

PROMOST

CONSULTING



KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI DROGOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH I PRZEPUSTÓW

CZĘŚĆ I. KSZTAŁTOWANIE KONSTRUKCJI



DDP.4.0600.11.2017.GK.16

REKOMENDACJA

Na podstawie art. 17 ust. 3 ustawy z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. z 2018 r. poz. 2068, z późn. zm.) rekomenduję do stosowania opracowanie pt.:

„Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów. Część I. Kształtowanie konstrukcji”,

wykonane przez spółkę pod firmą Promost Consulting sp. z o.o. sp. k., pod kierownictwem: dr hab. inż. Tomasza Siwowskiego, prof. PRz (główny projektant) oraz mgr inż. Damiana Kalety (koordynator) na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Infrastruktury,

zgodnie z zakresem w nim określonym.

Przedmiotowe opracowanie nie stanowi przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu art. 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2018 r. poz. 1202, z późn. zm.) i, zgodnie z art. 17 ust. 4 ustawy o drogach publicznych, przeznaczone jest do dobrowolnego stosowania.

Uzupełnienie do rekomendowanego „Katalogu...” stanowią następujące opracowania:

- 1) „Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów. Część II. Podstawowe wiadomości o drogowych obiektach mostowych”,
- 2) „Charakterystyka katalogów krajowych”,
- 3) „Charakterystyka katalogów zagranicznych”,
- 4) „Charakterystyka obiektów mostowych wybudowanych w Polsce po 2008 roku”,
- 5) „Oszacowanie potencjalnych oszczędności wynikających z zastosowania katalogu”.



Andrzej Adamczyk

niepodlega

POLSKA
STULECIE ODZYSKANIA
NIEPODLEGŁOŚCI

KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI DROGOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH I PRZEPUSTÓW

Autorzy Katalogu:

Główny Projektant: dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI, prof. PRz

Koordynator: mgr inż. Damian KALETA

Część opisowa:

dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI, prof. PRz

mgr inż. Damian KALETA

mgr inż. Ewelina REIZER

mgr inż. Dominik MACHETA

Zeszyt Z1:

mgr inż. Dominik MACHETA - projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA - weryfikator

mgr inż. Krzysztof CZARNIK - współpraca

Zeszyt Z2:

mgr inż. Tomasz KUŚNIEREWICZ – projektant

mgr inż. Piotr OSSOWSKI - weryfikator

mgr inż. Bogumiła STRYSZYK – WIELOSZEWSKA - współpraca

mgr inż. Kamil MATCZAK - współpraca

Zeszyt Z3:

mgr inż. Piotr TOMALA – projektant

mgr inż. Maciej NOWAK – weryfikator

mgr inż. Łukasz STACHOWICZ – współpraca

Zeszyt Z4:

mgr inż. Artur WYSOCKI – projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA – weryfikator

mgr inż. Krzysztof CZARNIK – współpraca

mgr inż. Tomasz KULPA - współpraca

mgr inż. Anna KACZMARZYK - współpraca

Zeszyt Z5:

dr inż. Bartosz PIĄTEK – projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA - weryfikator

mgr inż. Agnieszka WIATER – współpraca

prof. dr hab. inż. Czesław MACHELSKI - konsultacja

Zeszyt Z6:

dr inż. Maciej KULPA – projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA - weryfikator

mgr inż. Wojciech MAZIARKA - współpraca

dr hab. inż. Wojciech LORENC, prof. PWr - konsultacja

Zeszyt Z7:

mgr inż. Piotr ŻÓŁTOWSKI – projektant

mgr inż. Andrzej ZIMIEROWICZ - weryfikator

dr inż. Bartosz PIĄTEK - współpraca

Zeszyt Z8:

mgr inż. Artur WYSOCKI - projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA - weryfikator

mgr inż. Tomasz KULPA – współpraca

mgr inż. Anna KACZMARZYK - współpraca

dr hab. inż. Krzysztof TROJNAR, prof. PRz - konsultacja

Zeszyt Z9:

mgr inż. Artur WYSOCKI - projektant

mgr inż. Zbigniew JAJUGA - weryfikator

mgr inż. Tomasz KULPA – współpraca

mgr inż. Anna KACZMARZYK - współpraca

dr hab. inż. Krzysztof TROJNAR, prof. PRz - konsultacja

Konsultanci niezależni:

prof. dr hab. inż. Jan BIEŃ – Politechnika Wrocławska

prof. ing. Jirí STRÁSKÝ, CSc., DSc. - Brno University of Technology, Czech Republic

prof. dr hab. inż. Henryk ZOBEL – Politechnika Warszawska

Autor zdjęć:

Artur WYSOCKI

Dokument opracowano w ramach projektu POPT.02.01.00-00-0150/17 finansowanego przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności, realizowanego przez Ministerstwo Infrastruktury.

Promost Consulting sp. z o. o. sp. k., ul. Jana Niemierskiego 4, 35-307 Rzeszów, tel. +48 17 85 79 155; www.promost.pl

Rzeszów, luty 2019

Spis treści

- 1 Wprowadzenie**
- 2 Zawartość i zakres stosowania katalogu**
 - 2.1 Zawartość katalogu
 - 2.2 Zakres stosowania katalogu
- 3 Procedura wyboru rodzaju obiektu mostowego**
 - 3.1 Cel procedury
 - 3.2 Zakres procedury
 - 3.3 Opis szczegółowy procedury
 - 3.4 Podsumowanie
- 4 Zeszyty katalogowe**
 - Z.1 Przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego
 - Z.2 Obiekty ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych
 - Z.3 Obiekty gruntowo – powłokowe z blach falistych
 - Z.4 Obiekty ramownicowe z betonu monolitycznego
 - Z.5 Obiekty belkowe z prefabrykatów strunobetonowych
 - Z.6 Obiekty ramownicowe i belkowe ze stalowych belek walcowanych
 - Z.7 Obiekty belkowe z betonu sprężonego
 - Z.8 Przyczółki mostowe
 - Z.9 Filary mostowe
- 5 Opis praktycznego zastosowania katalogu**
- 6 Piśmiennictwo**

1 Wprowadzenie

Konieczność optymalizacji procesu realizacji inwestycji drogowych wymusza na administracji drogowej dążenie do ujednoczenia rodzajów konstrukcji i wyposażenia drogowych obiektów mostowych, m.in. przez określenie jednolitych zasad wyboru konstrukcji i/lub materiału przy uwzględnieniu czynników techniczno-technologicznych, ekonomicznych, funkcjonalnych i środowiskowych. Główny nacisk w tym procesie musi być położony na wdrażanie rozwiązań technicznych i technologicznych sprzyjających ograniczeniu kosztów i czasu związanych z realizacją inwestycji, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych przez prawo krajowe i europejskie własności funkcjonalno-użytkowych drogowych obiektów mostowych. Aby umożliwić w praktyce optymalizację procesu realizacji inwestycji drogowych, Ministerstwo Infrastruktury zleciło opracowanie „Katalogu typowych drogowych obiektów mostowych i przepustów”.

Głównym celem katalogu jest zwiększenie efektywności wykorzystania środków finansowych, w tym przede wszystkim środków Unii Europejskiej, przeznaczonych na realizację inwestycji drogowych przez wskazanie typowych, optymalnych pod względem kosztu i czasu realizacji, dostosowanych do wymagań zharmonizowanych norm europejskich, trwałych i niezawodnych, oraz funkcjonalnych pod względem eksploatacji i utrzymania rodzajów konstrukcji drogowych obiektów mostowych.

Cele szczegółowe katalogu są następujące:

- typizacja drogowych obiektów mostowych,
- ujednoczenie konstrukcyjno-materiałowe drogowych obiektów mostowych,
- dostosowanie drogowych obiektów mostowych do wymagań zharmonizowanych norm europejskich,
- zapewnienie wymaganej 100-letniej trwałości drogowych obiektów mostowych przez zastosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych,
- zapewnienie wymaganego poziomu niezawodności drogowych obiektów mostowych przez zapewnienie stosowania zharmonizowanych norm europejskich w procesie ich projektowania i budowy,
- optymalizacja kosztów utrzymania drogowych obiektów mostowych w cyklu życia.

Korzystanie z katalogu przez administrację drogową oraz projektantów i wykonawców realizujących dla administracji usługi i/lub budowy drogowych obiektów mostowych ma doprowadzić do zmniejszenia bezpośrednich kosztów budowy, skrócenia czasu realizacji obiektów oraz redukcji kosztów ponoszonych przez administrację drogową w okresie eksploatacji i utrzymania obiektów. Katalog zawiera schemat postępowania, wskazujący w uporządkowany sposób ścieżkę wyboru optymalnego pod względem technicznym, ekonomicznym, eksploatacyjnym i środowiskowym rodzaju drogowego obiektu mostowego

i/lub przepustu, dostosowanego do przyjętych do projektowania założeń i typowych uwarunkowań lokalnych. Jednocześnie wskazanie w katalogu optymalnych, sprawdzonych rozwiązań projektowych nie ogranicza możliwości korzystania innych, w tym nietypowych, rozwiązań, o ile będzie to uzasadnione.

Katalog stanowi narzędzie wspomagające proces decyzyjny dla zarządców dróg oraz działających w ich imieniu projektantów i/lub wykonawców. Inwestor, korzystając z katalogu, będzie mógł wybrać optymalny pod względem kosztu i czasu realizacji rodzaj obiektu mostowego, oszacować ilość podstawowych materiałów niezbędnych do budowy obiektu i sporządzić wstępny kosztorys inwestorski. Informacje zawarte w katalogu mogą służyć inwestorowi do opisu przedmiotu zamówienia publicznego i być częścią materiałów przetargowych w przetargach publicznych. Katalog może służyć także do weryfikacji techniczno-ekonomicznej propozycji projektantów i/lub wykonawców, składanych przy realizacji inwestycji. Stosując opisaną w katalogu analizę oceny kosztów obiektu mostowego w cyklu życia LCCA (ang. *Life Cycle Cost Analysis*), inwestor będzie mógł oszacować te koszty dla wybranych z katalogu obiektów mostowych i porównać je z kosztami LCC dla innych proponowanych rozwiązań. Umożliwi to optymalizację wydawanych środków na eksploatację i utrzymanie drogowych obiektów mostowych.

