażonych na susze nawierzchnię można uzupełnić domieszką gruntu spoistego, mającego właściwości absorbujące wodę opadową. W obrębie ogrodzeń naprowadzających oraz w bocznych strefach migracji miąższość warstwy gruntu powinna być zwiększona tak, aby była możliwość montażu elementów ogrodzenia, jak również nasadzeń drzew i krzewów.

Na rycinie 11 przedstawiono najczęściej obecnie stosowane rozwiązanie dotyczące nawierzchni przejść górnych dla dużych zwierząt.

Zagospodarowanie powierzchni przejścia górnego powinno być możliwie heterogeniczne, łącząc otwartą przestrzeń strefy migracji ze strefami bocznymi, tworzącymi struktury naprowadzające dla zwierząt. Strefy boczne oraz najścia należy obsadzać w sposób liniowy drzewami i krzewami. Zaleca się stosowanie co najmniej dwóch rzędów roślinności, sadzonej mijankowo. Układ geometryczny stref bocznych powinien być w miarę możliwości równoległy (dla ułatwienia orientacji ptakom i nietoperzom). W celu umożliwienia prac konserwacyjnych i utrzymaniowych, o których już wspomniano wyżej, należy pozostawić wolną przestrzeń pomiędzy linią nasadzeń strefy bocznej i ekranami przeciwośnieniowymi o szerokości co najmniej 1,0 m. Do obsadzenia przejść górnych należy stosować głównie rodzime gatunki roślinności, dostosowane do warunków danej powierzchni. Nasadzenia powinny być możliwie odporne na występujące okresowe susze.

O ile to możliwe, należy wykorzystywać drzewa i krzewy występujące na terenie inwestycji. Ziemię urodzajną stanowiącą nawierzchnię przejścia górnego należy pozyskiwać z terenu inwestycji, aby wykorzystać naturalny bank materiału nasiennego [14].

Ogólny widok górnego przejścia dla dużych zwierząt wraz z niezbędnym wyposażeniem technicznym i utrzymaniowym przedstawiono na rycinie 12.

## Podsumowanie

Omawiana w niniejszym artykule tematyka dotycząca robót wykończeniowych obiektów wykonanych w technologii grunto-powłokowej ze stalowych blach falistych będzie, zdaniem





Ryc. 12. Przykład wykończonego przejścia dla dużych zwierząt wraz z niezbędnym wyposażeniem technicznym i utrzymaniowym

autorów, w dalszym ciągu intensywnie rozwijana. Wynika to z faktu budowy wielu obiektów o tej konstrukcji, a także ciągłego doskonalenia technologii oraz podnoszenia standardów wykonawstwa tego typu robót. Cieszy sytuacja, że wiele światowych sprawdzonych rozwiązań z tego zakresu stosowanych jest obecnie z powodzeniem również w naszej krajowej praktyce inżynierskiej. Część tych rozwiązań w postaci nowoczesnych technologii i materiałów wdrażana jest także w zakresie wykonawstwa konstrukcji przepustów i ekomostów. Dotyczy to rozwiązań konstrukcyjnych elementów, w tym prefabrykowanych, systemów połączeń, jak również jakości robót wykończeniowych. Z pewnością przyczynia się to do zwiększenia trwałości opisywanych obiektów infrastruktury komunikacyjnej.

Dobór odpowiednich elementów wyposażenia oraz sposób ich wbudowania w przypadku coraz częściej wznoszonych w naszym kraju konstrukcji ekomostów bezpośrednio wpływa na skuteczność wykorzystywania ich przez zwierzęta, którym one służą. Na wyposażenie to powinny się składać nie tylko elementy minimalizujące negatywny wpływ na zwierzę, ale również elementy i urządzenia umożliwiające sprawne utrzymanie tych obiektów. Jak wspomniano w tekście, zdaniem autorów należy brać pod uwagę aspekty związane z właściwym odwodnieniem, co jest niezwykle istotne tak dla utrzymania tego typu konstrukcji, jak i ich trwałości.

Z uwagi na obszerność przedstawionej tematyki, a jednocześnie z uwagi na szczupłe ramy artykułu w niniejszej części omówione zostały jedynie najistotniejsze zagadnienia i problemy związane z wykańczaniem oraz elementami wyposażenia omawianych konstrukcji.

## Literatura

- [1] Bohatkiewicz J.: *Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych*. GDDKiA. Warszawa 2007.
- [2] Bolt A.: *Wykorzystanie badań trwałości geotekstyliów w projektowaniu budowli ziemnych*. XV Konferencja Naukowo-Techniczna *Geotekstyli w budownictwie i ochronie środowiska. Szkoła metod projektowania obiektów inżynierskich z zastosowaniem geotekstyliów*. Ustroń, kwiecień 2010.
- [3] Janusz L., Madaj A.: *Obiekty inżynierskie z blach falistych. Projektowanie i wykonawstwo*. WKiŁ. Warszawa 2007.
- [4] Jasiński W., Łęgosz A., Nowak A., Pryga-Szulc A., Wysokowski A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych*. GDDKiA, IBDiM. Żmigród 2006.
- [5] Kurek R.: *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach*. Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot. Bystra 2010.
- [6] Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. GDDKiA, IBDiM. Żmigród 2004.
- [7] Wysokowski A.: *Durability of flexible steel corrugated shell structures – theory and practice*. The third European Conference *Buried Flexible Steel Structures*. Rydzyna, 24–25 April 2017.
- [8] Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. I–XXII*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008–2017.
- [9] Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty i mosty ekologiczne – cz. 23. Wykonawstwo konstrukcji gruntowo-powłokowych ze stalowych blach falistych, cz. 2. Zasyпка konstrukcyjna*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2017, nr 6, s. 94–99.
- [10] Wysokowski A., Howis J.: *Trwałość eksploatacyjna stalowych konstrukcji gruntowo-powłokowych jako mostów ekologicznych*. XXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna *Awarie budowlane*. Szczecin – Międzyzdroje, maj 2015.
- [11] Wysokowski A., Rowińska W., Czerepak A., Janusz L.: *Estetyczne aspekty obiektów inżynierskich wykonywanych z zastosowaniem blach falistych*. „Archivolta” 2001, nr 1, s. 91–92.
- [12] Ziółkowski B.: *Wyposażenie dolnych przejść dla zwierząt*. Praca magisterska, promotor A. Wysokowski, Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra 2013.
- [13] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. Dz.U. 2000, nr 63, poz. 735.
- [14] *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales* (segunda edición, revisada y ampliada). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015 (Hiszpańskie wytyczne dotyczące przejść dla zwierząt).

