

Przepusty

w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 12



■ **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

Obliczenia przepustów nie ograniczają się jedynie do obliczeń statyczno-wytrzymałościowych ich konstrukcji, co było przedmiotem poprzednich artykułów z niniejszej serii, ale również do obliczeń związanych z hydrologią. W ostatnich latach zagadnienia związane z gospodarką wodną oraz zagrożeniami powodziowymi stanowią istotny parametr w projektowaniu nowoczesnych przepustów przeprowadzających ciek wodny. Duża liczba obecnie wykonywanych przepustów niejednokrotnie nie jest dostosowana do warunków hydrologicznych, jakim muszą sprostać te konstrukcje. Ma to szczególnie znaczenie przy projektowaniu obiektów małej retencji w rejonach górskich.

Przedmiotem niniejszego artykułu z cyklu dotyczącego obliczeń są aspekty związane z obliczeniami hydrologicznymi przepustów.

Wprowadzenie

Obiekty inżynierskie, w tym przepusty, stanowią istotną przeszkodę dla swobodnego spływu wód powierzchniowych. Ograniczenie przestrzeni naturalnego spływu i retencji wód przez obiekty infrastruktury komunikacyjnej może doprowadzić do powstania zagrożenia bezpieczeństwa tych konstrukcji [3, 5, 6, 11, 15].

Metody obliczeniowe związane z określaniem niezbędnego światła konstrukcji przepustów opierają się w dużej mierze na rachunku prawdopodobieństwa, szczególnie przy wyznaczaniu podstawowych parametrów hydrologicznych, np. przepływu miarodajnego. Metody te z racji swej złożoności nie uwzględniają wielu czynników losowych, pozwalających na wierne odzwierciedlenie uzyskanych wyników w warunkach rzeczywistego – okresowego – oddziaływania wód opadowych na przedmiotowe konstrukcje. W przypadkach, gdy mamy do czynienia ze znaczną złożonością zadania projektowego oraz skomplikowanym układem terenu, warto dokonać dodatkowej analizy lub posłużyć się modelem hydraulicznym.

Jak pokazują ostatnie powodzie w naszym kraju, dla których trudno jest przewidzieć miejsce i czas wystąpienia, niejednokrotnie światło przepustów jest niewystarczające.

Zdaniem autorów, dla obiektów usytuowanych na terenie większych zlewni obliczenia hydrauliczne powinny być poprzedzone badaniami terenowymi oraz szeroko konsultowane.

Na rycinach 1 i 2 przedstawiono przykład przepustu z niewłaściwie dobranym światłem w czasie podwyższonych stanów wód.

Przedmiotowy artykuł z uwagi na jego szczupłe ramy, opisuje jedynie ogólne zasady obliczeń niezbędnego światła przepustów w aspekcie hydrologicznym.

Dla przypomnienia oraz dla nowych czytelników poniżej przytoczono spis artykułów na temat przepustów, które sukcesywnie od dwóch lat ukazują się w kolejnych numerach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego” [13]:

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 – CZ. I, CZ. II
7. METODY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW – CZ. I. OGÓLNE ZASADY OBLICZEŃ
8. METODY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW – CZ. II. TRADYCYJNE METODY OBLICZEŃ
9. METODY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW – CZ. III. NOWE METODY OBLICZEŃ



Ryc. 1. Zatopiony wlot przepustu w ciągu drogi wojewódzkiej, fot. A. Wysokowski



Ryc. 2. Wylot przepustu z ryciny 1. Widoczny syfon wynikający z niedostatecznej średnicy przepustu, fot. A. Wysokowski

10. METODY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW – CZ. IV. OBLICZENIA PRZEPUSTÓW METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH (MES)
 11. METODY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW – CZ. V. PRZYKŁADY OBLICZEŃ KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW.

Ważniejsze parametry i wymagania mające wpływ na światło przepustów

Przez światło poziome przepustu należy rozumieć odległość między ścianami otworu przepustu lub ich sumę w przypadku przepustów wielootworowych. Odległość tę powinno się mierzyć prostopadle do osi cieku. Dodatkowo w przypadku przepustów o przekroju prostokątnym (skrzynkowym) oprócz światła trzeba określić jego wysokość.

Podstawowym parametrem dotyczącym obliczeń hydrologicznych przepustów komunikacyjnych jest przepływ miarodajny. Parametr ten jest określany na podstawie obliczeń hydrologicznych podanych w wielu publikacjach i wytycznych, np. [1, 2, 4, 8, 10, 15].

