

mgr inż. Adam Czuchnicki<sup>1\*)</sup>  
mgr inż. Janusz Wasilkowski<sup>2)</sup>

# Relining w budownictwie komunikacyjnym

*Relining in transportation engineering*

DOI: 10.15199/33.2015.07.18

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono przykłady przebudowy przepustów w technologii reliningu przy użyciu różnych materiałów budowlanych. Wymieniono zalety stosowania tej metody w budownictwie komunikacyjnym: prowadzenie robót pod ruchem, brak utrudnień i objazdów, niskie koszty i krótki czas wykonania w porównaniu z rozbiórką starego obiektu i budową nowego. Zaproponowano tok postępowania pozwalający ograniczyć do minimum problemy projektowe i wykonawcze w przypadku reliningu. Przedstawiono zalecenia dla projektantów dotyczące zakresu inwentaryzacji, obliczeń hydraulicznych i uwzględnienia warunków realizacji robót oraz dla wykonawców począwszy od prac przygotowawczych, przez montaż prefabrykatów we wnętrzu przepustu, do wykonania iniekcji. Zaprezentowano przykłady błędów projektowych oraz wykonawczych, jakie mogą być popełniane przy przebudowach obiektów inżynierskich metodą reliningu i sposoby rozwiązania napotkanych trudności.

**Słowa kluczowe:** relining, przebudowa, przepust, obiekt inżynierski.

**Abstract.** The article presents reconstruction of culverts using relining technology with various building materials. Advantages of using this method in transportation engineering were mentioned: conduction of works without stopping traffic, no obstacles and detours, low costs, and short time of execution in comparison with the demolition of an old culvert and building a new one in its place. A course of actions which allow for minimization of design and construction problems when using relining was proposed. Recommendations for Designers which concern the scope of inspection and performing measurements, hydraulic calculations and taking into account working conditions were presented. Instructions for Contractors involving preparatory works, assembly of prefabricated elements in the inside of a culvert and performing injection were also described. Examples of repetitive Designers and Contractors errors and omissions that may occur when reconstructing culverts using relining were presented. Solutions to encountered problems were shown.

**Keywords:** relining, reconstruction, culvert.

Relining polega na umieszczeniu we wnętrzu istniejącego obiektu nowej konstrukcji nośnej i szczelnym wypełnieniu przestrzeni pomiędzy nimi iniektem. Początek stosowania tej technologii datuje się na lata czterdzieste XX wieku [1]. W przypadku obiektów inżynierskich metodę tę wykorzystuje się do wzmocnienia przepustów. Zwykle są to konstrukcje rurowe złożone z prefabrykatów, które wskutek nierównomiernego osiadania z upływem czasu uległy skławiszowaniu lub przepusty kamiennie-ceglane o konstrukcji sklepionej, z licznymi uszkodzeniami, często nieszczelne i bez zapasu nośności. Relining jest również stosowany wówczas, gdy na skutek poszerzenia korony drogi (nowe chodniki, ścieżki rowerowe) i zmiany ukształtowania skarp nasypu przepust wymaga wydłużenia. Zaletą tej metody jest skrócenie czasu realizacji dzie-

ki możliwości prowadzenia wszystkich robót bez wyłączenia obiektu z eksploatacji, rozbiórki i wykonania nowego przepustu, co eliminuje objazdy lub inne utrudnienia w ruchu.

Do reliningu wykorzystuje się tradycyjne oraz najnowsze materiały i wyroby budowlane. Przekroje poprzeczne wprowadzanej konstrukcji mogą mieć różny kształt i być wykonane jako:

- prefabrykowane żelbetowe segmenty rurowe lub skrzynkowe;
- rury stalowe gładkie, spiralnie karbowane lub skręcane z blachy falistej;
- rury z polietylenu wysokiej gęstości;
- rury kompozytowe GRP.

