

Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 4

Adam Wysokowski¹, Jerzy Howis²

1. Wprowadzenie

Wstępne informacje na temat przepustów nowoczesnych autorzy zamieścili w artykule wprowadzającym. Zwyczajowo poniżej przytoczono spis tytułów wszystkich artykułów na temat przepustów, które sukcesywnie ukazują się w kolejnych edycjach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego”:

1. ARTYKUŁ WPROWADZAJĄCY
2. ASPEKTY PRAWNE PROJEKTOWANIA, BUDOWY I UTRZYMANIA PRZEPUSTÓW
3. PRZEPUSTY TRADYCYJNE
4. PRZEPUSTY NOWOCZESNE
5. PRZEPUSTY JAKO PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT
6. MATERIAŁY DO BUDOWY PRZEPUSTÓW
7. OBCIĄŻENIA I OBLICZANIE KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW
8. BADANIA PRZEPUSTÓW (LABORATORYJNE I TERENOWE)
9. WYPOSAŻENIE PRZEPUSTÓW
10. STAN TECHNICZNY I UTRZYMANIE PRZEPUSTÓW
11. WZMACNIANIE PRZEPUSTÓW

Niniejszy artykuł, zgodnie z tytułem, dotyczy przepustów nowoczesnych.

Rozwój infrastruktury transportowej, a także wprowadzenie nowych materiałów i technologii spowodowało wdrożenie do praktyki inżynierskiej przepustów nowej generacji. Różnicę pomiędzy przepustem tradycyjnym i nowoczesnym dobrze ilustruje rycina 1.



Ryc. 1. Porównanie przepustu tradycyjnego i nowoczesnego – z blach falistych (w ciągu modernizowanej drogi ekspresowej S3), fot. A. Wysokowski

Innowacyjność przepustów polega na nowych rozwiązaniach materiałowych rur osłonowych (lub innych ich kształtach), a głównie na włączeniu gruntu zasyпки o określonych parametrach do współpracy z konstrukcją przepustu. Takie podejście umożliwiło wykonywanie przepustów o konstrukcji lekkiej, a użycie nowych materiałów i technologii – zaniechanie stosowania izolacji i ciężkiego sprzętu do ich budowy. Przedmiotowe przepusty są praktyczne w stosowaniu również pod innym względem, tj. technologicznym, z uwagi na znaczne skrócenie czasu ich wykonania.

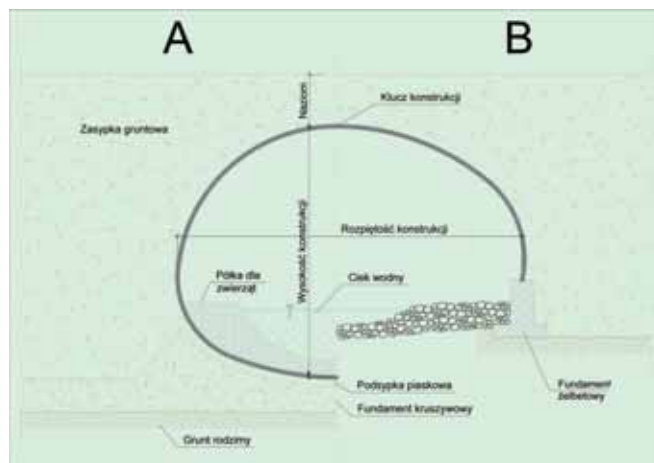
Ze względu na coraz powszechniejsze wykorzystywanie tego typu konstrukcji cieszy fakt ukazania się w ostatnim czasie

¹ Dr hab. inż., prof. UZ; kierownik Zakładu Dróg i Mostów, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski.

² Mgr inż.; Konstruktor, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o., Żmigród.

kilku obszerniejszych publikacji na ten temat, w tym pozycji książkowych [2, 4], a także w postaci zaleceń regulujących przedmiotowe zagadnienia [3, 5].

Ideę stosowania konstrukcji gruntowo-powłokowych do budowy przepustów pokazano na schemacie (ryc. 2).