Projekty odwodnień obiektów komunikacyjnych, w tym przepustów, dotyczą zazwyczaj średnich i małych zlewni. Dla tych zlewni przepływ miarodajny oblicza się metodą pośrednią na podstawie największego opadu deszczu nawalnego o określonym czasie trwania i częstotliwości występowania. Metoda ta jest powszechnie stosowana w projektowaniu sieci kanalizacyjnej deszczowej i odwodnieniowej [12, 13, 15].

Ogólne wzory do obliczania miarodajnego przepływu z danej zlewni (2.1) i (2.2) podano poniżej [7, 10].

$$Q = q_{t,c} \cdot A \cdot \psi \quad [\text{dm}^3/\text{s}] \quad (2.1)$$

lub

$$Q = 0,278 \cdot i_p \cdot \varphi \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.2)$$

gdzie:

- $q_{t,c}$ – natężenie deszczu obliczeniowego o określonym czasie trwania t i częstotliwości c ,
- c – częstotliwość występowania deszczu nawalnego (powtarzalność w latach),
- t – czas trwania deszczu miarodajnego [min],
- A – powierzchnia zlewni [ha],
- ψ – współczynnik spływu powierzchniowego, obliczany wzorem (2.3),

$$\psi = \frac{\psi_1 A_1 + \psi_2 A_2 + \dots + \psi_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \psi_i A_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} \quad (2.3)$$

(Powyższy wzór służy do wyznaczenia ogólnego współczynnika zastępczego spływu dla całej zlewni w przypadku, gdy mamy do czynienia z odwadnianiem terenu o różnorodnym pokryciu i zróżnicowanej zabudowie).

- φ – współczynnik odpływu powierzchniowego,
- i_p – natężenie deszczu nawalnego [mm/h]; maksymalne średnie natężenie dla danego czasu trwania deszczu o prawdopodobieństwie pojawienia się $p\%$, obliczane ze wzoru (2.4).

Dla zlewni o polu powierzchni $A < 0,5 \text{ km}^2$ do wyznaczenia natężenia deszczu obliczeniowego o określonym czasie trwania t i częstotliwości występowania c , możemy stosować:

– wzór Błaszczyka:

$$q_{t,c} = \frac{6,63 \cdot \sqrt{H_n^2 \cdot c}}{t^{0,67}} \quad [\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}] \quad (2.4)$$

– wzór Reinholda:

$$q_{t,c} = q_{15,1} \frac{38}{t+9} (\sqrt[4]{c} - 0,369) \quad [\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}] \quad (2.5)$$

Po wprowadzeniu do wzoru (2.5) oznaczenia:

$$\psi_{t,c} = \frac{q_{t,c}}{q_{15,1}} = \frac{38}{t+9} (\sqrt[4]{c} - 0,369) \quad (2.6)$$

otrzymujemy wzór określający natężenie deszczu obliczeniowego o czasie trwania $t = 15 \text{ min}$ i częstotliwości c , w postaci:

$$q_{t,c} = q_{15,1} \cdot \psi_{t,c} \quad (2.7)$$

Wartości współczynnika $\psi_{t,c}$, wynikającego ze stosunku $\frac{q_{t,c}}{q_{15,1}}$, w zależności od częstotliwości c podano w tabeli 1.

Tab. 1. Wartości współczynnika $\psi_{15,c}$

c	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
$\psi_{15,c}$	0,75	1,00	1,30	1,78	2,23	2,76

Dla miast znajdujących się w północno-zachodnich, centralnych i południowo-zachodnich rejonach Polski wartości natężenia opadu 15-minutowego przekraczanego raz w roku ($q_{15,1}$) ustalone przez Reinholda zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Natężenie opadu 15-minutowego przekraczanego raz w roku dla różnych miast Polski

Miasto	$q_{15,1}$ [dm ³ /s·ha]
Szczecin	87
Gdańsk	93
Elbląg	113
Warszawa	84
Zgorzelec	107
Wrocław	112
Opole	117

Natężenie opadów $q_{t,1}$ przekraczanych raz w roku ($c = 1$) dla różnych czasów ich trwania w różnych regionach Niemiec i Polski zestawiono w tabeli 3. Dla innych czasów trwania deszczu miarodajnego przeprowadza się interpolację liniową.