Możliwe jest też użycie cienkiego rękawa nasączonego żywicą poliestrową, który nie jest elementem nośnym, lecz służy do uszczelnienia, poprawy warunków przepływu hydraulicznego oraz zabezpieczenia istniejącego przepustu przed postępującą degradacją.

Decyzja o zastosowaniu reliningu czy wykonaniu rozbiórki i budowie nowego obiektu jest determinowana przez:

- geometrię istniejącej konstrukcji;
- funkcję obiektu;
- możliwość zmiany kształtu i zmniejszenia przekroju poprzecznego;

■ warunki gruntowo-wodne, rodzaj posadowienia, dopuszczalność inżynierii w fundamencie i konstrukcję;

■ rodzaj i natężenie wody przepływającej w cieku, które wymaga odpowiedniego przeprowadzenia, ograniczenia lub zatrzymania napływu w trakcie prowadzenia robót;

- wysokość nasypu;
- dostęp do obiektu;
- możliwość dostępu maszyn, urządzeń i dowożenia sprzętu;
- koszty.

## Zalecenia projektowe i wykonawcze

W artykule przedstawimy dobre praktyki dotyczące stosowania technologii reliningu, doświadczenia z nadzorowania przebudów, problemy, które pojawiły się w trakcie robót budowlanych, a także wymagania dotyczące dokumentacji projektowych, przykłady uchybień i zaniechań.

**Inwentaryzacja przepustu (światłopionowe i poziome).** Podstawą projektu przebudowy metodą reliningu, gdy nie dysponuje się dokumentacją obiektu, jest szczegółowa inwentaryzacja. W przypadku przepustów sklepionych wykonanych z kamienia i cegły lub z betono-

<sup>1)</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury

<sup>2)</sup> Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Oddział w Szczecinie

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: adam.czuchnicki@zut.edu.pl

wych prefabrykatów należy zmierzyć w wielu miejscach światło pionowe i poziome oraz sprawdzić prostoliniowość ścian. Zaleca się też wykonać odkrywki i wcisnąć w kilku miejscach pręt, aby określić kształt fundamentów i rodzaj dna. Gabaryty zewnętrzne nowej konstrukcji muszą być takie, aby można ją było umieścić w środku istniejącego przepustu, a w szczególności bezproblemowo przeprowadzić przez lokalne przewężenia, np. spowodowane imperfekcjami konstrukcji (wystające kamienie i cegły lub poklawiszowane prefabrykaty przepustu). Utrudniony dostęp do niektórych obiektów uniemożliwia wykonanie pełnej inwentaryzacji. Przed rozpoczęciem budowy, po odcięciu dopływu wody wykonawca powinien sprawdzić, czy geometria przepustu, kształt fundamentów i umocnienie dna rzeczywiście odpowiadają założeniom projektanta.

**Obliczenia hydrauliczne.** Pierwszym krokiem do podjęcia decyzji o możliwości zastosowania metody reliningu jest wykonanie obliczeń kontrolnych warunków hydraulicznych, a następnie sprawdzenie, czy będą one spełnione po zmianie kształtu przekroju poprzecznego, szorstkości nowo wbudowanego materiału oraz innej długości przepustu (gdy  $L_p \geq h_p$ ) [2, 3]. Relineing zmniejsza pole przekroju poprzecznego przepustu. Może się okazać, że konstrukcja nie zmieści się do wnętrza starego przepustu ze względu na występującą kolizję z odsadzkami istniejącego fundamentu lub z umocnionym dnem. W takim przypadku konieczne jest zwiększenie światła, co wiąże się z osłabieniem konstrukcji (zmniejszenie nośności) istniejącego przepustu podczas przebudowy. W związku z tym na etapie inwentaryzacji należy sprawdzić, z jakiego materiału wykonano umocnienie dna cieku oraz czy można je bezpiecznie naruszyć i pogłębić. Konieczna jest również analiza wpływu wycięcia i usunięcia odsadzek fundamentu na stateczność oraz nośność konstrukcji. W przypadku braku możliwości powiększenia światła starego przepustu należy sprawdzić, jak mniejszy przekrój poprzeczny nowej konstrukcji wewnętrznej wpłynie na parametry hydrauliczne. Po przebudowie metodą reliningu może się zdarzyć, że w czasie wysokiej wody obiekt będzie miał zatopiony wlot lub powstanie syfon. Wówczas od strony wlotu i wylotu,

na wysokości wahań poziomu wody, należy zaprojektować głowice oraz umocnienie skarp.