Katalog stanowi narzędzie wspomagające projektowanie drogowych obiektów mostowych i przepustów przez projektanta, sprawującego samodzielne funkcje techniczne w budownictwie. Dla typowych drogowych obiektów mostowych i przepustów w poszczególnych zeszytach katalogu przedstawiono opis techniczny, obliczenia statyczno-wytrzymałościowe (model konstrukcji, obciążenia i oddziaływania, wyniki analizy statycznej, sprawdzenie stanów granicznych wg Eurokodów itp.), zużycie głównych materiałów (beton, stal zbrojeniowa, stal sprężająca, stal konstrukcyjna itp.), opis technologii wykonania oraz część rysunkową ze szczegółową geometrią obiektu i wybrane detale konstrukcyjne (połączenia, węzły itp.). Zakres ten odpowiada części technicznej projektu budowlanego (w szczególności projektu architektoniczno-budowlanego), przez co może usprawnić i przyspieszyć wykonanie projektu przez projektanta. Uszczegółowienie rozwiązań konstrukcyjnych zawartych w katalogu (np. szczegółowe zbrojenie poszczególnych elementów obiektu mostowego) powinno być zawarte w projekcie wykonawczym obiektu i odpowiadać wynikom przeprowadzonych obliczeń. Katalog nie wyręcza bowiem projektanta sprawującego samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z podejmowania decyzji i odpowiedzialności.

Katalog stanowi narzędzie wspomagające proces ofertowania drogowych obiektów mostowych i przepustów przez wykonawców składających oferty w przetargach publicznych, w szczególności w powszechnie stosowanym systemie „zaprojektuj i zbuduj”. Katalog umożliwia wykonawcy szybkie przedmiarowanie robót, podaje ilości podstawowych materiałów niezbędnych do budowy, wskazuje optymalne technologie budowy oraz definiuje główne wymagania techniczne dla podstawowych materiałów konstrukcyjnych. Jednocześnie przez wskazanie alternatywnych rozwiązań konstrukcyjnych w poszczególnych zakresach rozpiętości katalog umożliwia wykonawcy uwzględnienie własnych uwarunkowań techniczno-ekonomicznych przy wyborze oferowanego rodzaju obiektu mostowego.

Proponowane w katalogu typowe rodzaje obiektów mostowych i przepustów zostały wybrane na podstawie kompleksowego przeglądu istniejących drogowych obiektów

mostowych zbudowanych w Polsce od 2008 r. Zakres ocenionej próby badawczej obejmował blisko 100 drogowych obiektów mostowych, w tym mosty, wiadukty, estakady, kładki dla pieszych i przepusty, zaprojektowane i wykonane w ramach inwestycji finansowanych lub współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Dla każdego rodzaju obiektu mostowego znalazły się obiekty zaprojektowane i wykonane na obszarach różniących się pod względem ukształtowania terenu (wyżynnych, nizinnych, górskich itd.) oraz obiekty wykonane na obszarach lub w sąsiedztwie obszarów objętych różnymi formami ochrony przyrody. Przeprowadzono analizę porównawczą wymagań stawianych drogowym obiektom mostowym w zakresie parametrów technicznych, określonych w decyzjach o ustaleniu środowiskowych uwarunkowań realizacji inwestycji oraz parametrów przyjętych w projektach budowlanych, na podstawie których przeprowadzono te obiekty.

Podstawą sporządzenia katalogu była także analiza zakresu i zasad stosowania katalogów lub innych tego typu opracowań dotyczących typowych drogowych obiektów mostowych i przepustów, stosowanych do projektowania w Polsce po 1945 r. oraz stosowanych w siedmiu państwach Unii Europejskiej i USA. Ponadto dzięki przeprowadzonej ankietyzacji katalog uwzględnia praktyczne doświadczenia projektantów, wykonawców i zarządców drogowych obiektów inżynierskich oraz najnowszą wiedzę i doświadczenia jednostek naukowych, krajowych i zagranicznych. Przedstawiciele tej drugiej grupy brali czynny udział w opracowywaniu poszczególnych części katalogu, w opiniowaniu proponowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz w konsultowaniu układu i treści w nim zawartych.

Katalog podzielono na dwie części. W części I opisano zakres stosowania katalogu, podano procedurę wyboru drogowego obiektu mostowego z katalogu oraz opis praktycznego zastosowania katalogu. Część I zawiera zeszyty katalogowe, w których przedstawiono opis techniczny, obliczenia statyczno-wytrzymałościowe, rysunki ogólne i zestawienie materiałów dla różnych rodzajów przęseł i podpór obiektów mostowych. Podczas realizacji części I katalogu stosowano obowiązujące Polskie Normy, w tym w szczególności Eurokody, oraz obowiązujące na czwarty kwartał 2018 r. przepisy prawa, w szczególności rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63, poz. 735 z późn. zm.) [3], z zastrzeżeniem podanym w rozdziale drugim katalogu.

Część II katalogu zawiera podstawowe wiadomości o drogowych obiektach mostowych, które mogą być pomocne głównie administracji drogowej (w szczególności samorządowej) oraz projektantom w przygotowaniu inwestycji mostowej i zarządzaniu utrzymaniem mostów. W części tej opisano także szczegółowe wymagania dla podstawowych materiałów konstrukcyjnych, które są zalecane do stosowania w obiektach mostowych oraz zawarto informacje niezbędne do kształtowania konstrukcyjno-materiałowego obiektu mostowego. Część II obejmuje podstawowe definicje i pojęcia z obszaru mostownictwa, klasyfikację drogowych obiektów mostowych ograniczoną do zawartości katalogu oraz opisuje podstawowe elementy wyposażenia drogowych obiektów mostowych. W części tej opisano potencjalne uszkodzenia obiektów mostowych oraz przedstawiono instrukcje utrzymania drogowych obiektów mostowych, a także zaprezentowano metodykę szacowania kosztów drogowych obiektów mostowych w cyklu życia (LCCA).

2 Zawartość i zakres stosowania katalogu

2.1. ZAWARTOŚĆ KATALOGU

„Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów” swoim zakresem obejmuje:

Część I

- o wprowadzenie,
- o zakres stosowania katalogu,
- o procedurę wyboru drogowego obiektu mostowego z katalogu,
- o zeszyty katalogowe dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych i przepustów,
- o opis praktycznego zastosowania katalogu,
- o piśmiennictwo do części I.

Część II

- o wprowadzenie,
- o definicje użytych pojęć,
- o klasyfikację drogowych obiektów mostowych i przepustów,
- o podstawowe materiały do budowy drogowych obiektów mostowych i przepustów,
- o podstawowe elementy wyposażenia drogowych obiektów mostowych,
- o potencjalne uszkodzenia drogowych obiektów mostowych i przepustów,
- o instrukcje utrzymania drogowych obiektów mostowych i przepustów,
- o szacunek kosztów drogowych obiektów mostowych w cyklu życia,
- o piśmiennictwo do części II.

Wprowadzenie zawiera podstawowe informacje oraz założenia, jakie podało Ministerstwo Infrastruktury w opisie przedmiotu zamówienia oraz wynikające z dyskusji uszczegółwiającej z autorami katalogu. Katalog rozpoczyna opis zakresu i zawartości katalogu (I.2). Następnie przedstawiono procedurę wyboru drogowego obiektu mostowego (I.3), pozwalającą dobrać, na podstawie posiadanych przez projektanta, inwestora i/lub wykonawcę wstępnych danych i/lub założeń do projektowania, odpowiednie rozwiązanie spośród zeszytów katalogowych (I.4). Podstawowym elementem katalogu są zeszyty (I.4) zawierające projekty koncepcyjne typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych. Każdy z zeszytów składa się z części opisowej i rysunkowej. W części opisowej zamieszczono podstawowe dane i parametry obiektu, założenia techniczne przyjęte do projektowania, omówienie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych dla poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz skrócony opis technologii budowy. W części rysunkowej każdego zeszytu zamieszczono rysunki przekrojów poprzecznych i podłużnych proponowanych obiektów wraz z tabelami zawierającymi podstawowe wskaźniki materiałowe dla tych konstrukcji oraz rysunkami konstrukcyjnymi wybranych szczegółów.

Zeszyty (I.4) podzielono następująco:

- Zeszyt Z1. Przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego,
- Zeszyt Z2. Obiekty ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych,
- Zeszyt Z3. Obiekty gruntowo – powłokowe z blach falistych,
- Zeszyt Z4. Obiekty ramownicowe z betonu monolitycznego,
- Zeszyt Z5. Obiekty belkowe z prefabrykatów strunobetonowych,
- Zeszyt Z6. Obiekty ramownicowe i belkowe ze stalowych belek walcowanych,
- Zeszyt Z7. Obiekty belkowe z betonu sprężonego,
- Zeszyt Z8. Przyczółki mostowe,
- Zeszyt Z9. Filary mostowe.

Część I zakończono opisem praktycznego zastosowania katalogu (I.5), gdzie pokazano w jaki sposób dobierać konstrukcję z zeszytów katalogowych (I.4).