Ryc. 2. Idea stosowania nowoczesnych przepustów o lekkiej konstrukcji w budownictwie komunikacyjnym [1]

2. Rodzaje i charakterystyka konstrukcji przepustów nowoczesnych

Główną zaletą nowoczesnych konstrukcji przepustów jest współpraca ich rur osłonowych z gruntem. Współpracę tę dodatkowo zwiększa sprężystość zastosowanych powłok. Z tego względu przepusty nowoczesne są konstrukcjami dużo ekonomiczniejszymi niż tradycyjne. Jest to spowodowane faktem, że grunt na etapie użytkowania konstrukcji staje się jej sprzymierzeńcem w przenoszeniu obciążeń, będąc także elementem nośnym przepustu. Należy nadmienić, że istnieje możliwość wykonania dodatkowego zbrojenia gruntu za pomocą odpowiednich geotekstyliów, co często ostatnio się praktykuje.

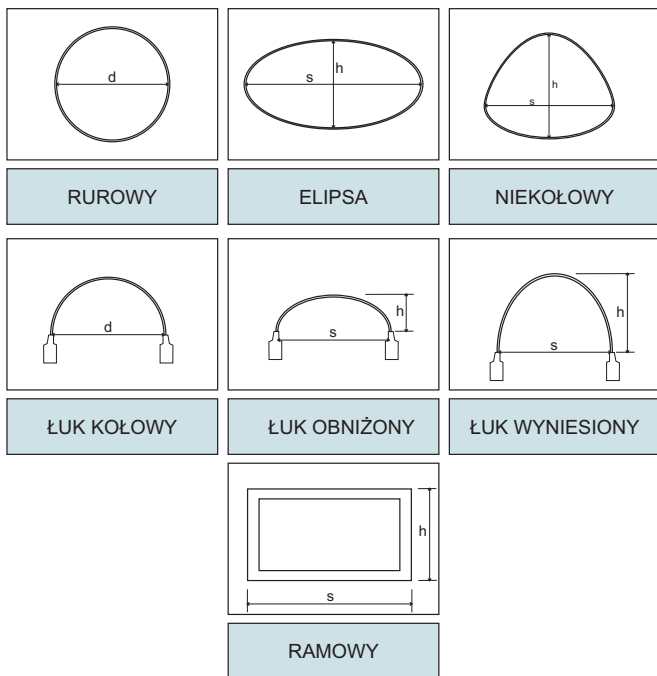
Jak już wspomniano we wstępie, przepusty nowoczesne charakteryzują się m.in. dużą różnorodnością kształtów. Najczęstsze typowe kształty przekroju poprzecznego, które możemy zaobserwować w infrastrukturze komunikacyjnej, autorzy zestawili na rycinie 3.

Nowoczesne przepusty charakteryzują się również różnorodnością stosowanych materiałów rur osłonowych. W tabeli 1 przedstawiono materiały stosowane do budowy przepustów nowoczesnych.

Tab. 1. Typowe rodzaje materiałów stosowanych do wykonywania przepustów nowoczesnych

MATERIAŁY STOSOWANE DO BUDOWY PRZEPUSTÓW NOWOCZESNYCH	
1	Kamień, cegła, beton
2	Blachy faliste (stal, aluminium)
3	Kamionka
4	Polimery zbrojone włóknem szklanym (GRP)
5	Tworzywa sztuczne (PEHD, PP itp.)
6	Żelbet lub beton (nowe technologie)
7	Itp. np. przepusty ze zużytych opon

TYPOWE PRZEKROJE PRZEPUSTÓW NOWOCZESNYCH



Ryc. 3. Typowe kształty przekroju poprzecznego przepustów nowoczesnych

Zestawienie przykładowych materiałów stosowanych do budowy nowoczesnych przepustów pokazano na rycinach 4, 5, 6.



Ryc. 4. Przykład nowoczesnych elementów z tworzyw sztucznych – PEHD firmy Bauku GmbH do budowy przepustów, fot. Polyteam Sp. z o.o.



Ryc. 5. Przykład nowoczesnych elementów z blach falistych firmy ViaCon Polska Sp. z o.o. do budowy przepustów o różnych średnicach, fot. J. Howis



Ryc. 6. Przykład nowoczesnych elementów żelbetowych (o kształcie gardzielowym) firmy Haba-Beton Sp. z o.o. do budowy przepustów

Na rycinach 7, 8 i 9 pokazano natomiast przykładowe ilustracje zrealizowanych ostatnio konstrukcji nowoczesnych przepustów.



Ryc. 7. Przykład przepustu zrealizowanego z rur CC-GRP, fot. Hobas Polska Sp. z o.o.