Tab. 3. Natężenie opadów $q_{t,1}$ przekraczanych raz w roku dla różnych czasów ich trwania według Reinholda

Rejon Polski	Czas trwania opadu [min]						
	5	10	15	30	60	90	150
	Natężenie opadu $q_{t,1}$ [dm ³ /s·ha]						
południowo-zachodni	174	132,5	106	67	39,5	28,5	18,5
północno-zachodni	162	121	94,5	59	34	24	15,5

Dla zlewni o powierzchni $0,5 < A < 50 \text{ km}^2$ przepływ miarodajny przy projektowaniu małych mostów i przepustów oraz innych systemów odwadniających obiekty inżynierskie stosowany jest wzór (2.4). Występujące w tym wzorze natężenie deszczu miarodajnego i_p o określonym czasie jego trwania i prawdopodobieństwie występowania $p\%$ dla warunków polskich może być wyznaczone ze wzoru Lambora:

$$i_p = \frac{(38 - 12 \lg p) H^{0,28}}{(t + b)^n} + d \text{ [mm/h]} \quad (2.8)$$

gdzie:

$$n = 0,779 - 0,164 \cdot H,$$

$$b = 0,001 \cdot (20,92 \cdot H \cdot p^{0,345} - 0,15 \cdot p - 2,0),$$

$$d = 0,001 \cdot (47,3 - 0,023 \cdot p),$$

t – czas trwania deszczu miarodajnego [h],

H – wskaźnik opadu normalnego [m],

p – prawdopodobieństwo pojawiania się deszczu [%].

Do podstawowych wytycznych dotyczących konstrukcji przepustów komunikacyjnych należy zaliczyć parametry podane w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie, wraz z załącznikami.

I. Przewody przepustów o przekrojach prostokątnych, owalnych i kołowych powinny mieć szerokość w świetle [18]:

- 1) dla dróg klas A i S – nie mniejszą niż 1,0 m,
- 2) dla dróg klas GP, G i Z – nie mniejszą niż 0,8 m,
- 3) dla pozostałych dróg, gdy długość przewodu przepustu:
 - a) jest nie większa niż 10 m – nie mniejszą niż 0,6 m,
 - b) jest równa lub większa niż 10 m – nie mniejszą niż 0,8 m.

II. Wysokość przewodów przepustów o przekrojach prostokątnych i owalnych powinna wynosić:

- 1) przy długości nie większej niż 20 m pod drogami klas L i D – nie mniej niż 0,8 m,
- 2) przy długości nie większej niż 20 m pod drogami pozostałych klas – nie mniej niż 1,0 m,
- 3) przy długościach większych niż 20 m – nie mniej niż 1,2 m,
- 4) wysokość przewodów przepustów przełazowych powinna wynosić nie mniej niż 1,9 m.

Dopuszcza się zwielokrotnienie liczby otworów kosztem średnicy przewodu kołowego w przypadku, gdy przewód o dużej średnicy powoduje nadmierne podniesienie niwelety jezdni.

Do dodatkowych wymagań, które muszą spełniać przedmiotowe konstrukcje, należy zaliczyć m.in. [9, 18]:

- Przepusty zespolone z przejściem dla małych zwierząt powinny mieć uformowaną ścieżkę o szerokości nie mniejszej niż 0,5 m, wyniesioną ponad zwierciadło wody średniej w przepuście.
- Prędkość przepływu wody w przepuście v_p nie powinna przekraczać:
 - dla przepustów o wysokości do 1,5 m – 3,5 m/s,
 - dla przepustów o wysokości ponad 1,5 m – 3,0 m/s.
- Nie dopuszcza się spiętrzeń wody przed przepustem powodujących zatopienie lub podtopienie zabudowań, zakładów przemysłowych, linii komunikacyjnych lub innych obiektów. Dopuszcza się krótkotrwałe (do jednej doby) zatapianie łąk, pastwisk lub nieużytków przy przepływie miarodajnym.
- Skarpy nasypu drogowego powinny być umocnione na wysokość 0,5 m powyżej poziomu piętrzenia.

- Strop przewodu przepustu prostokątnego oraz zwornik przepustu kołowego, owalnego, sklepionego itp. prowadzącego wodę niepełnym przekrojem powinien być wyniesiony nad zwierciadło wody przy przepływie miarodajnym co najmniej 0,25 m oraz tak by głębokość wody w przewodzie nie była większa od 0,75 hp.
- Dno przepustów na rzekach nizinnych zaleca się projektować ze spadkiem zbliżonym do potrzebnego na pokonanie oporów ruchu przy przepływie miarodajnym. Jeżeli zastosowanie takiego nachylenia wymaga nadmiernego wyniesienia wlotu lub wylotu przepustu nad dnem cieku, należy od tego spadku odstąpić i zastosować inny, jednak ze względu na groźbę zamulenia nie powinien on być mniejszy niż 0,005.
- Na ciekach stale prowadzących wodę dopuszcza się niewielkie zamulenia dna cieku, sprzyjające utrzymaniu ciągłości ekosystemu.
- Grunt na dnie i skarpach koryta i nasypu przy wlocie przepustu w obszarze działania wody należy chronić odpowiednimi umocnieniami ułożonymi na filtrze odwrotnym.