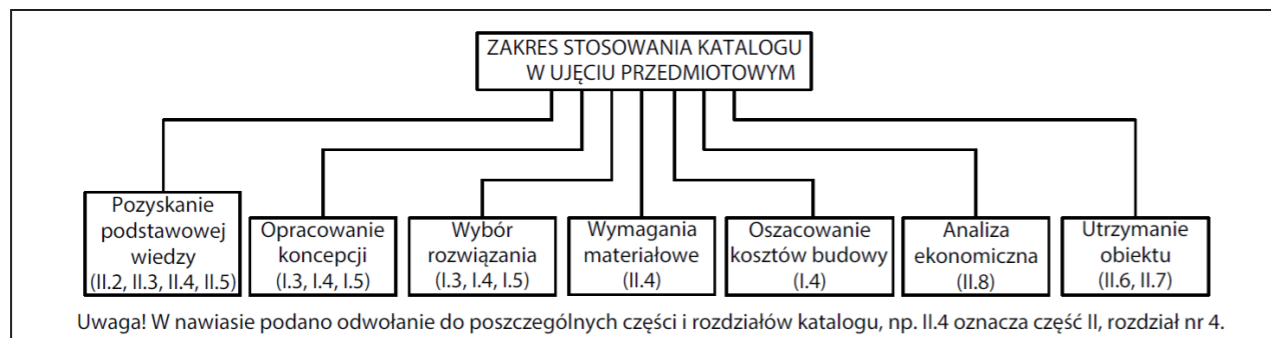
W części II przedstawiono podstawowe wiadomości o drogowych obiektach mostowych, które mogą być pomocne głównie administracji drogowej (w szczególności samorządowej) oraz projektantom w przygotowaniu inwestycji mostowej i zarządzaniu utrzymaniem mostów. Część II rozpoczynają definicje użytych pojęć, wybrane z różnego rodzaju aktów prawnych, norm (II.2). Kolejno opisano klasyfikację drogowych obiektów mostowych (II.3), z naciskiem na obiekty, które w katalogu zostały zaproponowane, jako typowe. Dalej przedstawiono wymagania co do podstawowych materiałów do budowy drogowych obiektów mostowych (II.4). Na podstawie norm, przepisów technicznych i piśmiennictwa zestawiono wymagania kolejno dla: betonu konstrukcyjnego, stali zbrojeniowej, stali sprężającej i stali konstrukcyjnej. Kolejny rozdział (II.5) zawiera opis podstawowych elementów wyposażenia drogowych obiektów mostowych. Podano w nim definicje i opisano podstawowe stosowane rozwiązania w zakresie: łożysk, urządzeń i przykryć dylatacyjnych, odwodnienia, kap i desek gzymsowych, balustrad i barier ochronnych, płyt przejściowych, izolacji oraz nawierzchni. Następne dwa rozdziały poświęcono podstawowym zasadom utrzymania obiektów mostowych. W pierwszym z nich (II.6) opisano i przedstawiono przykładowo na fotografiach potencjalne uszkodzenia drogowych obiektów mostowych. W drugim (II.7) zamieszczono instrukcję utrzymania drogowych obiektów mostowych i przepustów, obejmującą wymagania do prowadzenia książki obiektu mostowego, omówiono system przeglądów drogowych obiektów mostowych oraz opisano podstawowe prace utrzymaniowe. Zakończenie części II stanowi rozdział poświęcony analizie LCCA (II.8). Przed wyborem wariantu budowy obiektu mostowego wskazane (a czasami konieczne) jest przeprowadzanie ekonomicznej oceny obiektu w cyklu życia (ang. *Life Cycle Cost Analysis*). Analiza ekonomiczna inwestycji mostowej powinna uwzględniać przyszłe wydatki związane z utrzymaniem obiektu mostowego i rozbiórką. Podejmowanie decyzji o wyborze wariantu jedynie na podstawie kosztów budowy może prowadzić do dużych strat finansowych, zarówno dla inwestora, jak i użytkowników obiektu. Aby tych strat uniknąć, przedstawiono metodę szacowania kosztów drogowych obiektów mostowych w cyklu życia.

2.2. ZAKRES STOSOWANIA I OGRANICZENIA KATALOGU

Zakres stosowania katalogu w ujęciu przedmiotowym pokazano na rys. 2-1. W zakresie przedmiotowym katalog może być stosowany w celu:

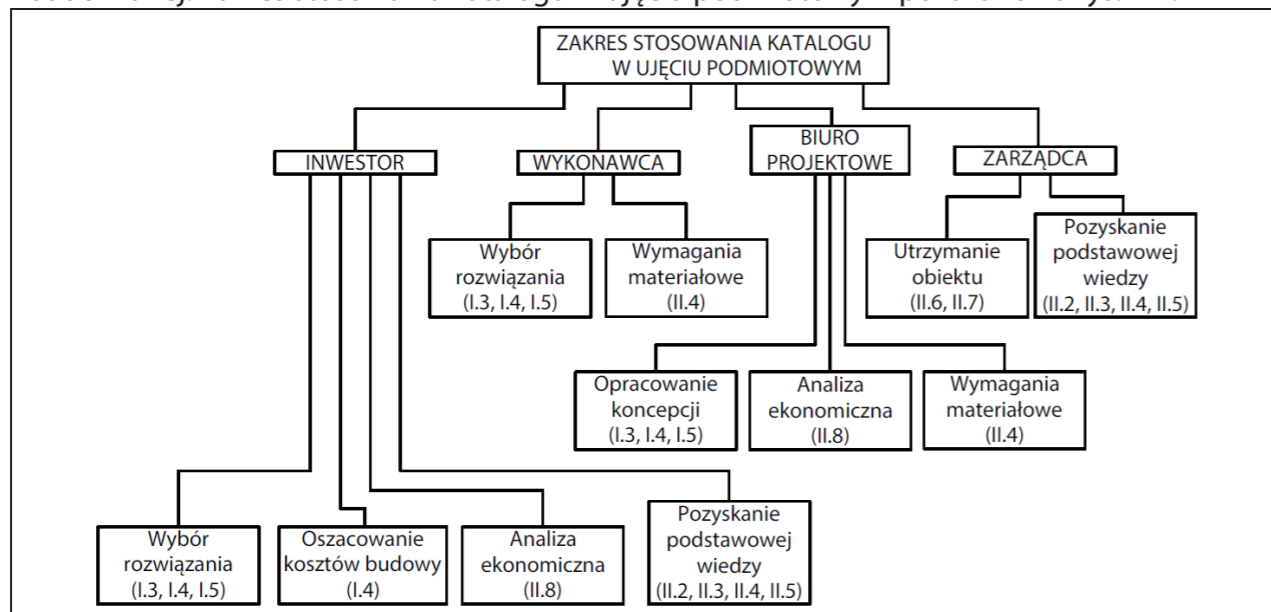
- pozyskiwania podstawowej wiedzy (np. w zakresie definicji, klasyfikacji obiektów, materiałów i technologii budowy, elementów wyposażenia),

- opracowania koncepcji i/lub projektu architektoniczno-budowlanego (np. do określenia podstawowych parametrów projektowanego obiektu),
- wyboru rozwiązania konstrukcyjnego (np. korzystnego dla przekroczenia danej przeszkody),
- określenia wymagań materiałowych i technologicznych (np. jako pomoc w sporządzaniu specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych),
- oszacowania kosztów (np. do wstępnego oszacowania kosztów budowy obiektu na podstawie wskaźników materiałowych),
- sporządzania analiz ekonomicznych (np. analiz wariantowych, porównawczych, analiz kosztów w cyklu życia LCCA),
- planowania utrzymania obiektów (np. do identyfikacji elementów wrażliwych na uszkodzenia oraz poznania aspektów prawnych utrzymania konstrukcji mostowych).



Rys. 2-1. Zakres stosowania katalogu w ujęciu przedmiotowym

Katalog może być stosowany w różnych celach przez główne podmioty inwestycji budowlanej. Zakres stosowania katalogu w ujęciu podmiotowym pokazano na rys. 2-2.



Rys. 2-2. Zakres stosowania katalogu w ujęciu podmiotowym

Obiekty typowe ujęte w katalogu wybrano na podstawie wieloparametrycznej analizy próby badawczej, w skład której wchodziło: 25 mostów, 30 wiaduktów, 9 estakad, 9 kładek oraz 20 przepustów. Badanie objęło obiekty wybudowane w Polsce po 2008 r. i współfinansowane z funduszy Unii Europejskiej. Wieloparametryczna analiza próby badawczej uzupełniona wynikami ankiety przeprowadzonej wśród zarządców dróg różnego szczebla, biur projektów

i wykonawców pozwoliła na określenie rodzaju typowych obiektów mostowych wraz z określeniem podstawowych zakresów rozpiętości konstrukcji. Główne wnioski z analizy determinujące wybór konstrukcji do katalogu przedstawiają się następująco:

- 80% drogowych obiektów mostowych to konstrukcje betonowe (żelbetowe, sprężone, prefabrykowane), udział konstrukcji zespolonych (stalowo-betonowych) wynosi 16%,
- 96% drogowych obiektów mostowych stanowią trzy typowe układy statyczne, tj. konstrukcje o schemacie statycznym belki ciągłej (40%), belki swobodnie podpartej (38%) oraz o schemacie ramownicowym (18%),
- 90% drogowych obiektów mostowych zawiera się w przedziale o maksymalnych rozpiętościach przęsła do 40 m,
- betonowe obiekty sprężone i żelbetowe monolityczne to rozwiązania najkorzystniejsze pod względem oddziaływania na środowisko,
- największą trwałość mają obiekty zespolone oraz betonowe prefabrykowane, najmniejszą obiekty żelbetowe monolityczne.

Zestawienie typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów ujętych w katalogu przedstawiono w Tab. 2-1.

Ze względu na rodzaj układu statycznego są to obiekty jedno-, dwu- lub wieloprzęsłowe typu estakadowego o maksymalnej rozpiętości przęsła do 40 m. W każdej grupie zaproponowano obiekty o konstrukcji monolitycznej oraz częściowo prefabrykowane. Dla obiektów jednoprzęsłowych przedstawiono również rozwiązania w pełni prefabrykowane.

Ze względu na rodzaj konstrukcji przęsła są to:

- przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego,
- obiekty ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych,
- obiekty gruntowo-powłokowe z blach falistych,
- obiekty ramownicowe z betonu monolitycznego,
- obiekty belkowe z prefabrykatów strunobetonowych,
- obiekty ramownicowe i belkowe ze stalowych belek walcowanych,
- obiekty belkowe z betonu sprężonego.

Ze względu na rozpiętość przęsła obiekty podzielono następująco:

- 1,0-5,0 m,
- 5,0-20,0 m,
- 20,0-30,0 m,
- 30,0-40,0 m.