Ryc. 8. Przykład ostatnio zrealizowanej konstrukcji gruntowo-powłokowej z blach falistych na terenie Wielkopolski, fot. A. Wysokowski



Ryc. 9. Przykład żelbetowych przepustów ramowych zrealizowanych w ostatnich latach we Wrocławiu, fot. J. Howis

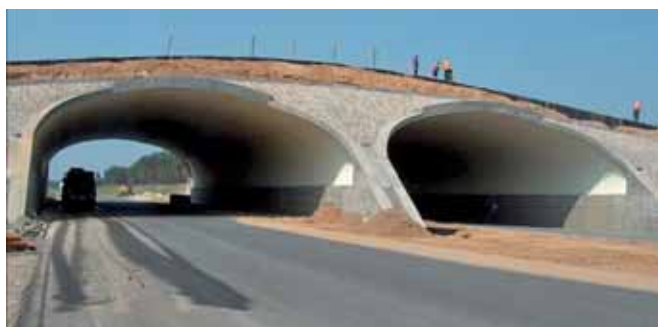
Materiały i technologie do budowy konstrukcji nowoczesnych przepustów ulegają stałym modyfikacjom. Jednym z celów tych działań jest podniesienie nośności, a także zwiększenie rozpiętości budowanych konstrukcji.

W przypadku blach falistych modyfikacje te polegają m.in. na zwiększeniu wysokości fali blachy stalowej oraz dodatkowym pofalowaniu poprzecznym. Konstrukcje takie można spotkać coraz częściej w Polsce w nowych obiektach infrastruktury komunikacyjnej (ryc. 10).



Ryc. 10. Przykład rozwoju konstrukcji gruntowo-powłokowych z blach falistych w kierunku zwiększenia rozpiętości i nośności (konstrukcja SuperCor zastosowana jako przejście dla zwierząt pod drogą S3), fot. A. Wysokowski

Przepusty z blach falistych o rekordowych rozpiętościach, będące przejściami dla zwierząt, zostały zbudowane ostatnio w Polsce (ryc. 11). Fakt ten został odnotowany w wielu publikacjach branżowych.



Ryc. 11. Przykład zastosowania nowoczesnych przepustów do budowy przejść dla dużych zwierząt (autostrada A-2), fot. ViaCon Polska Sp. z o.o.

3. Uwagi na temat praktyki stosowania przepustów tradycyjnych: obliczanie, wykonawstwo, badania, utrzymanie i trwałość

3.1. Obliczanie

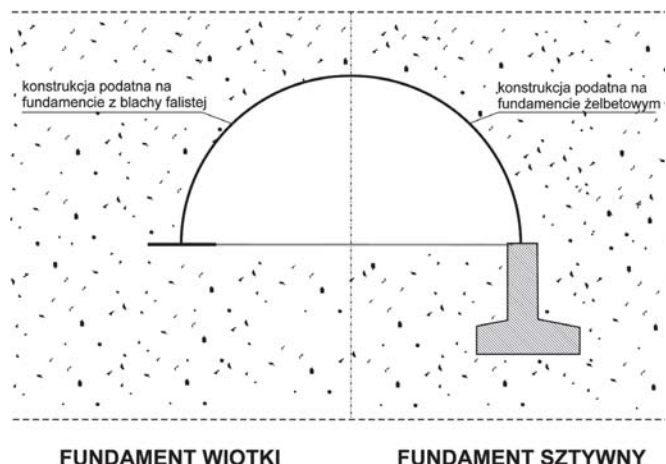
Sposoby obliczeń przepustów nowoczesnych różnią się w znacznym stopniu od metod obliczeniowych przyjętych dla przepustów tradycyjnych. Wynika to z faktu stałego udoskonalania metod obliczeń, a także – najczęściej – ze sprężystej pracy rur osłonowych i ich pełnej współpracy z gruntem. Jakościowy charakter współpracy gruntu z powłoką jest różny na etapie budowy i na etapie użytkowania. Z uwagi na udowodniony fakt dominującej roli gruntu dla stateczności konstrukcji przepustu, dużą rolę odgrywają tutaj parametry zasyпки gruntowej. Przez ostatnie dziesięciolecia, a szczególnie w ostatnim okresie, opracowano wiele metod obliczeń przedmiotowych konstrukcji. Wykorzystuje się je w fazie projektowania rzeczywistych obiektów. Obecnie są w użyciu zarówno metody analityczne, jak i komputerowe, oparte na metodzie elementów skończonych (MES) [4]. Z praktyki autorów wynika, że metody te dają często wyniki różniące się o rząd wielkości od siebie. Przyczyna tego faktu tkwi najczęściej w poziomie współczynników bezpieczeństwa przyjmowanych do obliczeń.