Przegląd sposobów określania i obliczania światła przepustów

Podstawowymi wytycznymi dotyczącymi prawidłowego obliczania niezbędnego światła w przepustach jest Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [18] oraz *Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z komentarzem i przykładami* [1].

Według [1] i [18] światło przepustów powinno zapewnić swobodę przepływu miarodajnego wody, z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących prędkości przepływu, stopnia wypełnienia przewodu przepustu oraz pochylenia podłużnego jego dna.

Obliczenia hydrauliczne przepustów i małych mostów obejmują:

- wyznaczenie wymiarów przepustu (przewodu, wlotu i wylotu),
- określenie wysokości spiętrzenia przed budowlą,
- określenie rozmyć za budowlą i dobór odpowiednich umocnień.

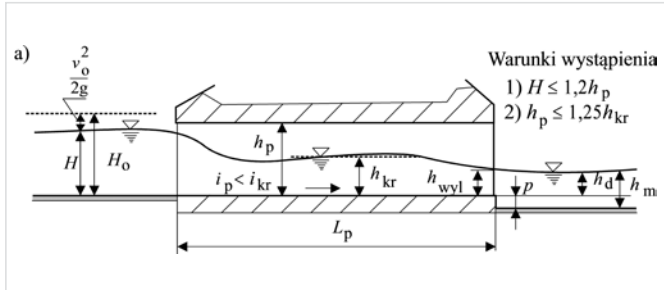
Tok postępowania przy obliczaniu światła przepustu i spiętrzenia przed przepustami obejmuje w szczególności:

- a) wybranie kształtu przekroju przewodu i wlotu do przepustu,
- b) ustalenie profilu podłużnego przepustu – długości, rzędnych dna na wlocie i wylocie przepustu,
- c) dobranie schematu obliczeniowego,
- d) wyznaczenie minimalnych wymiarów przewodu przepustu dla założonej wysokości spiętrzenia przed przepustem,
- e) założenie wymiarów przepustu i obliczenie rzeczywistej wysokości spiętrzenia,
- f) sprawdzenie zgodności dobranego schematu z wynikami obliczeń, w razie potrzeby dobranie innego schematu obliczeniowego i powtórzenie obliczeń od punktu d),
- g) obliczenie głębokości i prędkości na wylocie z przepustu,
- h) obliczenie głębokości rozmycia za przepustem, porównanie otrzymanych wyników z wartościami dopuszczalnymi,
- i) dobranie niezbędnych umocnień koryta za przepustem, biorąc pod uwagę głębokość rozmycia.

Jak wiadomo, podczas przeprowadzenia obliczeń wybiera się rozwiązanie zapewniające nieprzekroczenie dopuszczalnego spiętrzenia i prędkości oraz techniczno-ekonomicznie korzystną głębokość zakończenia umocnień.

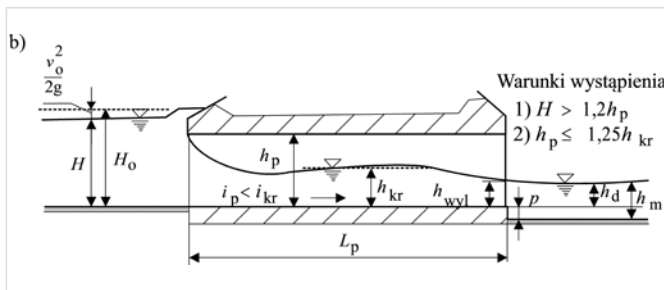
Dla przepustów nizinnych, na ciekach o spadkach $i < 0,02$, zaleca się do stosowania następujące podstawowe i najczęściej występujące schematy hydrauliczne według [1, 18]:

- przepust o niezatopionym wlocie i wylocie (ryc. 3) spełniający warunki:
 - niezatopienia wlotu,
 - niezatopienia wylotu;



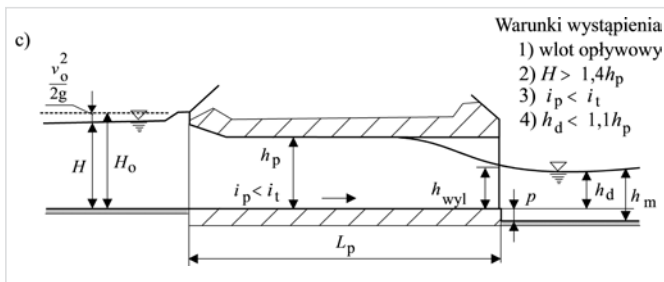
Ryc. 3. Schemat hydrauliczny dla przepustu o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie prowadzącego wodę niepełnym przekrojem

