

# Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 3

Adam Wysokowski<sup>1</sup>, Zygmunt Kubiak<sup>2</sup>, Jerzy Howis<sup>3</sup>

## 1. Wprowadzenie

Zagadnienia wstępne dotyczące przedmiotowej tematyki zostały przedstawione w dwóch poprzednich artykułach zamieszczonych w ramach cyklu na temat przepustów, a szczególnie w artykule wprowadzającym.

Tradycyjnie już, dla przypomnienia oraz dla nowych czytelników, poniżej przytoczono spis tytułów wszystkich artykułów na temat przepustów, które 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 dotyczy przepustów tradycyjnych. Z uwagi na tematykę ma on mniej techniczny, a bardziej historyczny charakter.

Jak już wspomniano w artykule wprowadzającym [9], przepusty były budowane od czasu, kiedy zaczęły powstawać pierwsze drogi i linie kolejowe. Wznoszono je z różnych materiałów, dlatego też mamy do czynienia z bardzo dużą różnorodnością konstrukcyjną tych obiektów. Ich forma architektoniczna jest również bardzo urozmaicona. Wiele z tych obiektów ma charakter zabytkowy, często posiadają wyjątkową wartość historyczną i techniczną, choć nie zawsze ich walory są niedoceniane.

Z uwagi na fakt, że przepusty stanowią nierozłączny element korpusu drogowego lub linii kolejowej, a większość tras komuni-

kacyjnych powstała w dawnych latach, gros konstrukcji to przepusty tradycyjne. W tym kontekście niniejszy artykuł z prezentowanej serii nabiera szczególnego znaczenia. Dla zilustrowania powyższych faktów, związanych z wiekowym zaawansowaniem przepustów komunikacyjnych, na rycinie 1 przytoczono, według instrukcji SMOK (System Zarządzania Mostami Kolejowymi) – Komputerowa Ewidencja Obiektów Mostowych PKP [1], wiek kolejowych obiektów inżynierskich w Polsce.

Z wykresu jednoznacznie wynika dominacja przepustów kolejowych w grupie obiektów inżynierskich wybudowanych ponad 60 lat temu.

Analogiczna sytuacja dotyczy przepustów w ciągu dróg kołowych, co Adam Wysokowski miał okazję stwierdzić podczas prac prowadzonych przy ewidencjonowaniu i przeglądach przepustów na drogach krajowych [10].

Niektóre z zagadnień dotyczące przepustów tradycyjnych zostały omówione na wzmiankowanej już wcześniej VIII Świątecznej Drogowo-Mostowej Zmigrodzkiej Sesji Naukowej *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej: tradycja i nowoczesność. Projektowanie – budowa – badania – utrzymanie*, która odbyła się w grudniu 2007 r.

W czasie tej sesji Zygmunt Kubiak wygłosił referat *Przepusty tradycyjne*. Referat został przyjęty z dużym zainteresowaniem, ale ze względu na szczupłe ramy czasowe nie poruszono w nim wszystkich zagadnień związanych z tym tematem. Wynika to m.in. z bogactwa materiałów i rodzajów konstrukcji występujących w przepustach tradycyjnych.

## 2. Materiały i rodzaje konstrukcji w przepustach tradycyjnych

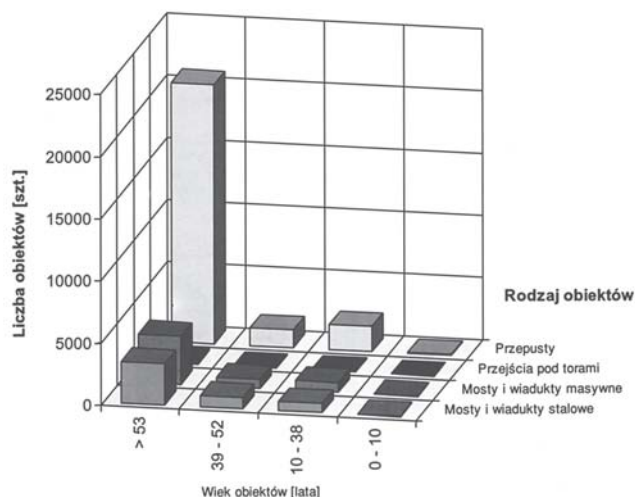
Z powodu faktu, że przepusty powstawały na przestrzeni dziejów, do ich budowy używano praktycznie wszystkich dostępnych znanych w budownictwie materiałów.

Również rozwiązania konstrukcyjne zmieniały się w ciągu wieków i dlatego w przepustach, które przetrwały do dzisiejszych czasów, mamy do czynienia z dużą różnorodnością zastosowanych rozwiązań. Materiały i rozwiązania konstrukcyjne były ściśle związane z okresem ich budowy.

Poniżej podano najistotniejsze materiały i rodzaje konstrukcji stosowane przy budowie przepustów tradycyjnych.