Zgodnie z informacją zamieszczoną w artykule wprowadzającym, zagadnienia te zostaną omówione szerzej w odrębnym artykule dotyczącym obliczeń konstrukcji przepustów.

3.2. Wykonawstwo

Jak już wspomniano, przepusty nowoczesne charakteryzują się prostszą, lżejszą konstrukcją. Z tego względu do ich budowy często wykorzystuje się dużo lżejszy sprzęt w stosunku do przepustów tradycyjnych. Ponadto zastosowanie nowoczesnych, trwałych materiałów umożliwia rezygnację ze stosowania tradycyjnych, pracochłonnych izolacji typu ciężkiego. Duże znaczenie mają tu również względy technologiczne, umożliwiające znaczne skrócenie czasu budowy.

Rozwój konstrukcji gruntowo-powłokowych zmierza w kierunku rezygnacji z żelbetowych, mostowych fundamentów typu ciężkiego. W pełni zastępują je fundamenty lekkie [6], co wyjaśniono na rycinie 12.



Ryc. 12. Idea uproszczonego sposobu wykonywania fundamentów w przepustach nowoczesnych

Przy montażu konstrukcji gruntowo-powłokowych – ze względu na małą sztywność rur osłonowych – szczególną uwagę należy zwracać na fazy zasypywania konstrukcji. Duże znaczenie mają tu również parametry gruntu, który jest elementem nośnym. Te istotne zagadnienia, na które wcześniej zwracano mniejszą uwagę, opisane zostały w wielu publikacjach i są uregulowane m.in. zaleceniami [3, 5].

Przykład fazy zasypywania gruntem konstrukcji gruntowo-powłokowej ilustruje rycina 13.



Ryc. 13. Przykład przepustu gruntowo-powłokowego z blach falistych w trakcie wykonywania zasyпки. Widoczne jest dodatkowe wzmocnienie konstrukcji w środkowej jej części, fot. Drotest Sp. z o.o.

Lekkie rury osłonowe są również chętnie wykorzystywane do budowy przepustów tymczasowych pod drogami na placach



Ryc. 14. Lekkie rury osłonowe z PEHD zastosowane do budowy drogi tymczasowej podczas budowy drogi ekspresowej S3, fot. A. Wysokowski

wielu budów (ryc. 14). Ich zaletą jest łatwy transport i montaż oraz możliwość ponownego użycia.

Zagadnienie dotyczące wykonawstwa konstrukcji przepustów zostaną omówione w odrębnym artykule w ramach niniejszej serii.

3.3. Badania

Badania konstrukcji przepustów są istotne z uwagi na określenie ich rzeczywistego zachowania się od różnego rodzaju obciążeń i mogą dotyczyć:

- badań laboratoryjnych, najczęściej konstrukcji samych rur osłonowych,
- badań laboratoryjnych kompletnych konstrukcji przepustów,

Badania te mogą być prowadzone pod obciążeniami zarówno statycznymi, dynamicznymi, jak i zmęczeniowymi.

- badań nowo wybudowanych, bądź też wzmacnianych przepustów w ciągu dróg, a także linii kolejowych. Najczęściej badania takie wykonuje się jako próbne obciążenia przed oddaniem tych obiektów do ruchu.

Autor niniejszego artykułu, pracując w filii Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Żmigrodzie, miał okazję przez wiele lat kierować licznymi badaniami w tym zakresie. Badania pierwszego z wymienionych typów były najczęściej prowadzone w IBDiM w celu wydawania aprobat technicznych dla tych wyrobów.

Na stanowisku badawczym w laboratorium w Żmigrodzie w ciągu ponad 10 lat przeprowadzono też kilkanaście różnych rodzajów badań konstrukcji przepustów, z czego kilka kompletnych przepustów o konstrukcji gruntowo-powłokowej. Wszystkie one dotyczyły konstrukcji powłokowych. Ważniejsze wyniki badań autor z zespołem miał okazję opisać w kilkunastu publikacjach, np. [6, 10].

Pod kierunkiem autora przeprowadzono również wiele badań przedmiotowych obiektów rzeczywistych, w tym przed ich oddaniem do normalnej eksploatacji. Niektóre z nich oprócz podstawowego, zwyczajowo przyjętego w takich przypadkach, zakresu badań zawierały znacznie szerszy program np. zachowanie się konstrukcji przy hamowaniu taboru, najazd dynamiczny z obu stron konstrukcji itp.