- przepust o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie prowadzący wodę niepełnym przekrojem (ze swobodnym zwierciadłem wody w przewodzie, ryc. 4), spełniający warunki:
 - zatopienia wlotu,
 - niezatopienia wylotu;



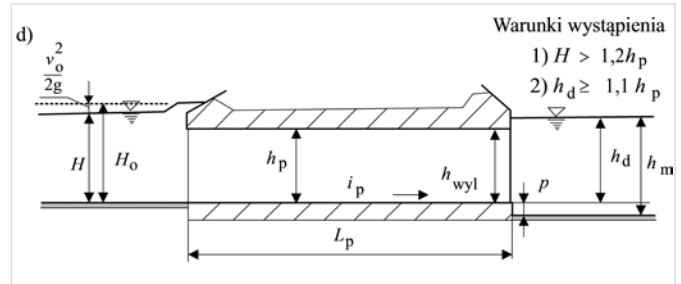
Ryc. 4. Schemat hydrauliczny dla przepustu o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie prowadzącego wodę niepełnym przekrojem

- przepust o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie prowadzący wodę pełnym przekrojem (ryc. 5), spełniający warunki zatopienia wlotu i przepływu pełnym przekrojem, co wymaga jednoczesnego:
 - zastosowania opływowego wlotu,
 - głębokości przed przepustem $H > 1,4 h_p$,
 - spadku $i_p < i_t$,
 - niezatopienia wylotu;



Ryc. 5. Schemat hydrauliczny dla przepustu o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie prowadzącego wodę niepełnym przekrojem

- przepust o zatopionym wlocie i wylocie (ryc. 6) prowadzący wodę pełnym przekrojem i spełniający warunki:
 - zatopienia wlotu $H > 1,2 h_p$,
 - zatopienia wylotu $h_d \geq 1,1 h_p$.



Ryc. 6. Schemat hydrauliczny dla przepustu o zatopionym wlocie i zatopionym wylocie prowadzącego wodę pełnym przekrojem

Przepusty usytuowane na potokach, w których panuje ruch turbulentny, w przypadku gdy ich budowa jest dopuszczalna, projektować należy tak, aby na doprowadzeniu do nich, w samym przewodzie i na początkowym odcinku odprowadzenia za nim, zachowany był ruch rwący i wykluczona możliwość powstania odsłoku hydraulicznego. Jako jedno z możliwych rozwiązań służących temu zaleca się stosowanie łącznie:

- przepustu o dnie wykonanym ze spadkiem zbliżonym do spadku cieku,
- bystrotoku doprowadzającego strumień do przepustu; szerokość bystrotoku nie powinna przekraczać dwukrotnej szerokości zwierciadła wody w przepuście przy przepływie miarodajnym,
- długiego i płynnego przejścia od bystrotoku do wlotu przepustu.

W przypadku trudnych warunków terenowych (niskie wyniesienie niwelety jezdni względem terenu istniejącego) oraz w rejonach występowania deszczów nawalnych istnieje, zdaniem autorów niniejszego artykułu, możliwość szerszego stosowania przepustów wielootworowych, które znacznie poprawiają światło przepływu, a tym samym bezpieczeństwo konstrukcji drogi. Przykładowy przepust wielootworowy przedstawiono na rycinie 7.

Powszechnie w Polsce uważa się, że tego typu rozwiązania są nieodpowiednie z uwagi na fakt, że przy stanach powodziowych przepusty wielootworowe stanowią przeszkodę dla swobodnego przepływu wody przez zatrzymywanie się na nich pni drzew, gałęzi i innych zanieczyszczeń niesionych przez wodę, które w znacznym stopniu w tym okresie zmniejszają ich światło. Istotnie, ma to miejsce, ale przy spiętrzzonej wodzie.

Jednak obserwacje poczynione przez autora artykułu w wielu innych krajach na świecie (USA, Australia, Ameryka Płd. itp.), gdzie często stosowane są tego typu nawet kilkunastootworowe konstrukcje przepustów, w tym w ciągu nowo budowanych autostrad, wskazują, że są to rozwiązania efektywne. Jest to spowodowane m.in. faktem, że na całej długości cieków, nawet przy nawalnych deszczach, mamy do czynienia ze swobodnym przepływem wody (przez zastosowanie odpowiednio dużych światł dla wszystkich obiektów inżynierskich na całej długości cieku).