### 2.1. Przepusty drewniane

Obecnie się ich nie buduje. W przeszłości były stosowane zwłaszcza przy obiektach tymczasowych i prowizorycznych. Niemniej jednak znane są również tego typu obiekty stałe. Przepusty takie wykonywano najczęściej z odpowiednio trwałych gatunków drewna [7]. Przykłady konstrukcji przepustów wykonanych z drewna o przekroju prostokątnym pokazano na rycinie 2 [2], o przekroju trójkątnym – na rycinie 3 [3]. W praktyce stosowane były również przekroje trapezowe.

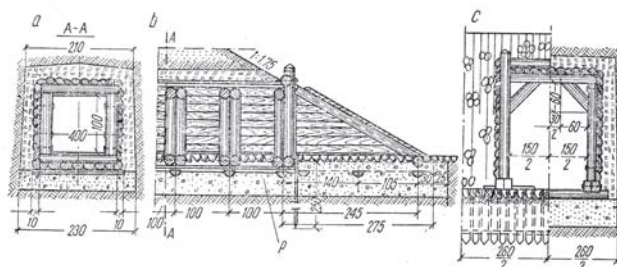


Ryc. 1. Struktura ilościowa i wiek obiektów inżynierskich w Polsce [1]

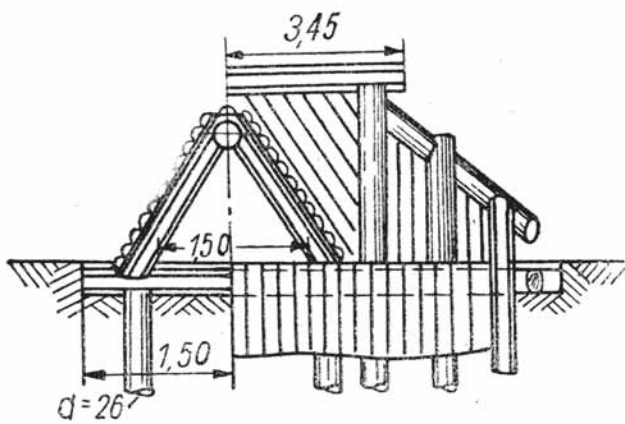
<sup>1</sup> Dr hab. inż., prof. UZ; kierownik Zakładu Dróg i Mostów, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski.

<sup>2</sup> Mgr inż.; Główny Inżynier do Spraw Obiektów Inżynierskich Zakładu Linii Kolejowych PLK we Wrocławiu.

<sup>3</sup> Mgr inż.; Konstruktor, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o., Zmigród.



Ryc. 2. Przepust wykonany z drewna o przekroju prostokątnym [2]



Ryc. 3. Przepust wykonany z drewna o przekroju trójkątnym [3]

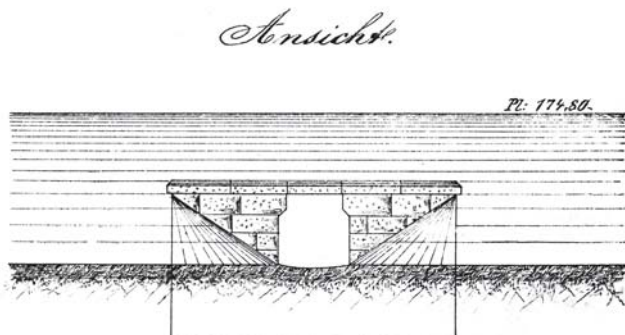
## 2.2. Przepusty kamienne

Klasyczną formę przepustu kamiennego stanowi sklepienie, rzadziej płyta lub blok kamienny. Do tej kategorii można zaliczyć całą grupę przepustów sklepionych i murowanych z bloków kamiennych. W kraju i za granicą, np. we Włoszech, Hiszpanii, Portugalii czy Francji, są to do dzisiaj bardzo popularne rodzaje przepustów tradycyjnych z uwagi na ich niezaprzeczną trwałość. Typowy kamienny przepust kolejowy o konstrukcji sklepionej pokazano na rycinie 4.



Ryc. 4. Typowy kamienny przepust kolejowy o konstrukcji sklepionej, fot. Z. Kubiak

Rzadziej spotykanym, chociaż także bardzo popularnym typem konstrukcji przepustów kamiennych są przepusty płytowe (ryc. 5). W tym przypadku jednak rozpiętości tych konstrukcji są stosunkowo niewielkie. Sytuację tę ilustruje chociażby „konstrukcja kamienna” zamieszczona na rycinie 6.



Ryc. 5. Kamienny płytowy przepust kolejowy wybudowany na południu Dolnego Śląska w 1890 r.



Ryc. 6. Przepust z płytą kamienną, fot. Z. Kubiak

## 2.3. Przepusty ceglane

Budowanie przepustów ceglanych rozwinęło się głównie w XIX w. i na początku XX. Związane to było z rozwojem budownictwa kolejowego i drogowego.