Wyniki badań innych autorów dotyczące przepustów można, choć rzadko, poznać na konferencjach i w czasopismach dotyczących przedmiotu. Omówienie szerokiego zagadnienia badań laboratoryjnych i terenowych przepustów autorzy planują zamieścić w kolejnym artykule.



Ryc. 15. Przykład przepustu zrealizowanego z rur CC-GRP. Gładkie ścianki i trwały materiał ułatwiają utrzymanie konstrukcji, fot. Hobas Sp. z o.o.

3.4. Utrzymanie i trwałość

Z uwagi na wymienione wcześniej zalety konstrukcje nowoczesnych przepustów wymagają stosunkowo niewielkich zabiegów utrzymaniowych. Wynika to m.in. z zastosowania do ich budowy materiałów i technologii o dużej trwałości oraz odpowiednich zabezpieczeń antykorozyjnych.

Konstrukcje podatne produkowane z blachy stalowej są standardowo zabezpieczane zanurzeniowo powłoką cynkową lub alucynkową.

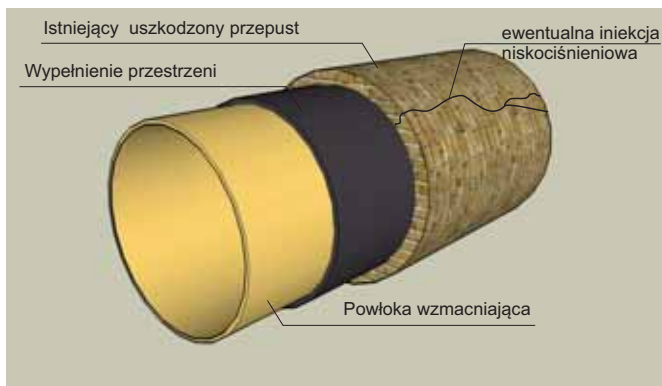
Dodatkowo, w zależności od potrzeb związanych z agresywnością środowiska, są one zabezpieczane powłoką malarską lub polimerową z tworzywa sztucznego, *trenchcoating*. Pozostałe rury osłonowe nie wymagają praktycznie dodatkowych zabezpieczeń.

Trwałość tak wykonanych przepustów szacuje się na ponad 100 lat, co znacznie przekracza wymagania aktualnych krajowych rozporządzeń.

Przykłady estetycznych przepustów o nowoczesnej konstrukcji pokazano na rycinach 15 i 16.



Ryc. 16. Przykład estetycznego, dobrze utrzymanego przejścia dla pieszych, fot. A. Wysokowski



Ryc. 17. Idea renowacji przepustów z użyciem nowoczesnych materiałów

Poruszane w niniejszym rozdziale zagadnienia dotyczące utrzymania i trwałości, autorzy planują zamieścić w odrębnym artykule na łamach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego” w ramach poniższej serii.

4. Sposoby wzmacniania przepustów z użyciem nowoczesnych technologii i materiałów

Wiele przepustów eksploatowanych w infrastrukturze komunikacyjnej wymaga renowacji bądź przebudowy. Potrzeby te były już wielokrotnie sygnalizowane przez autorów w poprzednich publikacjach. Nowoczesne materiały i technologie są coraz częściej stosowane do tych prac, choć zakres tych działań jest stosunkowo niewielki.

Obecnie na krajowym rynku znanych jest kilka technologii, które z powodzeniem mogłyby być wykorzystywane znacznie szerzej do wzmacniania lub przebudowy konstrukcji uszkodzonych przepustów. Większość z tych metod wywodzi się z budownictwa sanitarnego. Ideą jednej z nich, która stosowana jest coraz powszechniej do renowacji przepustów (o mniejszych średnicach), ilustruje rycina 17.

Problematyka ta będzie szerzej poruszona w odrębnym artykule na przedmiotowy temat.

5. Podsumowanie

Opisane w niniejszym artykule technologie są coraz powszechniej wykorzystywane przy rozbudowie infrastruktury transportowej naszego kraju. W dalszym ciągu jest jednak w tej dziedzinie wiele do zrobienia.

Zdaniem autorów, jednym z ważniejszych zagadnień jest udoskonalenie metod obliczeń nowoczesnych konstrukcji przepustów, a także wykorzystanie zalet rur podatnych do wzmacniania istniejących przepustów infrastruktury komunikacyjnej.