**Dostęp do prowadzenia robót.** Wyznaczony teren budowy i określona w projekcie technologia budowy powinny być dostosowane do rzeźby terenu, zarządzenia, granic działek w bezpośrednim otoczeniu obiektu. Uwzględniając to, projektant powinien zaplanować:

- dostęp pracowników do miejsca budowy;
- dojazd w trudno dostępne miejsce, optymalne ustawienie i możliwość manewrowania sprzętem w czasie prowadzenia robót (dźwig, koparka, betonowozy, pompa samochodowa itp.);
- tymczasowe miejsca parkingowe maszyn;
- dostarczanie i składowanie materiałów oraz sposób podawania betonu;
- organizację ruchu na czas budowy.

Często z powodów logistycznych konieczne jest zajęcie działek sąsiednich, co wymaga dodatkowych uzgodnień i umów.

**Roboty przygotowawcze.** Prowadzenie robót polegających na wzmacnianiu, przebudowie lub remoncie przepustów przeprowadzających cieki wymaga odcinkowego zamknięcia dopływu wody przed i za obiektem (ścianki szczelne, groble itp.) z jednoczesnym zapewnieniem przepływu tymczasowym rurociągiem. Jego średnica powinna być tak dobrana, by nie nastąpiło spiętrzenie napływającej wody. Należy także przewidzieć okresowe użycie pomp. Po zapewnieniu tymczasowego przepływu cieku i przed przystąpieniem do zasadniczych robót należy usunąć wszystkie zmurzałe lub luźne cegły i kamienie. Prace powinny być tak wykonywane, aby nie obniżyć nośności konstrukcji. Należy je prowadzić odcinkowo i od razu uzupełniać lokalne ubytki materiału. Oświetlenie przestrzeni wewnętrznej i wentylacja przepustu wymagają doprowadzenia energii elektrycznej zgodnie z zasadami BHP. Projektant powinien wskazać w dokumentacji niestandardowy sprzęt do prowadzenia robót oraz zamieścić w tabeli elementów rozliczeniowych pozycje, które generują koszty, m.in. cięcie oraz usuwanie kamieni i cegieł lub pogłębianie dna w przypadku konieczności zwiększenia światła przepustu, pompowanie wody, oświetlenie wnętrza.

**Montaż konstrukcji wewnętrznej.** Wymagane jest dokładne opracowanie technologii wbudowania konstrukcji we-

wnętrznej z uwzględnieniem wszystkich czynności i urządzeń mechanicznych. W zależności od kształtu wsuwanych prefabrykatów i ich materiału należy odpowiednio wyprofilować dno przepustu, umieścić w nim prowadnice (np. szyny) oraz zweryfikować wymiary otworu. Wykorzystuje się do tego próbny trójwymiarowy element o wymiarach przekroju poprzecznego odpowiadającego docelowej konstrukcji wewnętrznej, który przeprowadza się przez stary przepust, kontrolując liniowość i szczelność połączeń.

