

# Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 20

## Wykonawstwo przepustów betonowych, cz. 1 – roboty przygotowawcze, ziemne i fundamentowe



tekst: **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

Po omówieniu w poprzednich artykułach z niniejszej serii zagadnień związanych m.in. ze sprawami teoretycznymi, sposobami obliczeń i projektowania oraz przygotowania inwestycji [10] kolejnym ważnym tematem są zagadnienia związane z wykonawstwem przedmiotowych obiektów.

Jest to istotna tematyka z uwagi na specyfikę konstrukcji przepustów, które w zależności od rodzaju materiału, z jakiego wykonana jest konstrukcja osłonowa, niejednokrotnie różnią się metodą ich wykonywania.

W niniejszym artykule autorzy poruszają tematykę związaną z właściwym wykonywaniem konstrukcji przepustów w technologii betonowej i żelbetowej oraz elementów wyposażenia mających bezpośredni wpływ na ich funkcjonalność. Ze względu na obszerność omawianego zagadnienia artykuł został podzielony na dwie części. Przedmiotowy artykuł dotyczy zagadnień związanych z wykonywaniem konstrukcji przepustów w zakresie robót przygotowawczych, ziemnych oraz fundamentowych.

### 1. Wprowadzenie

Jak ogólnie wiadomo, każdy proces budowlany składa się z etapu przygotowań (m.in. wykonanie dokumentacji projektowej), etapu realizacyjnego (wytyczenie geodezyjne obiektów, zagospodarowanie terenu budowy, wykonanie infrastruktury technicznej, docelowe wykonywanie robót) oraz etapu odbiorów i przekazania obiektu do eksploatacji.

Od sposobu zaprojektowania i zbudowania przepustu drogowego lub kolejowego zależy jego późniejsza sprawna i bezproblemowa eksploatacja. Dlatego też przy określaniu zakresu niezbędnych prac budowlanych należy uwzględnić zachowanie odpowiedniej trwałości obiektu, jak również ekonomikę rozwiązań projektowych. Ważne jest także zastosowanie nowoczesnych materiałów i technologii.

Obecnie w praktyce inżynierskiej dobór technologii wykonawstwa oraz odpowiednia organizacja budowy mają zasadnicze znaczenie zarówno dla sprawnej realizacji inwestycji z uwzględnieniem spraw ekonomicznych, ale również, co ważne, aspektów ekologicznych i trwałości wykonanych obiektów [11, 13].

W niniejszym artykule omówione zostaną poszczególne etapy realizacji przepustów komunikacyjnych **w zakresie robót przygotowawczych, ziemnych oraz robót fundamentowych**,

wykonywanych w technologii betonowej i żelbetowej, wraz z wyszczególnieniem zakresu i wymagań na poszczególnych etapach.

### 2. Technologia wykonywania przepustów betonowych i żelbetowych

Wykonawstwo przepustów betonowych i żelbetowych polega na odpowiednim etapowaniu prac budowlanych w celu optymalnej realizacji inwestycji. W praktyce inżynierskiej można wyróżnić następujące etapy wykonawstwa przepustów betonowych:

- roboty przygotowawcze (oznakowanie robót, zabezpieczenie ruchu kołowego itp.),
- odwodnienie terenu objętego inwestycją,
- fundamentowanie,
- posadowienie elementów prefabrykowanych,
- wykonanie płyty zespalającej oraz głowic i skrzydeł,
- izolacja i uszczelnienie,
- wykonanie zasyпки konstrukcyjnej przepustu z odpowiednim zagęszczeniem,
- umocnienie wlotu i wylotu przepustu,
- wykonanie nawierzchni i elementów zabezpieczających ruch kołowy,
- roboty porządkowe.

W przypadku istniejących konstrukcji przepustów, które wymagają przebudowy, istnieje konieczność wykonania dodatkowych robót rozbiórkowych. Dotyczy to zarówno głównych elementów konstrukcyjnych, jak również wyposażenia. Z uwagi na szczupłe ramy artykułu prace te szczerzej zostaną opisane w artykule dotyczącym przebudowy omawianych konstrukcji.