Najpopularniejszą formą konstrukcyjną przepustów ceglanych, podobnie jak przepustów kamiennych, stanowi sklepienie. Typowy drogowy ceglany przepust sklepiony pokazano na rycinie 7.



Rys. 7. Tradycyjny ceglany przepust sklepiony w ciągu drogi powiatowej na terenie Dolnego Śląska, fot. A. Wysokowski

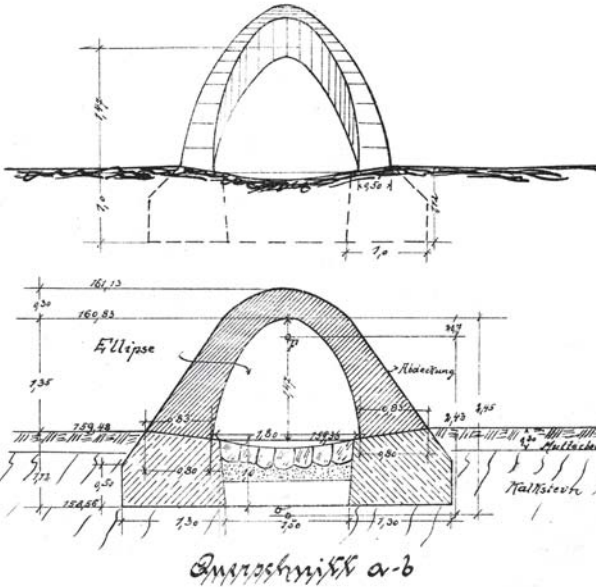
W późniejszym okresie coraz popularniejsze stały się przepusty o konstrukcji mieszanej: ceglano-betonowej. Przykład takiego przepustu przedstawiono na rycinie 8.



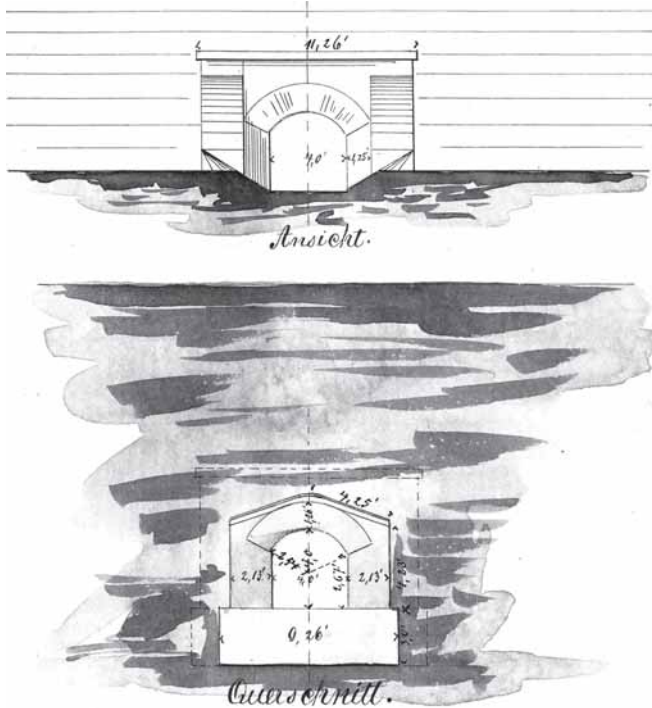
Ryc. 8. Przepust o konstrukcji ceglano-betonowej w ciągu linii kolejowej, fot. Z. Kubiak

## 2.4. Przepusty z betonu niezbrojonego

Przepusty wykonywane z betonu miały najczęściej konstrukcję sklepioną, podobnie jak przepusty kamienne i ceglane. Ich stosowanie rozwinęło się głównie w XIX w. Sklepienia różniły się wyniosłością. Przykłady betonowych przepustów sklepionych pokazano na rycinach 9 i 10. Pierwsza z nich ilustruje sklepienie o dużej wyniosłości, druga – o małej.

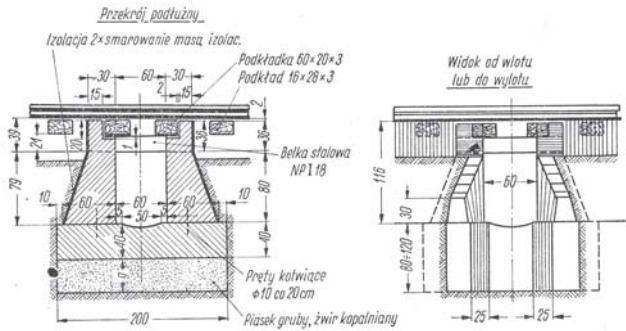


Ryc. 9. Fragment oryginalnego rysunku konstrukcyjnego dla przepustu betonowego o dużej wyniosłości sklepienia, wykonanego koło Wrocławia w 1905 r.



Rys. 10. Sklepiony przepust betonowy o małej wyniosłości wybudowany koło Legnicy w 1870 r.