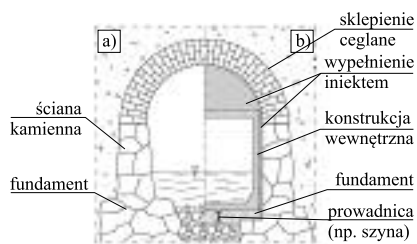
W celu zapewnienia współpracy przy przenoszeniu obciążeń, elementy wewnętrzne należy scalić z istniejącym przepustem przez wypełnienie iniektem wolnych przestrzeni i pustek powietrznych pomiędzy nimi. Jako materiał wypełniający można stosować np. specjalne mieszanki cementowe, mieszankę betonową, zaprawę cementowo-popiołową lub pianobeton. Im mniejsza przestrzeń między konstrukcją wewnętrzną i zewnętrzną, tym bardziej ciekły musi być iniekt. Projektant powinien opisać w dokumentacji projektowej parametry materiału wypełniającego, jego wymagane właściwości, sposób podawania oraz wskazać lokalizację odpowietrzników.

Konstrukcja wewnętrzna nie może ulec przemieszczeniu podczas iniekcji wolnych przestrzeni. Gwarancją niezmienności położenia jest uprzednie efektywne zamocowanie prefabrykatów od góry i z boków. Szczególnie dotyczy to lekkich rur z blachy falistej, kompozytów lub polietylenu. Najkorzystniej jest, gdy ich wymiary poprzeczne są zbliżone do geometrii istniejącego otworu. Nawet jeśli warunki hydrologiczne pozwalają na przyjęcie mniejszego przekroju, to lepiej zastosować wyższy, pozostawiający mniej przestrzeni między nową i starą konstrukcją. Ze względu na stabilizację prefabrykatów, ewentualne wycięcia kamieni, cegieł i lokalne rozbiórki starego przepustu należy ograniczyć do niezbędnego minimum. Dodatkowym sposobem unieruchomienia rury wewnętrznej jest jej obciążenie, np. przez ułożenie na dnie worków z piaskiem.

### Problemy dotyczące przebudowy obiektów inżynierskich

Na rysunkach 1 – 3 oraz fotografiach 1 – 3 przedstawiono przykłady przebudowy i wzmocnienia przepustów z za-

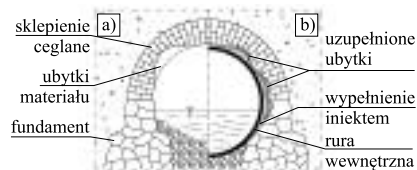
stosowaniem żelbetowych prefabrykatów skrzynkowych, rur z materiałów kompozytowych i rur stalowych. W przypadku wszystkich omawianych realizacji zetknięto się z podobnymi problemami, które były konsekwencją niepełnej inwentaryzacji i niepoprawnych założeń. Błędy i uchybienia wygenerowały dodatkowe koszty, które wykonawca poniósł wskutek nieprzewidzianych w projekcie nakładów pracy, tj. wycinania wystających fragmentów kamieni wzdłuż ścian bocznych przepustów, usuwania odsadzek starych fundamentów oraz kamieni z dna. Tak było w przypadku konieczności poszerzenia korony drogi i wzmocnienia pochodzącego z XIX wieku przepustu o konstrukcji kamienno-ceglanej ze sklepieniem łukowym. Długość obiektu wzdłuż ciekłu wynosiła 9,0 m, światło poziome 2,46 m, a pionowe 3,65 m. Po sprawdzeniu warunków hydrologicznych projektant stwierdził, że istnieje możliwość zmniejszenia światła. W związku z tym zamiast rozbiórki i budowy nowego przepustu, z czym wiązałyby się wprowadzenie objazdów, zaproponował relining przez wsunięcie do wnętrza obiektu prefabrykowanych żelbetowych segmentów skrzynkowych o wymiarach 2,0 x 2,0 m (rysunek 1). Rozwiązanie było tańsze i korzystniejsze, gdyż nie wymagało wstrzymywania ruchu na drodze. Wykonując inwentaryzację, projektant popełnił błędy, nie uwzględniając przy pomiarze światła poziomego krzywizny ścian. Nie wykonał także odkrywek i nie ustalił kształtu fundamentów, przeocząc wystające kamienne odsadzki z granitowych głazów. W założeniach przyjął błędny poziom i umocnienie dna. Wykonanie grodzy i przeprowadzenie wody przepustem technologicznym umożliwiło wykonawcy stwierdzenie braku zgodności wymiarów