Prace wychodzące naprzeciw tym potrzebom prowadzone są intensywnie od wielu lat m.in. w Zakładzie Dróg i Mostów Uniwersytetu Zielonogórskiego. Dotyczą one w tym przypadku następujących zagadnień:

AKTUALNE PRACE DOTYCZĄCE WYKORZYSTANIA NOWOCZESNYCH MATERIAŁÓW I TECHNOLOGII DO BUDOWY NOWOCZESNYCH PRZEPUSTÓW W INFRASTRUKTURZE KOMUNIKACYJNEJ

- ZALECENIA DOTYCZĄCE ODWODNIENI OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH
- KATALOG PRZEPUSTÓW
- PRZEPUSTY KOMUNIKACYJNE
- PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT POD LINIAMI KOMUNIKACYJNYMI (DROGI KOŁOWE I KOLEJOWE)
- EDUKACJA STUDENTÓW O SPECJALNOŚCI DROGOWO-MOSTOWEJ W ZAKRESIE ODWODNIENI
- LCA
- OBLICZENIA

- udoskonalanie metod obliczeń konstrukcji przepustów nowoczesnych,
- wykorzystywanie konstrukcji przepustów do potrzeb budowy przejść dla zwierząt,
- prac studialnych na temat wdrażania materiałów i technologii z budownictwa sanitarnego dla potrzeb dróg i mostów, w tym w zakresie oddziaływania na środowisko i zrównoważonego rozwoju,
- opracowanie katalogu przepustów i przejść dla zwierząt,
- edukacja studentów o specjalności drogowo-mostowej w zakresie przepustów i przejść dla zwierząt (ćwiczenia, wykłady, wycieczki tematyczne, prace dyplomowe itp.).

Wyniki tych prac są na bieżąco publikowane oraz wdrażane w praktyce. Część z nich znajdzie również miejsce w kolejnych artykułach publikowanych w ramach niniejszej serii.

TRADYCYJNIE ZAPRASZAMY DO ZAPOZNANIA SIĘ Z KOLEJNYM ARTYKUŁEM, KTÓRY ZOSTANIE ZAMIESZCZONY W NASTĘPNYM NUMERZE „NOWOCZESNEGO BUDOWNICTWA INŻYNIERSKIEGO”. BĘDZIE DOTYCZYŁ PRZEPUSTÓW JAKO PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT.

Literatura

1. Bosak W.: *Konstrukcje gruntowo-powłokowe o dużych rozpiętościach jako przejścia dla zwierząt*. Uniwersytet Zielonogórski, praca magisterska w specjalności drogowo-mostowej napisana pod kierunkiem A. Wysokowskiego. Zielona Góra 2007.
2. Janusz L., Madaj A.: *Obiekty inżynierskie z blach falistych. Projektowanie i wykonawstwo*. WkiŁ. Warszawa 2007.
3. 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.
4. Machelski C.: *Obliczanie mostów gruntowo-powłokowych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne Wrocławska, Wrocławska Seria Wydawnicza Inżynierii Mostowej (w druku).
5. Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. GDDKiA, IBDiM. Warszawa 2004.
6. Wysokowski A., Janusz L.: *General conclusions based on the testing of various types of corrugated flexible structures in laboratory in natural scale*. Pierwsza Europejska Konferencja: Konstrukcje podatne z blach falistych w inżynierii komunikacyjnej. „Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej” 2007, nr 1 (Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej).
7. Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 1. Artykuł wprowadzający*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008, nr 2 (17), s. 52–56.
8. Wysokowski A., Howis J.: *Stosowanie konstrukcji gruntowo-powłokowych jako przejść dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej*. „Materiały Budowlane” 2008, nr 4.
9. Wysokowski A., Pryga A.: *Trwałość eksploatacyjna podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. V Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Problemy projektowania, budowy oraz utrzymania mostów małych i średnich rozpiętości. Wrocław 2–3 grudnia 2004.
10. Wysokowski A., Vaslestad J.: *Full scale fatigue testing of large-diameter Multi-Plate corrugated steel culverts*. „Archives of Civil Engineering” 2002, t. XLVIII, zeszyt 1.

Materiały informacyjne firm:

ViaCon Polska Sp. z o.o., Rydzyna; Drottest Sp. z o.o., Gdańsk; Polyteam Sp. z o.o., Wrocław; Bauku GmbH, Diehl; Hobas Polska Sp. z o.o., Dąbrowa Górnicza; Haba-Beton Sp. z o.o., Ujazd; Voestalpine Sp. z o.o., Tychy; Inpro Polycrrete Sp. z o.o., Chorzów.