Często stosowanym typem przepustów na liniach kolejowych były przepusty betonowe o konstrukcji otwartej. Były to obiekty „oszczędnościowe”, gdyż głównym elementem nośnym były same szyny kolejowe, po których odbywał się ruch pociągów. Na przełomie XIX i XX w. zyskały one dużą popularność z uwagi na małe zużycie materiału do ich budowy. Jednakże ich rozpiętość ograniczała się zasadniczo do osiowego rozstawu podkładów kolejowych. Typowy przepust betonowy o konstrukcji otwartej pokazano na rycinie 11.

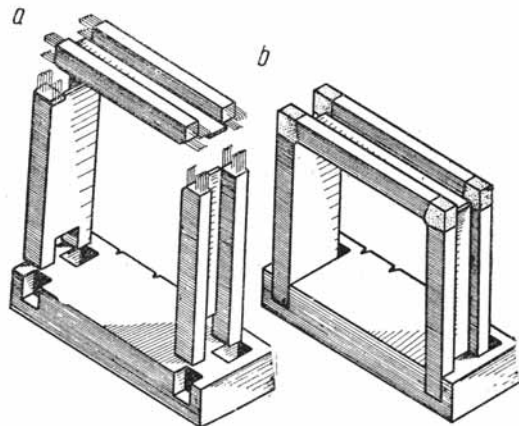


Ryc. 11. Typowy kolejowy przepust betonowy o konstrukcji otwartej [2]

Obecnie przepusty betonowe nie są stosowane m.in. ze względu na kosztowne deskowanie, niezbędne dla prawidłowego ukształtowania bryły części przelotowej.

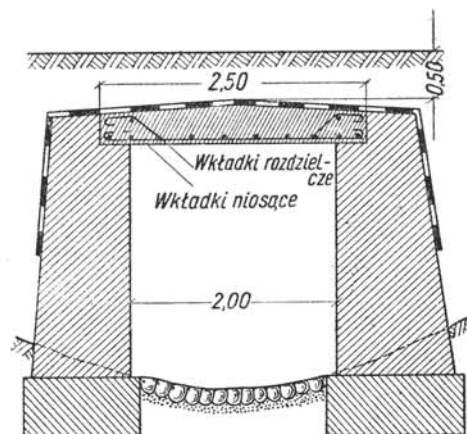
## 2.5. Przepusty z betonu zbrojonego

W XX w., szczególnie w 2. jego połowie, najpopularniejszą formą przepustów stały się przepusty żelbetowe. Przepusty te najczęściej przyjmowały postać konstrukcji płytowej, rurowej, ramowej oraz przepustów sklepionych. Najpowszechniejszym typem konstrukcji przepustów żelbetowych są przepusty rurowe, stosowane z powodzeniem do dzisiaj. Z uwagi na ich dalszy rozwój zostaną omówione szerzej w następnym artykule, dotyczącym nowoczesnych przepustów. Przykład tradycyjnej żelbetowej konstrukcji rurowej stosowanej do budowy przepustów przedstawiono na rycinie 12.



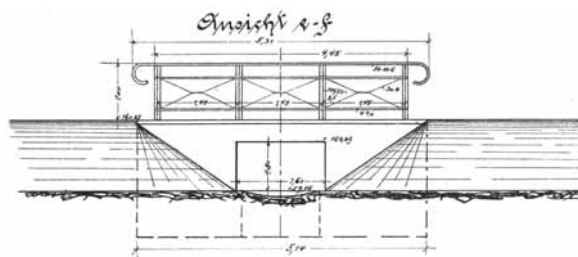
Ryc. 12. Tradycyjna żelbetowa konstrukcja ramowa stosowana do budowy przepustów [4]

Rycina 13 ilustruje typowy, stosowany wcześniej, żelbetowy przepust płytowy. Przepusty takie wykonywane były jako jedno- lub wielokomorowe. W przypadku obiektów wielokomorowych płyty posiadały schemat statyczny wolnopodparty lub ciągły.

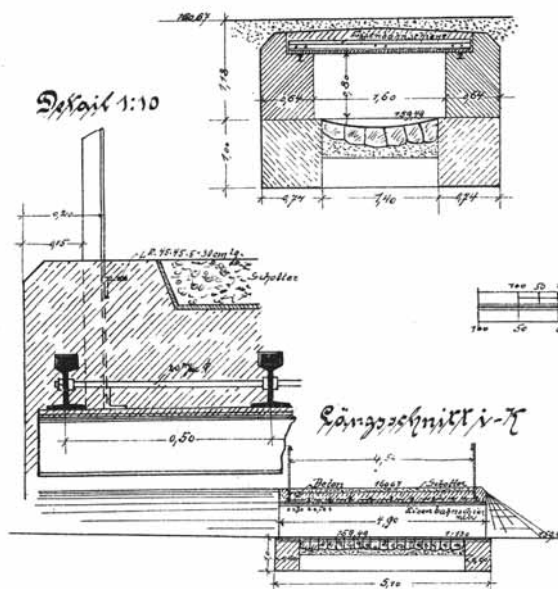


Ryc. 13. Typowy tradycyjny żelbetowy przepust płytowy [6]