**Rys. 1. Przepust kamienno-ceglany: a) przed wzmocnieniem, b) po wzmocnieniu konstrukcją z prefabrykowanych żelbetowych segmentów skrzynkowych** Rys. A. Czuchnicki  
Fig. 1. Stone and brick culvert: a) before reinforcement, b) after supplementation with precast box sections made of reinforced concrete

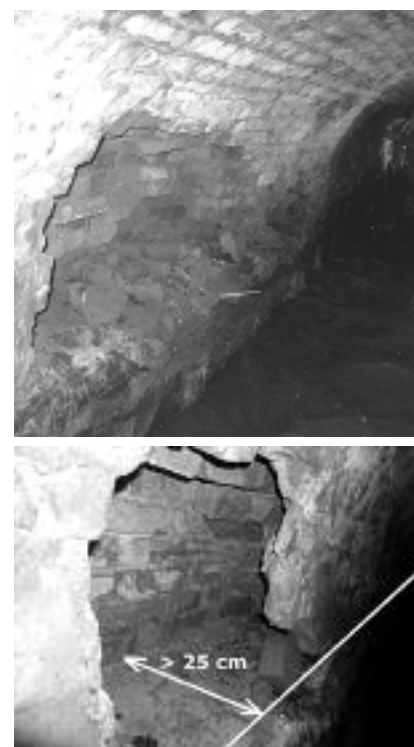
objektu i kształtu fundamentów z dokumentacją. Rzeczywista geometria przepustu nie pozwalała na wsunięcie do środka zaprojektowanych żelbetowych prefabrykatów. Dostosowanie do dokumentacji wymagało wycięcia wystających fragmentów kamieni wzdłuż ścian bocznych i usunięcia odsadzek starego fundamentu oraz kamieni z dna. Z powodu dodatkowych prac nieujętych w projekcie ani kosztorysie czas trwania robót został wydłużony. Ostatecznie wbudowano konstrukcję zgodnie z projektem budowlanym, ale znacznie przekraczając cenę ofertową.

Inny przykład przepustu o konstrukcji ceglanej ze sklepieniem w kształcie łuku i kamiennych fundamentach, który z uwagi na zły stan techniczny wymagał przebudowy, przedstawiono na rysunku 2. Długość obiektu wzdłuż ciekłu wodnego wynosiła 33,0 m, światło poziome 1,90 m, a pionowe 1,40 m. Projektant po porównaniu obliczeń hydraulicznych przepustów ceglanych z dnem kamiennym i rurowego wykonanego z kompozytów GRP stwierdził, że obiekt można wzmocnić bez rozbiórki przez zastosowanie metody reliningu.



**Rys. 2. Przepust kamienno-ceglany: a) przed wzmocnieniem i uszczelnieniu z zastosowaniem konstrukcji rurowej** Rys. A. Czuchnicki  
Fig. 2. Stone and brick culvert: a) before reinforcement, b) after reinforcement and sealing with a tubular structure

Projekt zakładał pogłębienie dna i wsunięcie do wnętrza starej konstrukcji rur podatnych GRP o średnicy 1,80 m oraz wykonanie głowic. Podobnie jak w opisanym wcześniej przykładzie, autor dokumentacji popełnił błędy. Nie wykonał dokładnej inwentaryzacji dna oraz nie ocenił stanu technicznego konstrukcji. Na całej długości obiektu przeoczył bardzo duże ubytki cegieł i kawery w ścianach (fotografia 1), źle ustalił rzędną dna i założył, że światło pionowe jest większe niż w rzeczywistości. Usprawnieciem dla projektanta mogły być ograniczone warunki dostępu do przepustu, tj. usytuowanie w głębokim wąwozie (wysokość nasypu drogowe-