W dalszej części artykułu opisano poszczególne etapy realizacji konstrukcji przepustów betonowych z wyszczególnieniem podstawowych wymagań w tym zakresie.

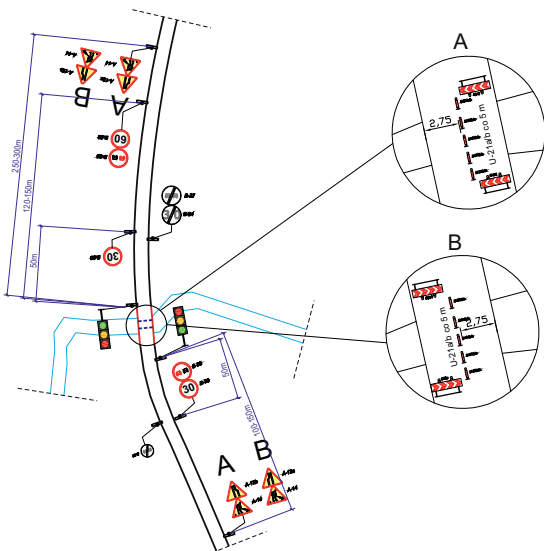
#### 2.1. Roboty przygotowawcze

Jak już wspomniano w artykule z niniejszej serii nr XVII [10], przygotowując inwestycję infrastrukturalną, należy mieć na

uwadze, że tego typu inwestycje (szczególnie przebudowy i remonty przepustów pod koroną drogi) mają bezpośredni wpływ na sposób użytkowania dróg kołowych przez ich uczestników. Z tego względu inwestorzy muszą również brać pod uwagę ewentualne koszty społeczne jej realizacji (objazdy czy zamknięcie obiektu dla ruchu w przypadku realizacji obiektów metodą wykopu otwartego). Wiąże się to bezpośrednio z opracowaniem optymalnej tymczasowej organizacji ruchu na czas budowy. Obowiązek opracowania takiej organizacji ruchu leży głównie po stronie projektanta, lecz niejednokrotnie w trakcie prowadzenia robót wykonawca wprowadza modyfikacje. Zmiany te wynikają głównie z chęci usprawnienia ruchu w obrębie inwestycji.

Istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jest też odpowiednie zabezpieczenie i oznakowanie robót. Ma to szczególnie duże znaczenie przy inwestycjach polegających na przebudowie przepustów komunikacyjnych w ciągu dróg kołowych. Oprócz znaków pionowych i poziomych należy odpowiednio oznakować roboty także w porze nocnej, szczególnie gdy przebudowa jest prowadzona np. metodą połówkową (z wyłączeniem jednego pasa ruchu). Zasady usytuowania znaków w pasie drogowym określa rozporządzenie [15] oraz ustawa [14].

W przypadku wykonywania przepustów metodą bezwykopową (z zastosowaniem rur przeciskowych) omawiany etap jest ograniczony z uwagi na niewielką ingerencję w organizację ruchu kołowego [7, 9]. Metody bezwykopowe wykonywania przepustów autorzy planują omówić w jednym z kolejnych artykułów z niniejszej serii. Na rycinie 1 przedstawiono przykładowe oznakowanie robót w obrębie prowadzonej inwestycji metodą wykopu otwartego za pomocą znaków pionowych i sygnalizacji świetlnej.



Ryc. 1. Przykładowe oznakowanie robót w obrębie prowadzonej przebudowy przepustu metodą połówkową za pomocą znaków pionowych i sygnalizacji świetlnej

Do robót przygotowawczych należy także odpowiednie zagospodarowanie terenu placu budowy. Powinno ono uwzględniać funkcjonalne potrzeby wykonawcy oraz ekonomikę rozwiązań organizacyjnych. Ponadto powinno zawierać aspekty związane z ergonomią, szczególnie w odniesieniu do składowania materiałów niezbędnych do realizacji inwestycji [6, 16, 19].

Zdaniem autorów, dobrze zaplanowane i prowadzone od strony BHP przygotowanie inwestycji w terenie warunkuje jej późniejszą bezproblemową realizację [18].