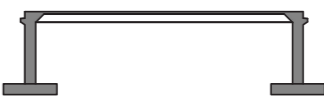
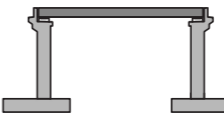
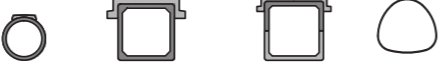

Wszystkie rozwiązania typowe przedstawione w katalogu są zlokalizowane na prostym odcinku drogi, a kąt skrzyżowania osi podłużnej obiektu i osi przeszkody wynosi 90°. Rozwiązania typowe mogą być zaadaptowane w zakresie:

- skosu,
- łuku poziomego drogi,
- wysokości podpór,
- pośrednich rozpiętości przęsła.

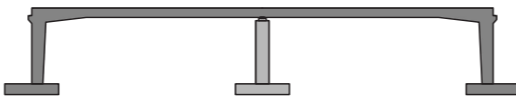
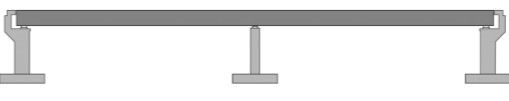
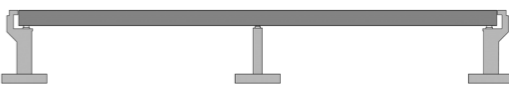
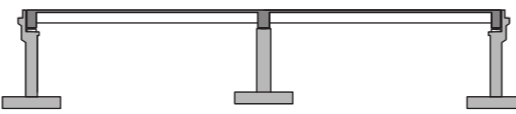
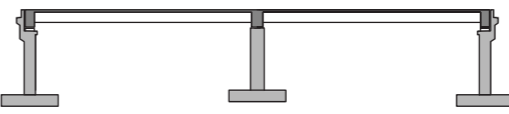
Możliwości adaptacji rozwiązania typowego dla poszczególnych konstrukcji podano w Tab. 2-2. Możliwości adaptacji podpór przedstawionych w zeszytach Z8 i Z9 zależą od rozwiązań przyjętych dla przęsła w zeszytach Z5-Z7. Przedstawione w Tab. 2-2 możliwości adaptacji dotyczą konstrukcji katalogowych i dobrano je tak, aby nie wpływały znacząco na wskaźniki materiałowe. Rozwiązania katalogowe można stosować poza zakresem przedstawionym w Tab. 2-2, wskaźniki materiałowe przedstawione w zeszytach mogą być jednak niewystarczające.

TAB.2-1. ZESTAWIENIE TYPOWYCH KOSTRUKCJI OBIEKTÓW MOSTOWYCH I PRZEPUSTÓW W KATALOGU

KONSTRUKCJE JEDNOPRZĘSŁOWE

LP	ROZPIĘTOŚĆ PRZĘSŁA	1 - 5 m	5 - 20m	20 - 30 m	30 - 40 m
1	TYPOWE OBIEKTY MONOLITYCZNE	schemat: ramownicowy konstrukcja: żelbetowa rama monolityczna 	schemat: ramownicowy konstrukcja: żelbetowa rama monolityczna 	schemat: swobodnie podparty konstrukcja: sprężona belkowa monolityczna 	schemat: swobodnie podparty konstrukcja: sprężona belkowa monolityczna 
2	TYPOWE OBIEKTY CZĘŚCIOWO PREFABRYKOWANE		schemat: swobodnie podparty konstrukcja: belka typu „odwrócone T” 9/12/15/ + płyta monolityczna belka typu T 18 + płyta monolityczna 	schemat: ramownicowy konstrukcja: zespolona - dźwigary walcowane + płyta monolityczna 	
				schemat: swobodnie podparty konstrukcja: belka typu T 21/24/27/ + płyta monolityczna 	
3	TYPOWE OBIEKTY PREFABRYKOWANE	schemat: ramownicowy konstrukcja: przepusty prefabrykowane: żelbetowe skrzynkowe, rurowe; stalowe łukowo-kołowe 	schemat: ramownicowy konstrukcja: żelbetowe elementy prefabrykowane; obiekty gruntowo-powłokowe z blach falistych 		

KONSTRUKCJE DWUPRZĘSŁOWE

4	TYPOWE OBIEKTY MONOLITYCZNE		schemat: ramownicowy konstrukcja: żelbetowa płyta monolityczna 	schemat: ciągły konstrukcja: sprężona belka monolityczna 	schemat: ciągły konstrukcja: sprężona belka monolityczna 
5	TYPOWE OBIEKTY CZĘŚCIOWO PREFABRYKOWANE		schemat: ciągły konstrukcja: belka typu T 15/18/ + płyta monolityczna 	schemat: ciągły, konstrukcja: belka typu T 21/24/27/ + płyta monolityczna 	

KONSTRUKCJE WIELOPRZĘSŁOWE

6	TYPOWE OBIEKTY MONOLITYCZNE			schemat: ciągły konstrukcja: sprężona belka monolityczna 	
7	TYPOWE OBIEKTY CZĘŚCIOWO PREFABRYKOWANE			schemat: ciągły konstrukcja: belka typu T 21/24/27/ + płyta monolityczna 	schemat: ciągły konstrukcja: zespolona - dźwigary walcowane + płyta monolityczna 

Tab. 2-2. Możliwości adaptacji rozwiązania typowego poszczególnych typów konstrukcji

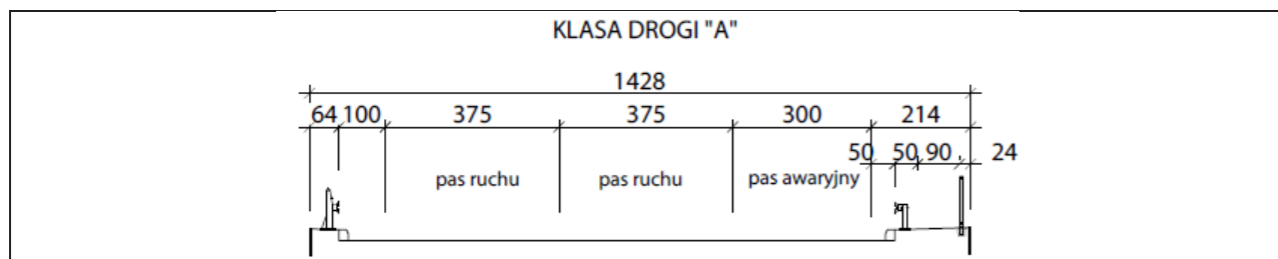
Nr zeszytu	Nazwa zeszytu	Schemat konstrukcji	Możliwości adaptacji			
			Zastosowanie obiektu w skosie do 75°	Możliwość zastosowania na drodze w łuku	Adaptacja wysokości podpór bez zmiany parametrów przęsła	Rozpiętości pośrednie (interpolacja rozpiętości)
Z1	Przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego		+	+	-	-
Z2	Obiekty ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych		-	+	-	-
Z3	Obiekty gruntowo-powłokowe z blach falistych		+	+	-	-
Z4	Obiekty ramownicowe z betonu monolitycznego		+	+	-	+
Z5	Obiekty belkowe z prefabrykatów strunobetonowych		+	-	+	+
Z6	Obiekty ramownicowe i belkowe ze stalowych belek walcowanych		+	-	+	+
Z7	Obiekty belkowe z betonu sprężonego monolitycznego		+	+	+	+

Założenia techniczne przyjęte dla drogowych obiektów mostowych i przepustów przedstawionych w katalogu są następujące:

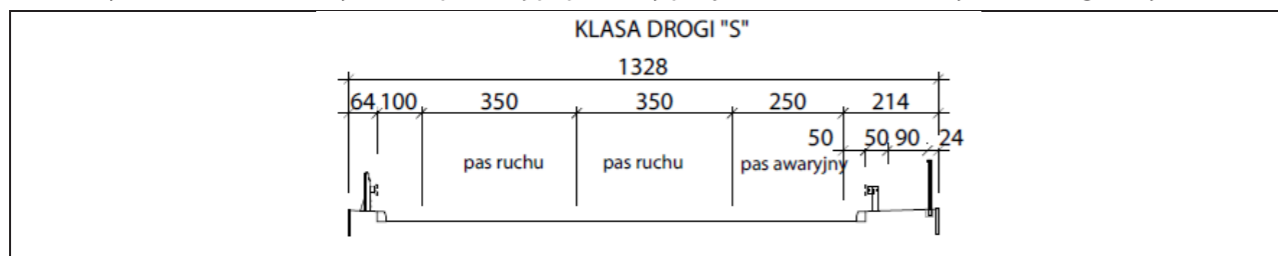
- szerokości użytkowe i przekroje poprzeczne przęseł obiektów mostowych przyjęto dla poszczególnych kategorii dróg jak na Rys. 2-3÷2-8,
- klasy obciążenia obiektów w zależności kategorii drogi przyjęto jak w Tab. 2-3, Tab. 2-4,
- obiekty zaprojektowano, stosując system Polskich Norm PN-EN (tzw. Eurokodów); szczegóły przyjętych obciążeń, ich kombinatoryki, parametrów materiałowych, współczynników bezpieczeństwa podano w poszczególnych zeszytach katalogowych,
- obiekty podzielono ze względu na rodzaj przeszkody terenowej, tj. przeszkody naturalne, np. rzeka, oraz przeszkody sztuczne, m.in. droga, linia kolejowa; dla przeszkód sztucznych przyjęto minimalną skrajnię pionową pod obiektem według obowiązujących przepisów,
- w przypadku, gdy konieczne jest przeciwdziałanie możliwości uderzenia pojazdu w przęsło obiektu, zaprojektowano podniesienie konstrukcji przęsła w minimalnym bezpiecznym zakresie,
- dla podpór obiektów zaprojektowano posadowienie bezpośrednie; parametry gruntów przyjętych do projektowania posadowienia podano w poszczególnych zeszytach,
- dla każdego rodzaju obiektu podano typową technologię budowy; w przypadku odmiennej technologii należy przeanalizować jej wpływ na rozwiązania katalogowe.