**Fot. 1. Rozległe i głębokie ubytki warstw cegieł konstrukcji**  
Photo 1. Extensive and deep loss of layers of brick in structure

go 6,00 m), niewielkie światło pionowe, wysoka woda, słabe oświetlenie, nierówne dno, strome brzegi ciekłu oraz rosnące na nich drzewa i krzewy. Rzeczywiste wymiary i stan konstrukcji można było zweryfikować dopiero po zatrzymaniu przepływu wody w ciekłu i oświetleniu wnętrza obiektu. Okazało się, że istniejący przepust wykonany jest z trzech części o różnym umocnieniu dna (ruszt betonowy, głazy granitowe i narzut kamienny), a że ściany oraz sklepienia spadają cegły po lekkim uderzeniu. Projektant wykluczył groźbę zawalenia się obiektu i pozwolił na prowadzenie robót pod warunkiem, że prace będą wykonywane sukcesywnie od czoła (nie jednocześnie na całej długości przepustu), a w pierwszej kolejności betonem zostaną wypełnione wszystkie kawery i rozległe ubytki cegieł w ścianach oraz sklepieniu. Następny etap wymagał tymczasowych podparć, rozpór i wzmocnień, aby można było przystąpić do sukcesywnego usuwania uszkodzonych, luźnych i wypadających cegieł z natychmiastowym uzupełnieniem powstałych ubytków. Dodatkowe zabezpieczenia, które nie były ujęte w projekcie, otworzyły front robót związanych z pracami przy fundamentach.

Po porównaniu rzeczywistych i projektowych rzędnych dna skorygowano dokumentację w zakresie posadowienia, które obniżono o 0,50 m. Wymagało to wycięcia i usunięcia kamieni z fundamentu. W celu swobodnego wprowadzenia rury kompozytowej konieczne było także ścięcie wystających cegieł ze ścian i sklepienia (rysunek 2). Zwiększony zakres robocizny polegający na dodatkowej rozbiórce dna, wybraniu materiałów i wypełnieniu wszystkich kawern oraz miejsc, z których wypadły lub usunięte zostały luźne cegły, spowodował wzrost wartości robocizny.

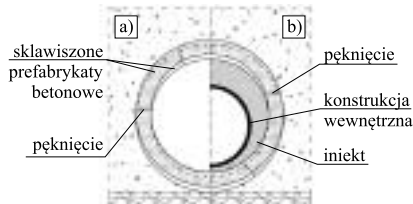
Kolejny przykład dotyczy sklepionego przepustu kamienno-ceglanego z umocnionym dnem, w przypadku którego projektant nie wykonał poprawnie odkrywki i inwentaryzacji, żeby określić sposób posadowienia. Długość obiektu wzdłuż ciekłu wynosiła 9,0 m, światło poziome 0,95 m, a pionowe 1,95 m. Kamienne ściany czołowe przepustu były zdeformowane i groziły przewróceniem. Projekt wzmocnienia obiektu obejmował umieszczenie w jego wnętrzu rury z blachy falistej o średnicy 0,80 m wraz z poszerzeniem korony drogi i wykonaniem nowych żelbetowych głowic na wlocie i wylocie. Po przystąpieniu do robót przez wykonawcę i usunięciu namułu z przepustu okazało się, że pomierzony poziom dna znajdował się wyżej niż podany w dokumentacji projektowej. Stwierdzono także różnicę kształtu istniejących fundamentów w stosunku do projektu (fotografia 2). Ponadto obiekt miał za małe światło i bez cięcia



**Fot. 2. Przepust kamienny – widoczne kolidujące granitowe głazy odsadzki fundamentu**  
 Fot. A. Czuchnicki  
 Photo 2. Stone culvert – granite boulders visibly sticking out from foundation

głazów oraz usuwania kamieni nie można byłoby wsunąć zaprojektowanej konstrukcji wewnętrznej. Z powodu dodatkowych prac nieujętych w dokumentacji projektowej ani w kosztorysie wartość wykonanych robót przewyższyła cenę ofertową.