Przed przystąpieniem do robót należy dokonać wytyczenia przepustu i trwałego oznaczenia punktów pomiarowych. Ponadto w trakcie przygotowania terenu inwestycji należy wykonać odwodnienie terenu i ewentualną regulację cieku na odcinku posadowienia przepustu lub jego czasowego przełożenia, co opisano poniżej.

## 2.2. Wykonanie odwodnienia terenu objętego inwestycją

W trakcie realizacji inwestycji związanych z budową przepustów w ciągu istniejących cieków wodnych niejednokrotnie należy odpowiednio zabezpieczyć prowadzone prace (zwłaszcza roboty ziemne) przed oddziaływaniem wody. W przypadku małych i średnich cieków wodnych możliwe jest ich bezpieczne przełożenie, np. z wykorzystaniem tymczasowych konstrukcji. W bezpośrednim obrębie wykonywanych robót (równolegle) wykonuje się tymczasowy przepust o małej średnicy dla przeprowadzenia cieku wodnego. Konstrukcję rurową stosuje się w celu ochrony gruntu przed nadmiernym przesączeniem, które mogłoby mieć wpływ na stateczność wykonywanego fundamentu. Dodatkowo w celu odpowiedniego odwodnienia inwestycji – szczególnie w przypadku trudnych warunków gruntowo-wodnych – stosuje się igłofiltrę lub inne powszechnie znane metody obniżania poziomu wód gruntowych [20, 21]. Zdaniem autorów, prawidłowe odwodnienie terenu inwestycji przyczynia się w dużym stopniu do zwiększenia tempa prowadzonych robót, a co za tym idzie, do redukcji kosztów całej inwestycji.

Odwodnienie dotyczy również miejsca składowania niezbędnych materiałów budowlanych na placu budowy. Miejsca te powinny być odpowiednio wyrównane i utwardzone. W celu odprowadzenia wody opadowej stosuje się głównie metody powierzchniowe z wykorzystaniem płytkich rowów tymczasowych z odpowiednim spadkiem podłużnym. Należy pamiętać, że materiały budowlane, w szczególności materiały do produkcji mieszanek betonowych, powinny być odpowiednio zabezpieczone przed wilgocią [12].

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 2 przedstawiono przykładowy sposób przełożenia cieku wodnego w trakcie realizacji przepustu drogowego o przekroju skrzynkowym.

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 3 przedstawiono przykładowy sposób odwodnienia terenu inwestycji z wykorzystaniem igłofiltrów.



Ryc. 2. Widok przykładowego sposobu przełożenia cieku wodnego za pomocą tymczasowego przepustu o małej średnicy w trakcie realizacji przepustu drogowego o przekroju skrzynkowym, fot. A. Wysokowski





Ryc. 3. Widok przykładowego sposobu odwodnienia terenu budowy przepustu drogowego z wykorzystaniem igłofiltrów, fot. A. Wysokowski

### 2.3. Wykonanie fundamentu

Przepusty sztywne, z reguły wykonane z betonu monolitycznego bądź też z prefabrykatów betonowych, układa się na rodzimym gruncie (o dobrych parametrach, stwierdzonych na podstawie badań gruntu) lub najczęściej na wcześniej wykonanej warstwie chudego betonu o różnej miąższości, w zależności od stwierdzonych warunków posadowienia.

Jak ogólnie wiadomo, parametry podłoża gruntowego muszą zagwarantować nośność i stateczność wykonanej na nim konstrukcji. Dotyczy to oczywiście także omawianych konstrukcji przepustów.

Przed przystąpieniem do wykonania fundamentu należy sprawdzić nośność podłoża, na którym konstrukcja ma być wykonana. W przypadku niespełnienia parametrów wytrzymałościowych podłoża należy zaprojektować jego wzmocnienie, np. przez zastosowanie geosyntetyków, odpowiednią stabilizację czy zwiększenie miąższości fundamentu kruszywowego [1, 2, 3, 5, 8].

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 4 przedstawiono przykładowy sposób wzmocnienia podłoża w obrębie przepustu z wykorzystaniem geosyntetyków.