Konstrukcje przęseł przedstawione w zeszytach Z4 i Z5 są sprawdzone na możliwość uderzenia pojazdu w przęsło. W przypadku przęseł z belek w kształcie T oraz odwrócone T (zeszyt Z5) konieczne jest zabetonowanie przestrzeni pomiędzy dwiema skrajnymi belkami prefabrykowanymi (po obu stronach przęsła). Wykorzystanie przęseł przedstawionych w zeszytach Z6, Z7 jest możliwe jedynie w przypadku wykorzystania odpowiednio podwyższonych przyczółków i filarów przedstawionych w zeszytach Z8 i Z9 lub innych rozwiązań mających na celu ochronę przęsła przed uderzeniem.

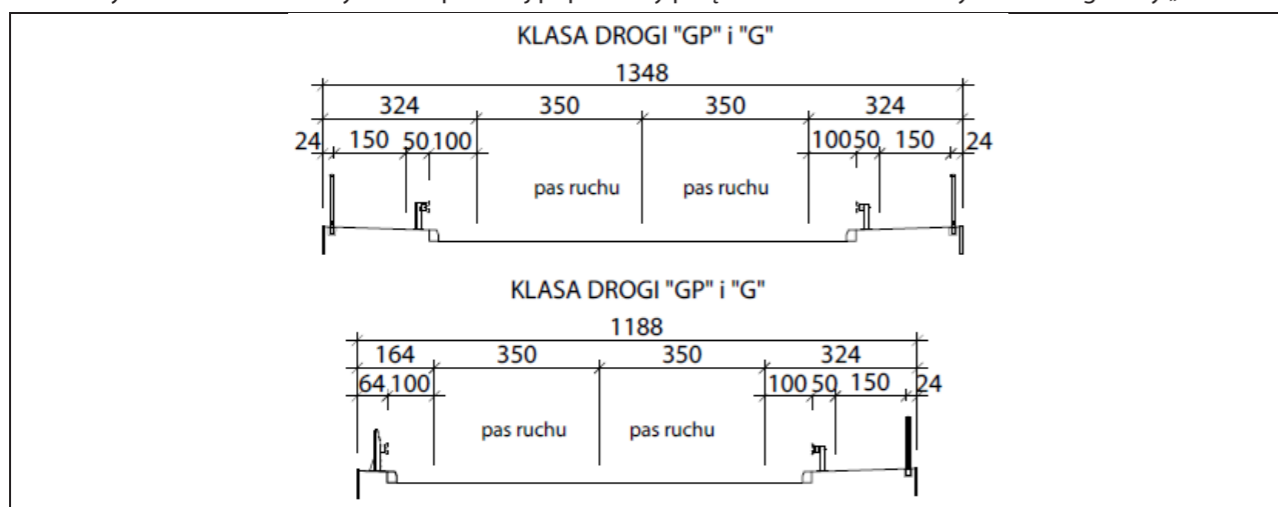
W zeszytach Z8 i Z9 przedstawiono rozwiązania podpór odpowiednio skrajnych i pośrednich. Podpory podzielono ze względu na dwa parametry: wysokość oraz liczbę łożysk. Wysokość podpory jest zdefiniowana przez wymaganą skrajnię i/lub światło pod obiektem. W przypadku obiektów belkowych z betonu sprężonego (zeszyt Z7) należy stosować podpory przewidziane pod dwa łożyska. W innych przypadkach powinno się stosować podpory z trzema łożyskami (zeszyty Z5, Z6). Propozycje podpór zawarte w zeszytach Z8 i Z9 mają zastosowanie do zeszytów z konstrukcjami typowymi od Z5 do Z7 oraz Z4 (tylko w połączeniu z podporami pośrednimi Z9). W przypadku konstrukcji przedstawionych w zeszytach Z1, Z2, Z3, Z4 podpory stanowią integralną część typowej konstrukcji zostały przedstawione w zeszytach Z8, Z9.



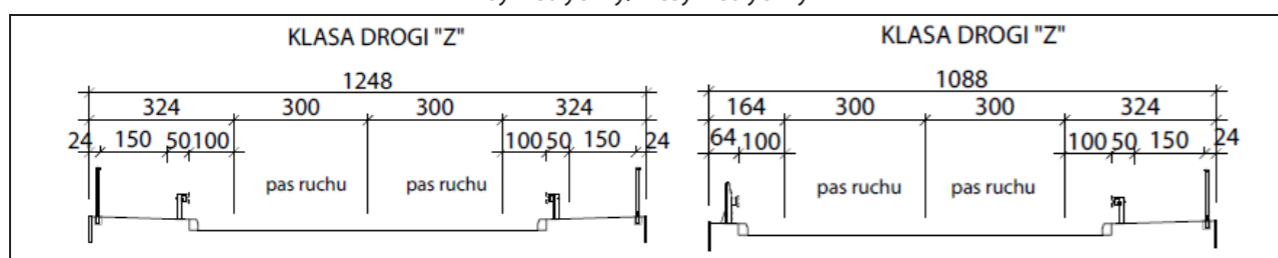
Rys. 2-3. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „A”



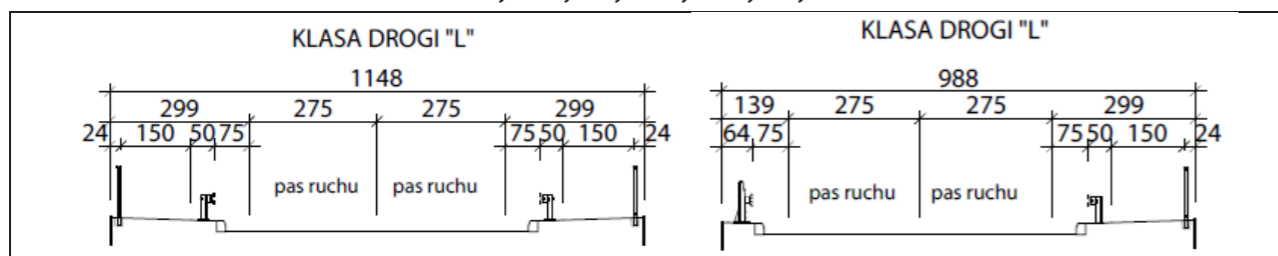
Rys. 2-4. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „S”



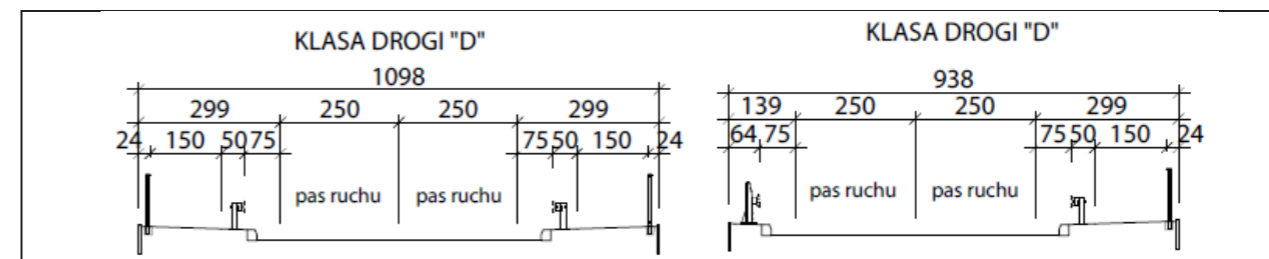
Rys. 2-5. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „GP” i „G” – symetryczny/niesymetryczny



Rys. 2-6. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „Z” - symetryczny/niesymetryczny



Rys. 2-7. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „L” - symetryczny/niesymetryczny



Rys. 2-8. Szerokości użytkowe i przekrój poprzeczny przęseł obiektów mostowych dla drogi klasy „D” - symetryczny/niesymetryczny

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 według [7] dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto zgodnie z Tab. 2-3.

Tab. 2-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 [7]

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze					
	α_{Q1}	$\alpha_{Qir, i \geq 2}$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qir, i \geq 2}$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Obiekty mostowe położone w ciągu dróg publicznych, na których został przewidziany ruch pojazdów nienormatywnych o masie do 60 ton, dodatkowo zaprojektowano na obciążenie pojazdem specjalnym LM3 według Załącznika A do [7].

Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi obiektów inżynierskich zależne od klasy drogi przyjęto zgodnie z Tab. 2-4.

Tab. 2-4. Klasy obciążenia na obiekcie [7]

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Klasa II

Katalog nie obejmuje drogowych obiektów mostowych uznanych za nietypowe, tj. z przęsłami łukowymi, kratownicowymi, podwieszonymi itp. Ponadto rozwiązania ograniczono do rozpiętości pojedynczego przęsła maksymalnie 40 m. Przęsła o dłuższych rozpiętościach wymagają indywidualnego projektowania.

W katalogu nie przedstawiano szczegółowych rozwiązań elementów wyposażenia obiektu, takich jak: balustrady, bariery ochronne, odwodnienie, urządzenia dylatacyjne itp. Zasady stosowania tych elementów są podane w odpowiednich instrukcjach i przepisach prawa i/lub katalogach dedykowanych tym urządzeniom (np. katalog detali mostowych).

W przypadku gdy podłoże gruntowe odbiega od założeń przyjętych w katalogu, należy zaprojektować posadowienie indywidualne.

Katalog nie zwalnia projektantów, wykonawców czy administratorów dróg, którzy zechcą z niego korzystać, z obowiązków wynikających z przepisów prawa w zakresie projektowania, budowy i utrzymania drogowych obiektów mostowych. W przypadku stosowania katalogu należy się również upewnić, że przedstawione w nim rozwiązania konstrukcyjne oraz informacje są zgodne z aktualnymi normami i przepisami technicznymi.

3 Procedura wyboru rodzaju obiektu mostowego

3.1. CEL PROCEDURY

Celem procedury jest przedstawienie użytkownikom katalogu zasad postępowania przy wyborze właściwego rozwiązania konstrukcyjnego drogowego obiektu mostowego i/lub przepustu spośród rozwiązań przedstawionych w zeszytach rozdziału 4. Przykłady stosowania procedury wyboru podano w rozdziale 5.