Niezależnie od częstych błędów i uchybień projektowych popełniane są także błędy na etapie wykonawstwa. Jeśli przed iniekcją wykonawca niewłaściwie zastabilizuje lekką konstrukcję wewnętrzną o średnicy znacznie mniejszej niż światło istniejącego obiektu, to istnieje prawdopodobieństwo dodatkowych kosztów. Taki przypadek miał miejsce przy wzmocnieniu przepustu drogowego pełniącego funkcję przejścia dla małych zwierząt oraz służącego do przeprowadzania wody po wiosennych roztopach. Obiekt z prefabrykowanych rur betonowych, które uległy uszkodzeniom (spękanie i sklawiszowanie), miał długość 26 m i średnicę 1,40 m. Projekt zakładał wzmocnienie przez zastosowanie rury z kompozytów GRP o średnicy 1,0 m (rysunek 3). Wykonawcy brakowało doświadczenia



**Rys. 3. Przepust z prefabrykatów betonowych: a) stan przed wzmocnieniem; b) stan projektowany**  
 Rys. A. Czuchnicki

Fig. 3. Culvert made of precast concrete sections: a) before reinforcement; b) design state

przy prowadzeniu robót metodą reliningu. Wadliwie ustabilizował wsunięte do środka przepustu elementy, przez co w czasie iniekcji zostały wyparte do góry. Zauważono to dopiero po zdjęciu deskowania ze ścian czołowych. Wykonawca częściowo naprawił swój błąd przez wykonanie w spodzie uniesionej rury koryta z kompozytu żywicznego, które zostało utwierdzone kotwami w fundamencie obiektu (fotografia 3). Nieplanowane roboty wiązały się z wydłużeniem czasu realizacji i dodatkowymi kosztami, ale tym razem poniesionymi przez wykonawcę. Do opisanych błędów nie doszłoby, gdyby zaprojektowana konstrukcja wewnętrzna miała przekrój poprzeczny zbliżony do światła istniejącego przepustu.



**Fot. 3. Przepust z korytem**  
 Photo 3. Culvert with a trough

## Podsumowanie

Postęp w dziedzinie materiałów budowlanych pozwala na powszechne stosowanie reliningu do przebudowy przepustów. Z punktu widzenia ekonomiki jest to najbardziej efektywny sposób przebudowy, ponieważ koszty wykonawstwa są niskie i nie występują koszty społeczne. O wyborze konkretnej technologii (reliningu czy rozbiórki i budowie nowego przepustu) decyduje geometria obiektu, możliwość zmiany kształtu i zmniejszenia przekroju poprzecznego oraz ingerencji w fundamenty i konstrukcję, a także warunki logistyczne. Aby nie dopuścić do problemów na placu budowy, należy:

- bezbłędnie wykonać inwentaryzację stanu istniejącego;
- stosować prefabrykowane wewnętrzne elementy wzmocniające o przekroju poprzecznym maksymalnie zbliżonym do wymiarów światła istniejącego przepustu;
- ująć w projekcie w odpowiedniej kolejności wszystkie procesy technologiczne;
- dokładnie zapoznać się z dokumentacją i zweryfikować założenia projektowe pod kątem możliwości wykonawstwa;
- nie wprowadzać uproszczeń na budowie, lecz przestrzegać założeń projektowych oraz postępować zgodnie z zasadami wiedzy inżynierskiej i doświadczeniem.

## Literatura

- [1] Mohammad Najafi, Sanjiv Gokhale: Trenchless Technology, McGraw Hill, New York, 2004.
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie (Dz.U. nr 63, poz. 735);
- [3] Bajkowski S., Dąbkowski L. S., Jaworowska B., Szuster A., Utrysko B.: Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z komentarzem i przykładami, GDDP-IBDiM, Wrocław – Żmigrod, 2000.

Przyjęto do druku 07.04.2015 r.