Uwagi dodatkowe

Z zagadnieniem obliczeń hydraulicznych przepustów, jak już wcześniej wspomniano, wiąże się wiele czynników dotyczących metod konstruowania przepustów, materiałów stosowanych do ich budowy, sposobu wykonania wlotów i wylotów, technologii użytych do ich wykonania, sposobu umieszczenia ewentualnych półek dla zwierząt, umocnienie dna itp. Z tego względu ważny jest rodzaj zastosowanego materiału rury osłonowej przepustu [20].



Ryc. 7. Przykład przepustu wielootworowego w zachodniej Australii jako sposobu na zwiększenie światła konstrukcji przepustu, fot. A. Wysokowski

W przedmiotowych rozważaniach najistotniejszy jest współczynnik chropowatości. Oczywiście jest, że zmierza się do jego maksymalnego obniżenia, szczególnie w wyjątkowych przypadkach, kiedy nie ma możliwości zastosowania wymaganego spadku hydraulicznego. Dąży się wtedy do zastosowania rur osłonowych z materiałów o obniżonym współczynniku chropowatości, żeby wymienić np. CC-GRP, kamionkę itp. W przypadku stosowania rur betonowych dopracowano się nowej technologii z zastosowaniem od strony wewnętrznej specjalnie ukształtowanych wkładek z PEHD, które poprawiają własności hydrauliczne tak wykonanych przepustów (ryc. 8). Wkładki te umieszcza się w zależności od obliczeń hydraulicznych na całym obwodzie wewnętrznym rur osłonowych przepustu bądź też w części dennej.



Ryc. 8. Przykład wykorzystania powłoki z tworzywa sztucznego w celu poprawy współczynnika przepływu w przepustach betonowych w technologii firmy Haba Beton Sp. z o.o., fot. A. Wysokowski

W przypadku stosowania blach falistych współczynnik przepływu poprawiany jest przez odpowiednie wypełnienie części dennej przepustów.

Przy obliczeniach hydraulicznych powinno się również uwzględnić wpływ sposobu połączenia poszczególnych sekcji rur osłonowych. W przypadku stosowania niektórych systemów budowy przepustów prefabrykowanych występują nierówności na połączeniu ich poszczególnych sekcji. Przy większych nierównościach ścianek wewnętrznych może mieć to istotny wpływ na parametry przepływu, co powinno być uwzględnione przy projektowaniu.

Kolejnym istotnym zagadnieniem jest technologia i rodzaj zastosowanych materiałów dla wykonania wlotów i wylotów, czyli głowic przepustów. Poza sposobem rozwiązania samej

geometrii przedmiotowych głowic istotne znaczenie ma sposób ich wykonania. Z pewnością inny współczynnik przepływu wystąpi w przypadku głowic gruntowych, inny w przypadku szeroko stosowanej obecnie galanterii betonowej, inny dla tradycyjnie wykorzystywanych „gładkich” głowic betonowych, a z pewnością jeszcze inny dla coraz chętniej stosowanej, stosunkowo nowej technologii umocnień w postaci koszy gabionowych z wypełnieniem kamiennym. Jak wynika z praktyki inżynierskiej, rodzaj wymienionych sposobów wykonania głowic jest rzadko uwzględniany w obliczeniach hydraulicznych przepustów.

Duże znaczenie hydrologiczne – zwłaszcza w przypadku eksploatowanych przepustów – ma sposób umocnienia dna zarówno na wlocie, jak i na wylocie. Oczywiście, ma to wpływ na samą nośność konstrukcji, co obserwuje się często w praktyce (przepusty ceglane, kamienne itp.), pośrednio na ich trwałość, ale także na utrzymanie założonych w projekcie parametrów hydraulicznych w całym okresie użytkowania. Jest to szczególnie ważne w okresie coraz częściej występujących powodzi.

Ze względu na wagę tego zagadnienia dla parametrów hydraulicznych powinno się tej sprawie poświęcać znacznie więcej uwagi niż się to czyni obecnie. W przypadku przepustów ceglanych i kamiennych o konstrukcji otwartej, w tym również coraz częściej stosowanych przepustów skrzynkowych z blach falistych, istotne znaczenie ma również sposób umocnienia dna w samym przepuszcisku.

W obecnej praktyce inżynierskiej przy budowie infrastruktury komunikacyjnej coraz częściej stosujemy przepusty jako konstrukcje przejść dla zwierząt. Często są to przejścia zespolone, czyli służące do przeprowadzenia cieku wodnego i migracji małych zwierząt.