3.2. ZAKRES PROCEDURY

Zakres procedury obejmuje następujące schematy postępowania:

- wybór typowego układu i rozpiętości przęseł (diagram nr 1),
- wybór typowych konstrukcji obiektów jednoprzęsłowych (diagram nr 2),
- wybór typowych konstrukcji obiektów dwuprzęsłowych (diagram nr 3),
- wybór typowych konstrukcji obiektów wieloprzęsłowych (diagram nr 4),
- wybór typowych konstrukcji podpór obiektów z betonu monolitycznego sprężonego (diagram nr 5),
- wybór typowych konstrukcji podpór obiektów innych niż z betonu monolitycznego sprężonego (diagram nr 6).

Uwaga! Procedura nie dotyczy konstrukcji kładek dla pieszych. Wyboru konstrukcji kładki należy dokonać zgodnie z zeszytem Z6 (Karta Z6-K oraz Karta Z6-KP).

3.3. OPIS SZCZEGÓŁOWY PROCEDURY

Przy wyborze właściwej konstrukcji drogowego obiektu mostowego należy posługiwać się diagramami.

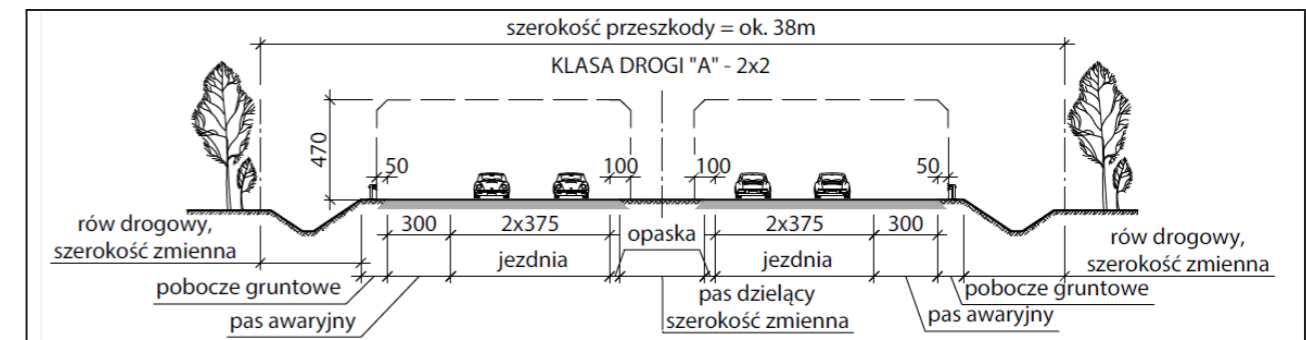
3.3.1. DIAGRAM NR 1 – TYPOWY UKŁAD PRZĘSEŁ

Diagram nr 1 służy do ustalenia typowego układu i rozpiętości przęseł. Na tym etapie następuje zdefiniowanie przeszkody, nad którą powstać ma drogowy obiekt mostowy. Typowy układ przęseł należy określić, uwzględniając poniższe uwarunkowania terenowe.

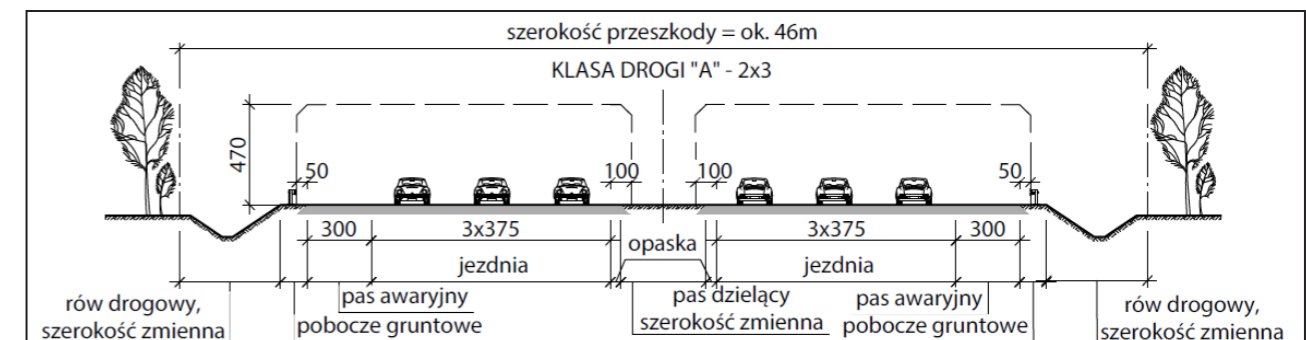
A. Rodzaj przeszkody oraz jej parametry geometryczne

W przypadku dróg publicznych oraz linii kolejowej należy określić skrajnie pionowe i poziome. Na Rys. 3-1 do Rys. 3-12 przedstawiono wymiary skrajni dla dróg klasy A, S, GP, G, Z, L i D zgodnie z [2]. Na Rys. 3-13 i Rys. 3-14 przedstawiono wymiary skrajni kolejowej dla linii magistralnej oraz pierwszorzędnej jedno- i dwutorowej zgodnie z [1].

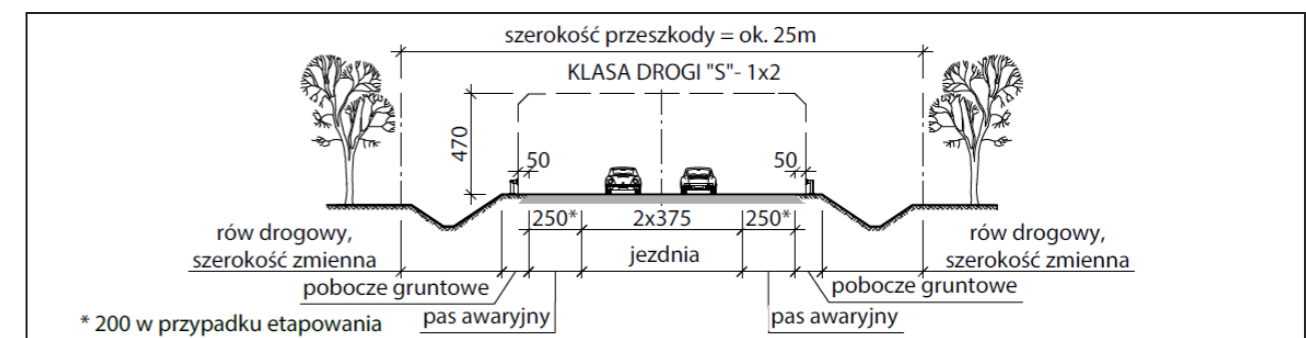
Dla przeszkód terenowych należy określić ukształtowanie terenu, zagospodarowanie przestrzeni podmostowej, uwzględnić ewentualne przejścia dla zwierząt zgodnie z [27].



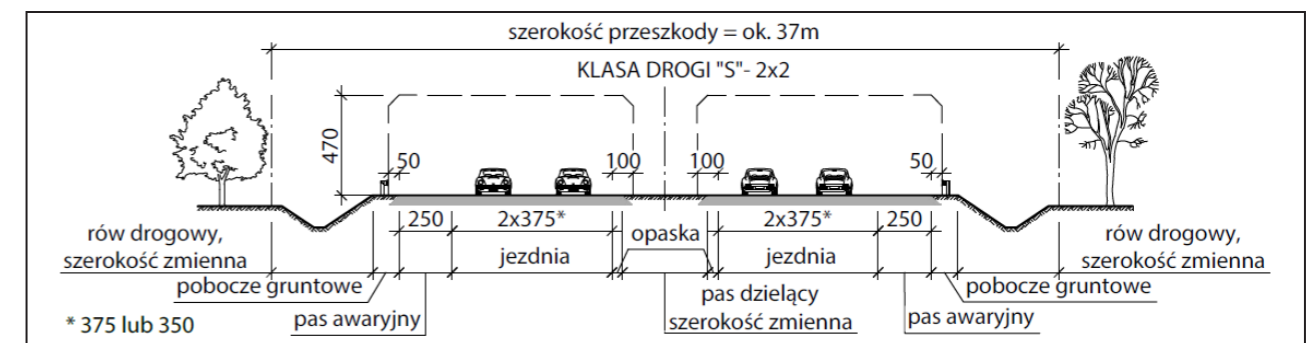
Rys. 3-1. Droga klasy „A” o przekroju 2 x 2



Rys. 3-2. Droga klasy „A” o przekroju 2 x 3



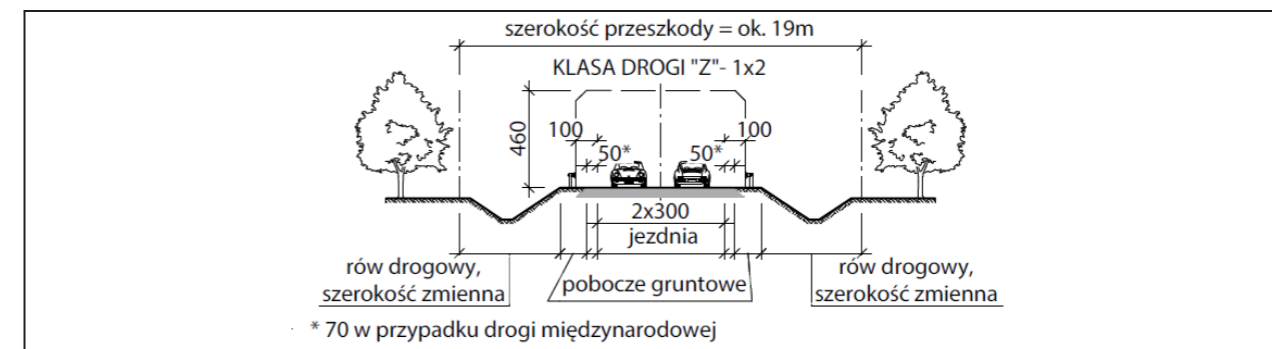
Rys. 3-3. Droga klasy „S” o przekroju 1 x 2