Do dziś, zarówno w drogownictwie, jak i kolejnictwie, popularne są żelbetowe przepusty ramowe. Przykład przepustu o konstrukcji ramowej zrealizowanego w 1905 r. na Dolnym Śląsku pokazano na rycinie 14a (widok z boku). Rycina 14b przedstawia natomiast szczegóły konstrukcyjne tego obiektu. Cechą charakterystyczną jego konstrukcji nośnej jest zastosowanie staroużytecznych szyn kolejowych jako zbrojenia płyty żelbetowej.



Rys. 14a. Widok z boku żelbetowego przepustu ramowego z 1905 r.



Rys. 14b. Szczegóły konstrukcji przepustu ramowego z 1905 r.

Podobnie na rycinie 15 pokazano typowy żelbetowy przepust ramowy w ciągu linii kolejowej.



Ryc. 15. Ilustracja fotograficzna typowego żelbetowego przepustu ramowego, fot. Z. Kubiak

### 2.6. Przepusty stalowe

Tradycyjne przepusty stalowe stosowane były stosunkowo rzadko. W pierwszym okresie do ich konstrukcji wykorzystywano głównie gładkie, grubościennne stalowe rury osłonowe. Jednak już w 1896 r. w Stanach Zjednoczonych opatentowano nowszą technologię stalowych rur osłonowych w postaci rur karbowanych, uzyskując znacznie większe nośności tak skonstruowanych przepustów. Technologia ta rozpowszechniła się następnie

w Związku Radzieckim, szczególnie w 2. połowie XX w., m.in. na Syberii. Do Polski technologia ta trafiła dopiero w ostatnim okresie i jest obecnie coraz częściej stosowana. O technologii tej, z uwzględnieniem aspektu współpracy z gruntem, będzie mowa w następnym artykule.

Przykład przepustu z użyciem osłonowych gładkich rur stalowych pokazano na rycinie 16.



Ryc. 16. Przykład dwukomorowego przepustu o konstrukcji z wykorzystaniem rur stalowych o gładkich ściankach, fot. Z. Kubiak

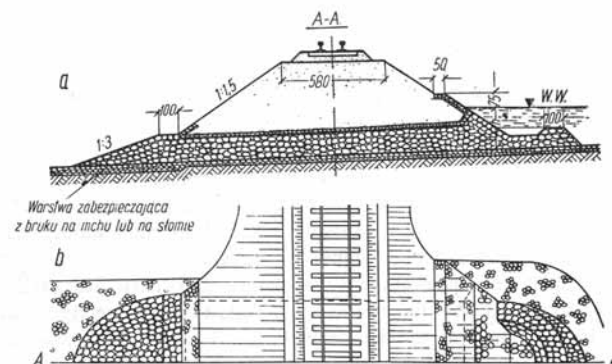
### 2.7. Przepusty nietypowe

Przy okazji przeglądów przepustów można spotkać się z wieloma nietypowymi konstrukcjami przepustów tradycyjnych. Z powodu szczupłych ram artykułu, autorzy proponują zamieszczenie na ten temat odrębnego artykułu na zakończenie cyklu. Jako przykład nietypowego rozwiązania na rycinie 17 pokazano ceglany przepust kolejowy, wykorzystywany jako schron w czasie II wojny światowej.



Ryc. 17. Przykład nietypowego przepustu zaadaptowanego na schron, fot. Z. Kubiak

Na rycinie 18 pokazano natomiast nietypowy przepust z narzutu kamiennego, czyli tzw. nasyp filtracyjny [2]. Wykonywany jest on z kamienia łamanego o jednakowej frakcji.

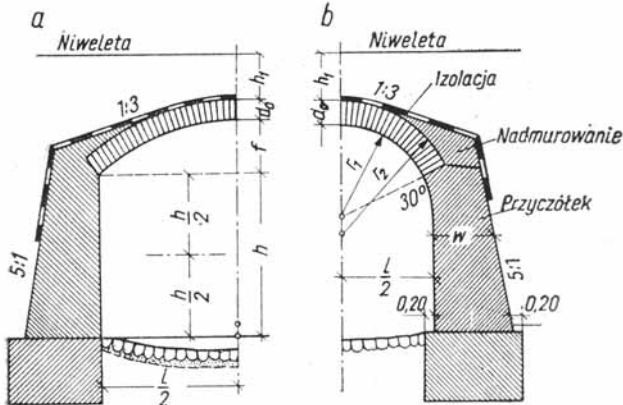


Rys. 18. Przepust z jednofrakcyjnego narzutu kamiennego [2]

### 3. Tradycyjne metody obliczania przepustów

Obliczanie przepustów wykonuje się pod kątem hydrologiczno-hydraulicznym oraz statyczno-wytrzymałościowym. W przeszłości pod względem konstrukcyjnym przepusty wymiarowano i budowano intuicyjnie (często z dużym zapasem), a następnie w wyniku wieloletnich doświadczeń i obserwacji zaczęto stosować różnego rodzaju wzory empiryczne do określania optymalnych wymiarów poszczególnych elementów konstrukcyjnych.