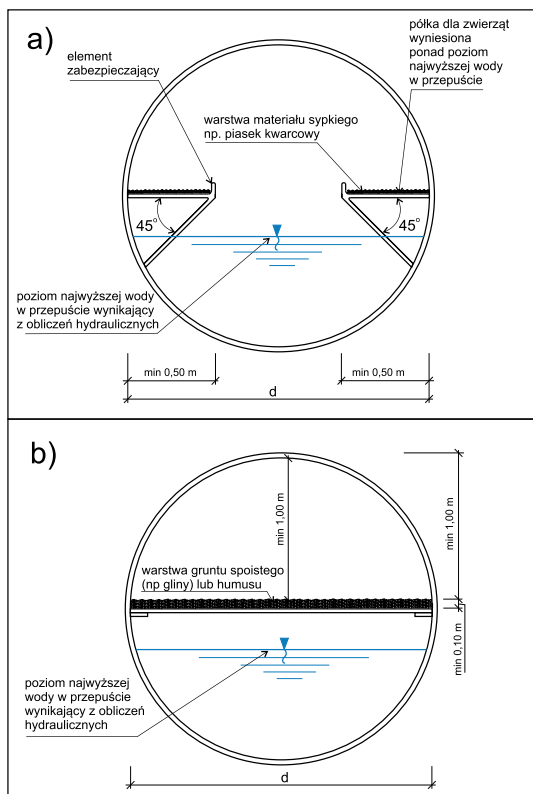
W tym przypadku istotny jest sposób usytuowania pólek, aby obie te funkcje w takim przejściu były równie efektywne, czyli jedna funkcja nie przeszkadzała drugiej. Tym samym sposób usytuowania i średnica zaprojektowanego przepustu powinny uwzględniać założone parametry, w tym hydrauliczne. Ilustruje to rycina nr 9 zaczerpnięta ze specyfikacji technicznej [21].

Uwagi wyspecyfikowane wyżej dotyczą zagadnień zbyt rzadko uwzględnianych w obliczeniach hydraulicznych przepustów bądź też związanych z nowo wprowadzonymi technologiami do budowy przepustów komunikacyjnych. Wszystkie one mogą mieć jednak na tyle duży wpływ na wykonywane obliczenia hydrauliczne przepustów, że warto poświęcić im więcej uwagi zarówno w pracach teoretycznych, jak i wdrożeniowych.

Podsumowanie

W myśl zasady zrównoważonego rozwoju projektowanie obiektów inżynierskich powinno opierać się na założeniu, że obiekt ten będzie trwały, tym samym nie będzie wymagał zbyt częstych napraw i remontów, a okres jego bezpiecznego użytkowania dotyczył będzie całego okresu eksploatacji. Największe zagrożenie dla trwałości obiektów inżynierskich, w tym przepustów, niesie sama przyroda, przy czym najgroźniejsze w skutkach są wysokie, niekontrolowane wezbrania wody [16, 17, 19].

Jak już wspomniano, przy określaniu niezbędnego światła przepustów w każdym przypadku wymagane jest przyjęcie odpowiedniego toku obliczeń i procedury dostosowanej do odpowiedniego schematu hydraulicznego. Jest to szczególnie ważne w aspekcie coraz większych potrzeb komunikacyjnych, a co za tym idzie, budowy nowych obiektów inżynierskich, również przepustów.



Ryc. 9. Sposób umieszczenia półek w małych zespolonych dolnych przejściach dla zwierząt w technologii CC-GRP, niezakłócający swobodnego przepływu cieku wodnego

W niniejszym artykule, z uwagi na szczupłe jego ramy, autorzy jedynie syntetycznie przedstawili zagadnienia związane z obliczeniami hydraulicznymi przepustów. Przedstawione schematy i odpowiadające im metody obliczeniowe dotyczą najczęściej występujących warunków funkcjonalnych przepustów. Trzeba jednak wyraźnie zdawać sobie sprawę, że poruszona w artykule tematyka jest nie do końca poznana, a tym samym niemożliwa do jednoznacznego określenia z uwagi na probabilistyczny charakter zjawisk. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w coraz większej liczbie publikacji, które powstają na świecie i w naszym kraju. Tym samym w praktyce inżynierskiej funkcjonalność przepustów w aspekcie hydrologicznym zależy od wielu innych czynników i wymaga ona szerszych analiz teoretycznych i obliczeniowych.