Do najczęściej wykorzystywanych materiałów w posadowieniu przepustów i przejść dla zwierząt należą m.in. odpowiednio stabilizowane kruszywo, pospółka, kliniec, chudy beton, keramzyt lub grunt rodzimy (jeśli spełnia parametry wytrzymałościowe i fizyczne).

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 5 przedstawiono przykładowy proces technologiczny formowania fundamentu kruszywowego pod przepust skrzynkowy wykonywany metodą półówkową.

Przy mechanicznym wykonywaniu wykopu pod fundament powinna być pozostawiona niepoabrana warstwa gruntu o grubości co najmniej 20,0 cm od projektowanego dna wykopu.



Ryc. 4. Widok przykładowego sposobu wzmocnienia podłoża w obrębie przepustu (w miejscu jego posadowienia) z wykorzystaniem geosyntetyków, fot. A. Wysokowski



Ryc. 5. Widok przykładowego formowania fundamentu kruszywowego pod przepust skrzynkowy wykonywany metodą półówkową, fot. A. Wysokowski

Warstwa ta powinna być usunięta ręcznie lub mechanicznie z zastosowaniem koparki z oprzyrządowaniem niepowodującym niekorzystnego spulchnienia gruntu.

W przypadku występowania gruntów nawodnionych przed wykonaniem fundamentów lub wymiany gruntu należy je odpowiednio osuszyć. Osuszenie należy wykonać przez zastosowanie wspomnianych wcześniej w artykule igłofiltrów, a w przypadku gruntów spoistych w stanie plastycznym przez stabilizację tych warstw na głębokość min. 20,0 cm. W sytuacji gdy na terenie inwestycji stwierdzono grunty bardzo słabe i wysadzinowe (np. próchniczne, torfy itp.), konieczne jest zastosowanie fundamentowania specjalnego, np. metodą palowania głębokiego [1, 2, 4].

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 6 przedstawiono przykładowy sposób wykonania fundamentowania w postaci palowania dla przepustu prefabrykowanego o przekroju skrzynkowym o dużym świetle poziomym.

Podłoże pod wykonywany fundament należy odpowiednio zagęścić przy użyciu lekkiego sprzętu mechanicznego (np. płyt wibracyjnych) do wskaźnika zagęszczenia min.  $I_s = 0,95$ .

Przy zagęszczaniu gruntu w celu uzyskania równomiernego wskaźnika zagęszczenia należy rozściełać grunt warstwami poziomymi o równej grubości, sposobem ręcznym lub lekkim sprzętem mechanicznym, oraz zagęszczać je na całej szerokości przy jednakowej liczbie przejść sprzętu zagęszczającego.

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 7 przedstawiono przykład fundamentu w postaci płyty betonowej dla przepustu prefabrykowanego o przekroju skrzynkowym.

Przy projektowaniu fundamentów przepustów należy mieć na uwadze również odpowiednie zaprojektowanie fundamentów



Ryc. 6. Przykładowy sposób wykonania fundamentowania w postaci palowania dla przepustu prefabrykowanego o przekroju skrzynkowym (na dalszym planie widoczne przygotowane prefabrykаты o przekroju dwudzielnym), fot. A. Wysokowski



Ryc. 7. Przykład fundamentu w postaci płyty betonowej dla przepustu prefabrykowanego o przekroju skrzynekowym, fot. A. Wysokowski



Ryc. 8. Widok przykładowego sposobu wykonania fundamentu płytowego dla skrzydełka prefabrykowanego, fot. A. Wysokowski

pod konstrukcyjne elementy wyposażenia przepustu, tj. głowice i skrzydełka. Fundament pod wymienione elementy powinien spełniać takie same wymagania, jak w przypadku zasadniczej konstrukcji przepustu.

Na zdjęciu fotograficznym zamieszczonym na rycinie 8 przedstawiono sposób wykonania fundamentu płytowego dla skrzydełka prefabrykowanego.

### 3. Podsumowanie

Jak opisano w niniejszym artykule, dobór optymalnej technologii wykonywania konstrukcji przepustów w technologii betonowej i żelbetowej oraz poszczególnych elementów ich wyposażenia ma bezpośredni wpływ na sprawność realizacji inwestycji.