Przepusty sklepione (ryc. 19) wykonywane z kamienia lub cegły, przy mniejszych rozpiętościach miały sklepienia półkolisty, względnie odcinkowe, natomiast przy większych kształt łuku koszowego lub zgodny z linią ciśnień.



Rys. 19. Typowy przepust sklepiony: a) o sklepieniu odcinkowym, b) o sklepieniu półkolistym [6]

Grubość sklepienia w kluczu  $d_0$  [6] przyjmowano według wzorów empirycznych. Jest ona funkcją promienia krzywizny sklepienia  $r_1$ . Według Heinzerlinga wynosi ona dla sklepień ceglanych:

przy nadsypce  $h_1 \leq 1,5$  m  $d_0 = 0,43 + 0,028 r_1$ ;

przy nadsypce  $h_1 \geq 1,5$  m  $d_0 = 0,051 + 0,033 r_1$ ;

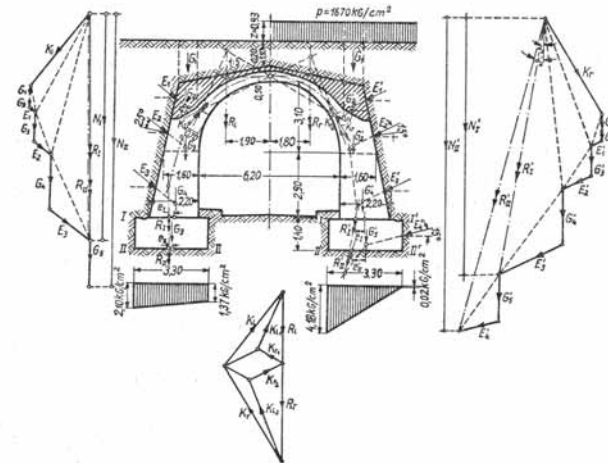
Grubość ścian przyczółków przyjmowano podobnie według wzorów Ebermaiera. I tak grubość ściany  $w$  mierzona w środku wysokości przyczółka  $h$  wynosi dla sklepienia półkolistego:

przy nadsypce  $h_1 \leq 2$   $w = 0,3 + 0,02l + 0,17h$

przy nadsypce  $h_1 \geq 2$  m  $w = (0,7 + 0,03l + 0,07h) \times (1 + 0,1h_1)$

Przyjęte wymiary sprawdzano następnie za pomocą wykresu linii ciśnień, tj. przejście przez środek przekroju w kluczu, na wzgłowie – czy leży poniżej środka przekroju przy sklepieniu obciążonym, a powyżej przy sklepieniu nieobciążonym. W fundamencie idealnym rozwiązaniem było przejście przez środek przekroju; dopuszczalne było znajdowanie się w rdzeniu.

Na ile doskonale były te empiryczne wizje, świadczy fakt przetrwania w doskonałej kondycji licznych konstrukcji do dnia



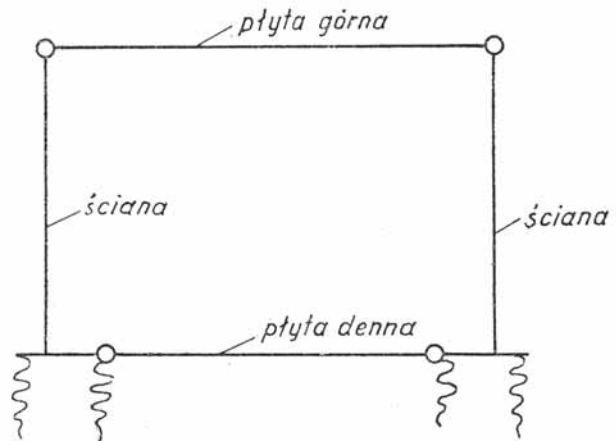
Ryc. 20. Tradycyjny sposób sprawdzania przepustu metoda graficzną [3]

dzisiejszego, mimo wielu zmian obciążeń i znacznego wzrostu nacisków na osie.

W miarę rozwoju nauk technicznych, dzięki poznaniu właściwości poszczególnych materiałów oraz doskonaleniu techniki obliczeń statycznych, następowała ewolucja obliczeń i konstrukcji, odzwierciedlająca coraz bardziej modele odpowiadające właściwej pracy materiału.