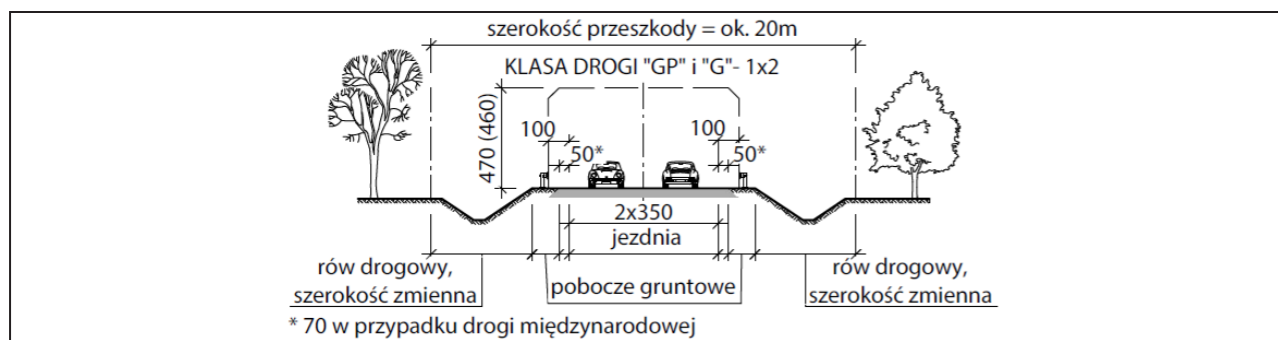
Rys. 3-4. Droga klasy „S” o przekroju 2 x 2



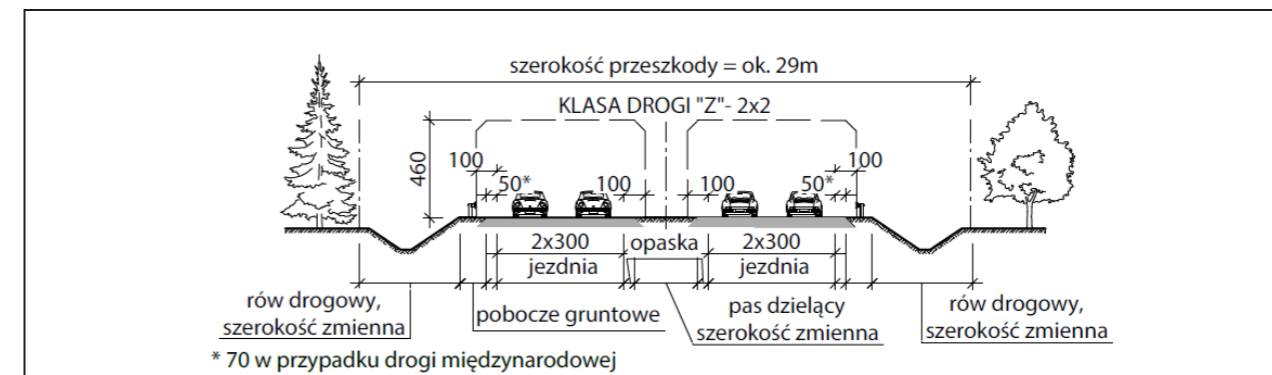
Rys. 3-5. Droga klasy „S” o przekroju 2 x 3



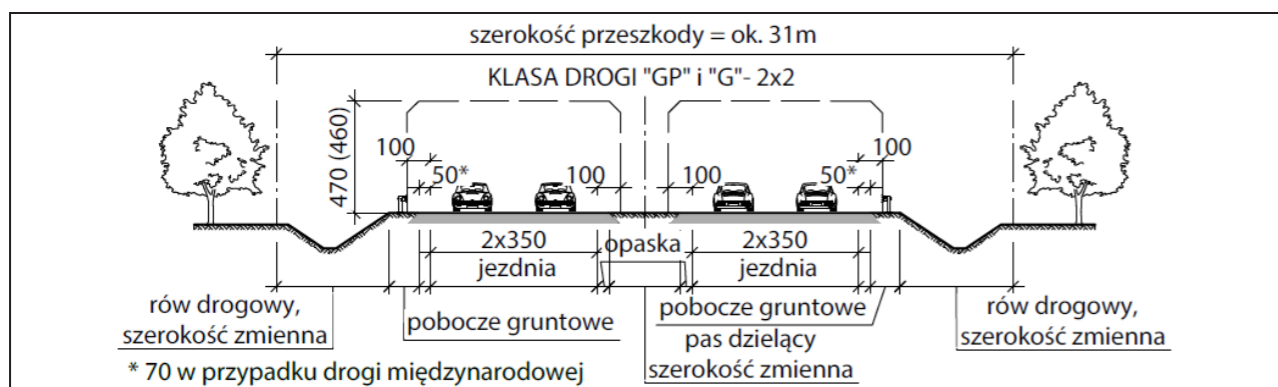
Rys. 3-9. Droga klasy „Z” o przekroju 1 x 2



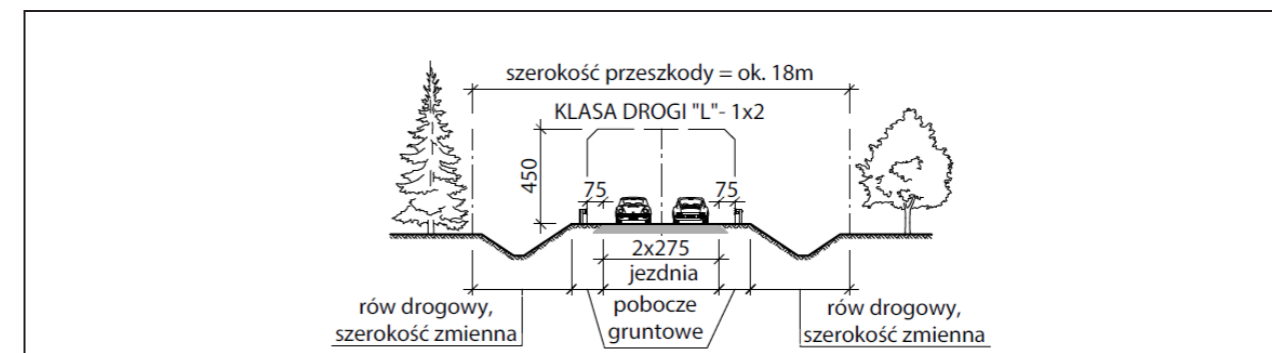
Rys. 3-6. Droga klasy „GP” i „G” o przekroju 1 x 2



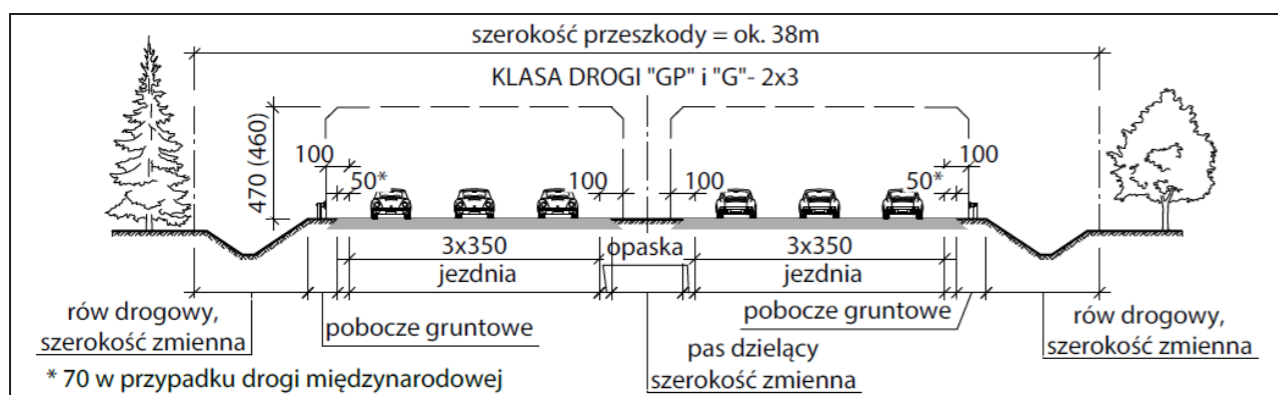
Rys. 3-10. Droga klasy „Z” o przekroju 2 x 2



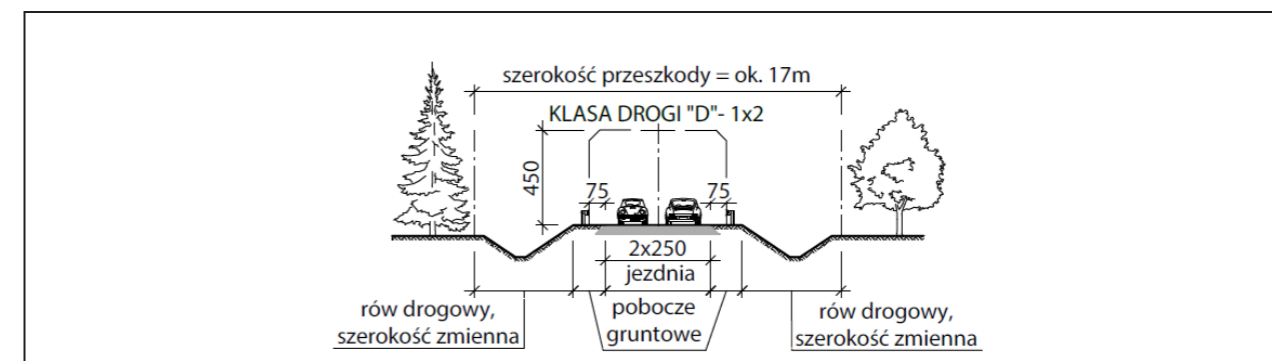
Rys. 3-7. Droga klasy „GP” i „G” o przekroju 2 x 2