W przypadku omawianych sztywnych konstrukcji bardzo istotnym czynnikiem mającym wpływ na nośność i stateczność wykonanej konstrukcji przepustu są zagadnienia związane z fundamentowaniem. Parametry podłoża gruntowego muszą zagwarantować późniejszą bezproblemową eksploatację wykonanej konstrukcji [17]. Ważna jest przy tym odpowiednia analiza nośności podłoża rodzimego, na którym konstrukcja ma być wykonana.

Jak już wspomniano, ze względu na obszerność zagadnienia wykonawstwa przepustów o charakterze sztywnym artykuł został podzielony na dwie części. Kolejny artykuł z tej serii będzie stanowił kontynuację opisywanej tematyki i dotyczył montażu elementów prefabrykowanych, wykonywania powłok zabezpieczających, zasyпки, wykonywania głowic i skrzydeł, płyt przejściowych oraz elementów wyposażenia przepustów.

### Literatura

- [1] Bagińska I.: *Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego metodami polowymi w ujęciu eurokodu 7*. „Górnictwo i Geoinżynieria” 2009, t. 33, z. 1.
- [2] Bolt A.: *Wykorzystanie badań trwałości geotekstyliów w projektowaniu budowli ziemnych*. Materiały XV Konferencji Naukowo-Technicznej Geotekstyliów w budownictwie i ochronie środowiska. Szkoła metod projektowania obiektów inżynierskich z zastosowaniem geotekstyliów. Ustroń, kwiecień 2010 r.
- [3] Czudec G., Sobala D., Tomaka W.: *Przykłady wpływu błędnego rozpoznania warunków gruntowych na realizację robót budowlanych*. „Inżynieria i Budownictwo” 2009, nr 3.
- [4] Gwiżdżała K.: *Fundamenty palowe*. T. 1. *Technologie i obliczenia*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2011.
- [5] 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.
- [6] Korona L.: *Przygotowanie inwestycji budowlanej do realizacji w świetle nowych wymagań ochrony środowiska*. „Czasopismo Techniczne” 2010, z. 2 1-B.

- [7] Madryas C., Kolonko A., Szot A., Wysocki L.: *Mikrotunelowanie*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2006.
- [8] Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. GDDKiA, IBDiM. Żmigród 2004.
- [9] Wysokowski A.: *Techniczno-ekonomiczna efektywność stosowania technologii bezwykopowych przy budowie dróg i infrastruktury kolejowej*. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej *Infrastruktura podziemna miast*. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2011.
- [10] Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. I–XIX*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008–2016.
- [11] Wysokowski A., Staszczuk A., Bosak W.: *Przejścia dla zwierząt w budownictwie komunikacyjnym*. „Inżynier Budownictwa” 2007, nr 12, s. 72–75.
- [12] Wrona J.: *Jakie znaczenie dla prefabrykatów betonowych ma właściwy dobór i aplikacja środka antyadhezyjnego?*. „Inżynier Budownictwa” 2014, nr 4.
- [13] *Materiały konferencyjne XII Świątecznej Drogowo-mostowej Żmigrodzkiej Konferencji Naukowo-Technicznej Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej*. Żmigród, grudzień 2013 r. *Infrastruktura Komunikacyjna, Żmigród: Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie*. Kraków 2013.
- [14] *Ustawa z 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym*. Dz.U. 1997, nr 98, poz. 602.
- [15] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach zarządzania ruchem na drogach*. Dz.U. 2003, nr 220, poz. 2181.
- [16] *Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. o odpadach*. Dz.U. 2001, nr 62, poz. 628.
- [17] *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych*. Dz.U. 2012, poz. 463.
- [18] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych*. Dz.U. 2003, nr 47, poz. 401.
- [19] *Ustawa z 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane*. Dz.U. 2013, poz. 1409.
- [20] *Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia drogowych obiektów mostowych*. GDDKiA. Warszawa 2009.
- [21] *Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*. GDDKiA. Warszawa 2009.