NA ZAKOŃCZENIE TRADYCYJNIE JUŻ ZAPRASZAMY DO ZAPOZNANIA SIĘ Z NASTĘPNYM ARTYKUŁEM, KTÓRY ZOSTANIE ZAMIESZCZONY W JEDNYM Z KOLEJNYCH NUMERÓW „NOWOCZESNEGO BUDOWNICTWA INŻYNIERYJNEGO”, STANOWIĄC KONTYNUACJĘ TEMATYKI PRZEPUSTÓW KOMUNIKACYJNYCH PODJĘTEJ W POPRZEDNICH ARTYKUŁACH.

Literatura

- [1] Bajkowski S., Dąbkowski L.S., Jaworowska B., Szuster A., Utrysko B.: *Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z komentarzem i przykładami*. GDDKiA-IBDiM. Żmigród 2000.
- [2] Brzostowski M.: *Odwodnienie dróg*. Wydawnictwo Komunikacyjne przy współud. Instytutu Techniki Budowlanej. Warszawa 1955.
- [3] Czudek H., Radomski W.: *Podstawy mostownictwa*. PWN. Warszawa 1983.
- [4] Edel R.: *Odwodnienie dróg*. WKŁ. Warszawa 2000.
- [5] Kukiełka J., Szydło A.: *Projektowanie i budowa dróg*. WKŁ. Warszawa 1986.
- [6] Kosicki A.J.: *Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym przepływem ryb*. „Gospodarka Wodna” 2011, nr 3.
- [7] Kubrak E., Kubrak J.: *Hydraulika techniczna*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa 2004.
- [8] Ratomski J.: *Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2000.
- [9] Sobala D.: *Obliczanie światła przepustów. Budownictwo Komunikacyjne. Materiał dydaktyczny*. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2012.
- [10] Szling Z., Paczeński E.: *Odwodnienia budowli komunikacyjnych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2004.
- [11] Śliżewska E.: *Przeciwdziałanie skutkom powodzi w budownictwie drogowym*. Praca dyplomowa, promotor dr hab. inż. A. Wysokowski, prof. UZ. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra 2012.
- [12] Wysokowski A.: *Odwodnienie parkingów i miejsc obsługi podróży, cz. I – odwodnienie powierzchniowe*. „Inżynier Budownictwa. Technika. Materiały i technologie” 2010, nr 10.
- [13] Wysokowski A.: *Odwodnienie parkingów i miejsc obsługi podróży, cz. II – odwodnienie wgłębne*. „Inżynier Budownictwa. Technika. Materiały i technologie” 2010, nr 11.
- [14] Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 1. Artykuł wprowadzający*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008, nr 2 (17), s. 52–56; cz. 2. *Aspekty prawne projektowania, budowy i utrzymania przepustów*, nr 3 (18), s. 68–73; cz. 3. *Przepusty tradycyjne*, nr 4 (19), s. 54–59; cz. 4. *Przepusty nowoczesne*, nr 5 (21), s. 84–88; cz. 5. *Przepusty jako przejścia dla zwierząt*, 2009, nr 1 (22), s. 70–75; cz. 6. *Materiały do budowy przepustów – cz. I*, nr 3 (24), s. 99–104; cz. II, nr 5 (26), s. 36–43; cz. 7. *Metody obliczeń konstrukcji przepustów – cz. I. Ogólne zasady obliczeń*, 2010, nr 2 (29), s. 88–95; cz. II. *Tradycyjne metody obliczeń*, 2010, nr 3 (30), s. 96–103; cz. III. *Nowe metody obliczeń*, 2010, nr 5 (32), s. 72–81, cz. IV. *Obliczenia przepustów metodą elementów skończonych (MES)*, 2011, nr 3 (36), s. 54–57; cz. V. *Przykłady obliczeń konstrukcji przepustów*, 2011, nr 6 (39), s. 88–94.
- [15] *Wytyczne obliczania światła mostów i przepustów*. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Powódź '97. Koleje – drogi – mosty”. Wisła 1998.
- [16] *Wytyczne projektowania dróg I i II klasy technicznej (autostrady i drogi ekspresowe)*. Autorzy: Grażyna Skoplak et al. Krakowskie Biuro Projektów Dróg i Mostów „Transprojekt” Kraków Sp. z o.o. na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych. Kraków 1995.
- [17] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie*. DzU 1999, nr 43, poz. 430.
- [18] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie*. DzU 2000, nr 63, poz. 735.
- [19] PN-S-02204:1997 *Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg*.
- [20] *Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli samochodowych, przejść podziemnych i przepustów*. GDDKiA. Warszawa 2009.
- [21] *Specyfikacje techniczne D-03.01.04c Małe dolne przejścia dla zwierząt pod drogami z rur kompozytowych wykonywane metodą wykopu otwartego*. Warszawa 2010.