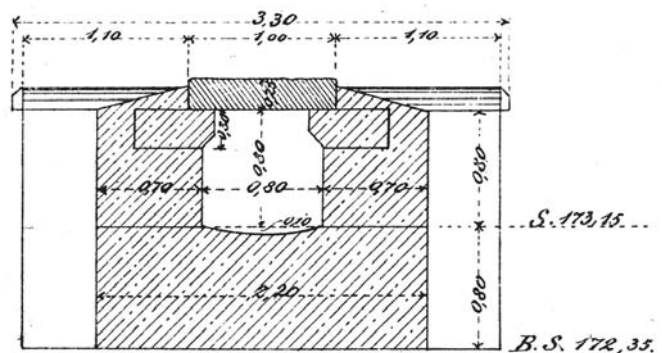
Tradycyjny sposób sprawdzania przepustu metodą graficzną przy obciążeniu przepustu pokazano na rycinie 20 [3].

Podstawę do wyznaczenia uogólnionych sił wewnętrznych w poszczególnych przekrojach, a tym samym poprawnego zaprojektowania, stanowi właściwe przyjęcie schematu statycznego przepustu zarówno w przekroju poprzecznym, jak i podłużnym. Przykładowy schemat statyczny przepustu płytowego z dolną płytą denną pokazano na rycinie 21.



Ryc. 21. Schemat statyczny przepustu płytowego z dolną płytą denną [3, 5]

Jako przykład intuicyjnego podejścia do nośności przepustów tradycyjnych można wskazać zawężanie górnych ścian przepustu w celu zmniejszenia rozpiętości konstrukcji (ryc. 22).

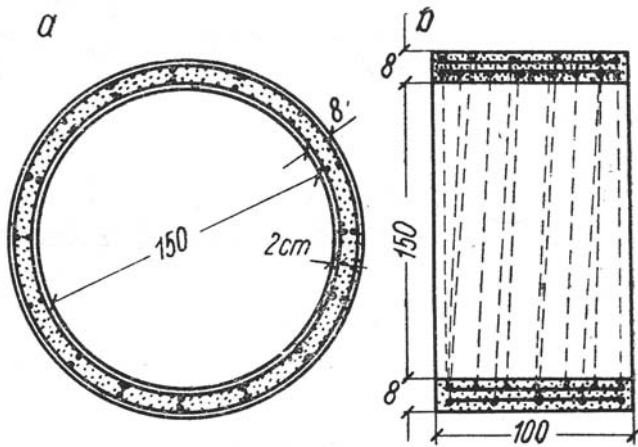


Ryc. 22. Często spotykany sposób zmniejszania rozpiętości konstrukcji w przepustach tradycyjnych – przykład z 1890 r.

### 4. Budowa przepustów tradycyjnych

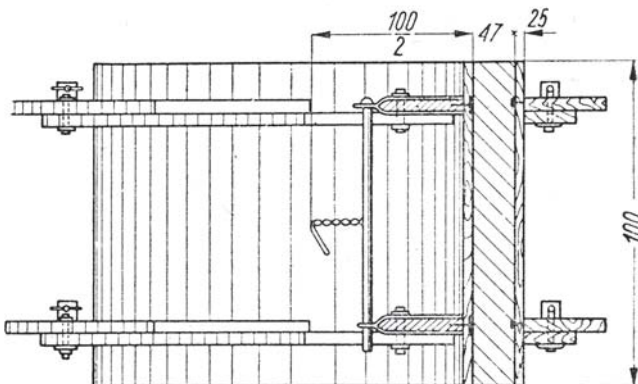
Zagadnienia związane z wykonywaniem przepustów autorzy zaplanowali omówić w osobnym artykule, ale już teraz, przy okazji omawiania przepustów tradycyjnych, warto podzielić się kilkoma spostrzeżeniami na temat ich wykonywania.

Metody budowania przepustów w przeszłości różniły się istotnie od metod stosowanych obecnie. Główna różnica polega na praktycznym braku stosowania mechanizacji przy budowie przepustów tradycyjnych. Wznoszono je w większości ręcznie, przy całkowicie ręcznym wykonywaniu szalunków oraz wykopów [8]. Dlatego też ich konstrukcja składała się z małogabarytowych elementów, takich jak kamień, cegła itp. W przypadku przepustów żelbetowych tradycyjnych wyglądało to podobnie. Przykład małogabarytowych elementów z których wykonywano przepusty ramowe pokazano na rycinie 23 [4].



Ryc. 23. Przykład tradycyjnego przepustu ramowego wykonywanego z malogabarytowych elementów [4]

Podobnie osłonowe rury żelbetonowe wykonywano w sposób ręczny w deskowaniach drewnianych (ryc. 24).



Rys. 24. Deskowanie drewniane do wykonania elementów żelazobetonowych przepustów [4]

Wprowadzone w połowie XX stulecia w Związku Radzieckim przepusty ze stalowych blach karbowanych były wykonywane odmiennie od stosowanych obecnie. Świadczą o tym fotografie zamieszczone w prasie technicznej ZSRR z tego okresu, które autorzy przytaczają na rycinach 25a i 25b.

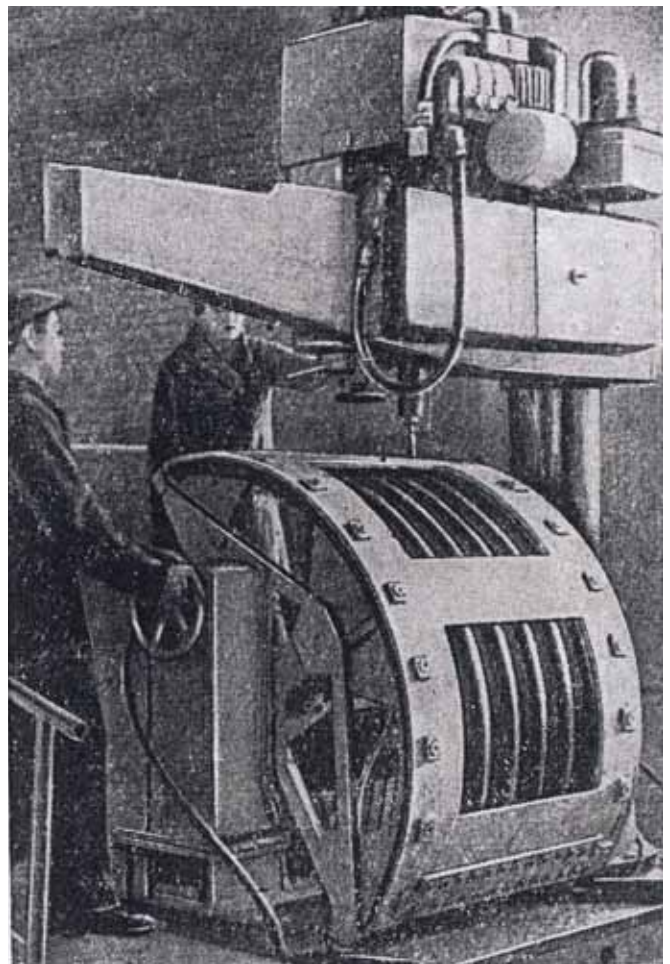
Ponadto stosowano również dostępne materiały do wykonywania niezbędnych izolacji. W pierwszym okresie izolację przepustów wykonywano z gliny, a dużo później z coraz popularniejszego bitumu (asfaltu).

### 5. Podsumowanie

Tematyka przepustów tradycyjnych, co można zauważyć z lektury artykułu, jest obszerna. W artykule z racji ograniczonej powierzchni nie znalazło się miejsce na następujące aspekty związane z tematem, żeby wymienić tradycyjne przepusty niety-



Ryc. 25a. Montaż przepustu ze stalowych blach karbowanych (ZSRR)



Ryc. 25b. Niestosowany obecnie sposób produkcji stalowych rur karbowanych do budowy przepustów (ZSRR)

powe, przepusty zabytkowe, wyposażenie tego typu przepustów. Autorzy wyrażają nadzieję, że dla tych zagadnień znajdzie się miejsce w kolejnych artykułach z niniejszego cyklu.

TYM SAMYM JUŻ TRADYCYJNIE ZAPRASZAMY DO ZAPOZNANIA SIĘ Z KOLEJNYM ARTYKUŁEM, KTÓRY ZOSTANIE ZAMIESZCZONY W NASTĘPNYM NUMERZE „NOWOCZESNEGO BUDOWNICTWA INŻYNIERYJNEGO”, A BĘDZIE DOTYCZYŁ PRZEPUSTÓW NOWOCZESNYCH.

### Literatura

1. Bień J., Król D., Rawa P., Rewiński S.: *SMOK Komputerowa ewidencja obiektów inżynierskich*. Warszawa 1997.
2. Cholewo J., Sznurowski M.: *Mosty kolejowe*. Warszawa 1970.
3. Czudek H., Radomski W.: *Podstawy mostownictwa*. Warszawa 1974.
4. Jarocki W.: *Materiały w budownictwie mostowym*. Warszawa 1959.
5. Pajchel W.: *Budowa mostów cz. II*. Warszawa 1971.
6. Solanowski J., Linder F.: *Budowa mostów*. Warszawa 1956.
7. Strożeczki D.: *Mosty drewniane*. Warszawa 1959.
8. Wrześniowski Z.: *Odbudowa mostów, tom II*. Warszawa 1959.
9. Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 1. Artykuł wprowadzający*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008, nr 2 (17), s. 52–56.
10. Łęgosz A., Misiewicz E., Wysokowski A.: *System Gospodarki Mostowej SGM. Zamknięcie procesu instalacji JNI dla przepustów. Szkolenie personelu. Raport końcowy*. Biuro Planowania Rozwoju Sieci Drogowej. Sygn. TW 10996/TW-6. IBDiM. Żmigród 1996.