Rys. 3-11. Droga klasy „L” o przekroju 1 x 2



Rys. 3-8. Droga klasy „GP” i „G” o przekroju 2 x 3



Rys. 3-12. Droga klasy „D” o przekroju 1 x 2



Rys. 3-13. Linia magistralna jednotorowa



Rys. 3-14. Linia magistralna dwutorowa

W sytuacji przeszkód wodnych należy określić szerokość (ukształtowanie) koryta cieku oraz prognozowany zasięg terenów zalewowych. W przypadku ustalania długości obiektu mostowego nad ciekami zalecane jest określenie minimalnego światła mostu zgodnie z [3] oraz uzyskanie warunków technicznych od zarządcy cieku. Maksymalną szerokość przeszkody „L” należy rozumieć jako światło pojedynczego przęsła (rys. 3-15). Szerokość ta ograniczona została do 38 m ze względu na zakres katalogu, obejmujący przęsła o rozpiętości teoretycznej do 40 m. W przypadku obiektu usytuowanego w skosie do osi przeszkody (rys. 3-16) szerokość przeszkody należy określić zgodnie ze wzorem:

$$L_s = \frac{B}{\operatorname{tg}\alpha} + \frac{L}{\sin\alpha} \quad (3-1)$$

gdzie:

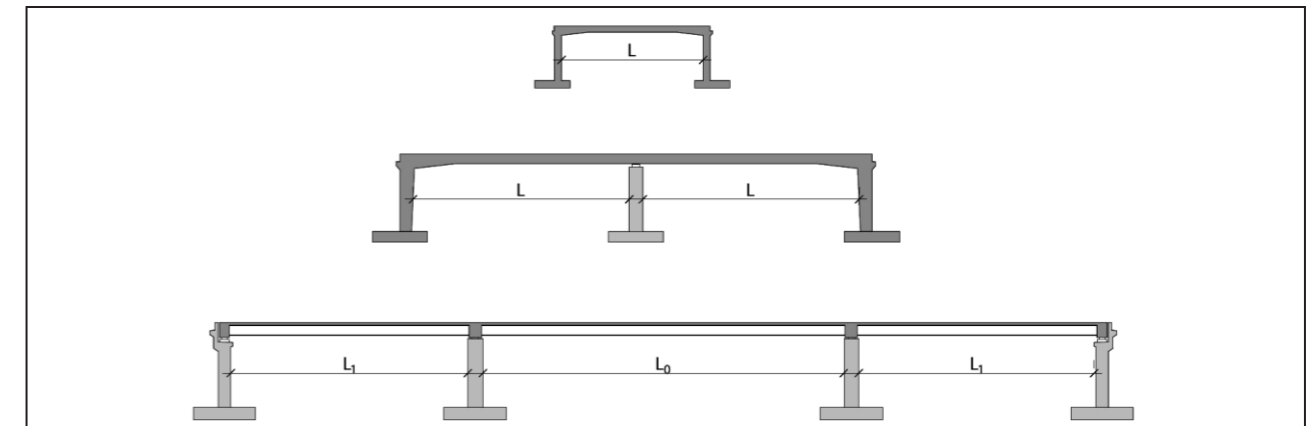
L_s – szerokość przeszkody w skosie,

B – szerokość obiektu,

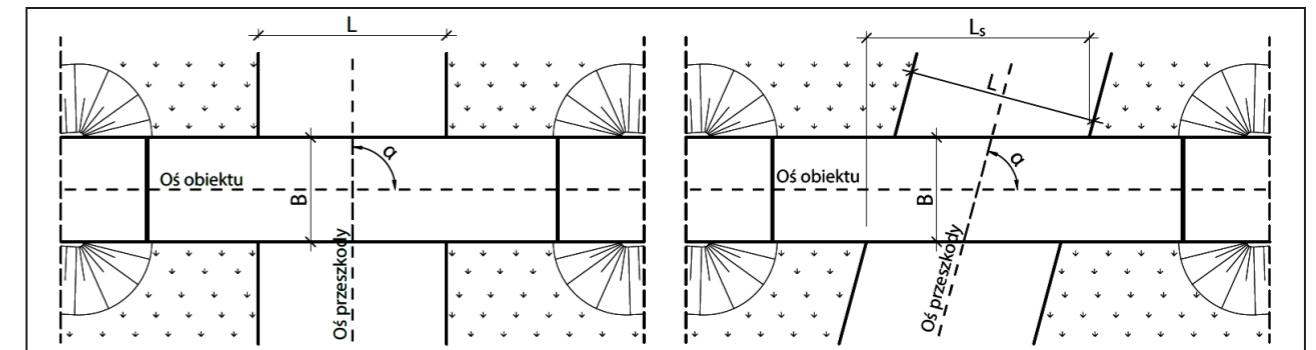
L – szerokość przeszkody,

α – kąt skrzyżowania przeszkody z obiektem według rys. 3-16.

W przypadku gdy szerokość przeszkody przekracza 38 m, należy zastosować rozwiązanie indywidualne.



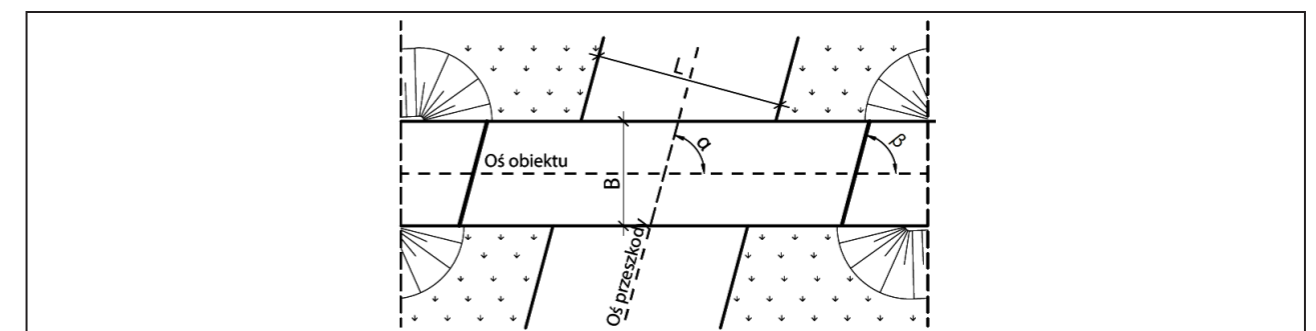
Rys. 3-15. Sposób określania światła przęsła „L”



Rys. 3-16. Sposób określania szerokości przeszkody „L” i „Ls”

B. Kąt skosu obiektu mostowego

Dopuszczalny kąt skosu obiektu „ β ” (rys. 3-17) powinien zawierać się w przedziale 75-90°. Gdy kąt skosu obiektu jest mniejszy niż 75°, należy zastosować rozwiązanie indywidualne.



Rys. 3-17. Sposób określania kąta skosu obiektu β

C. Liczba przęseł obiektu mostowego wraz z ich rozpiętością teoretyczną

Katalog zawiera rozwiązania dla obiektów jedno-, dwu- oraz wieloprzęsłowych. Określając podział obiektów na przęsła, należy wziąć pod uwagę następujące aspekty:

- zagospodarowanie przestrzeni podmostowej,
- ukształtowanie koryta cieku oraz uwarunkowania hydrologiczne,
- estetyka obiektu.

W zależności od dokonanego wyboru należy przejść do diagramów nr 2, 3 lub 4.

3.3.2. DIAGRAM NR 2 – TYPOWE OBIEKTY JEDNOPRZĘSŁOWE

Diagram nr 2 służy do ustalenia typowej konstrukcji przęsła/obiektu w układzie jednoprzęsłowym. Doboru konstrukcji należy dokonać spośród wymienionych przedziałów rozpiętości przęsła.

A. Rozpiętość 1÷5 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano konstrukcje małych obiektów prefabrykowanych/monolitycznych żelbetowych kołowych i prostokątnych oraz obiektów z blachy falistej o przekroju kołowym i łukowo-kołowym. W pierwszym kroku na podstawie charakteru przeszkody należy określić, czy jest to potok górski (zgodnie definicją według Rozporządzenia [3]) czy ogólnie zdefiniowane inne przeszkody. W drugim kroku należy zdefiniować, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt inżynierski będzie projektowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

B. Rozpiętość 5÷20 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano następujące konstrukcje obiektów: ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych, objekty gruntowo-powłokowe z blach falistych, ramownicowe z betonu monolitycznego oraz belkowe z prefabrykatów strunobetonowych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać rodzaj konstrukcji obiektu. Ostatnim krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku obiektów belkowych z prefabrykatów strunobetonowych należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr 6.

Tab. 3-1. Uwarunkowania techniczno-ekonomiczne wyboru obiektu

W1 Uwarunkowania techniczno-ekonomiczne dla obiektów monolitycznych	W2 Uwarunkowania techniczno-ekonomiczne dla obiektów prefabrykowanych
<ul style="list-style-type: none"> większe doświadczenie wykonawcy w budowie obiektów monolitycznych, ograniczona dostępność prefabrykatów (długi czas oczekiwania, duża odległość transportowa), lokalizacja budowy (utrudnienia w transporcie prefabrykatów – konieczność budowy dróg tymczasowych, drogi dojazdowe o niskiej nośności), bliska lokalizacja węzłów betoniarskich, dyspozycja własnym systemem rusztowań / deskowań, inne. 	<ul style="list-style-type: none"> większe doświadczenie wykonawcy w budowie obiektów prefabrykowanych, łatwa dostępność prefabrykatów (krótki czas oczekiwania, mała odległość transportowa), lokalizacja budowy (łatwy dojazd transportu prefabrykatów), odległa lokalizacja węzłów betoniarskich, konieczność dzierżawy systemu rusztowań / deskowań, inne.

C. Rozpiętość 20÷30 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano następujące konstrukcje obiektów: belkowe z betonu monolitycznego sprężonego, belkowe z prefabrykatów strunobetonowych oraz ramownicowe ze stalowych belek walcowanych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać rodzaj konstrukcji obiektu. Ostatnim

krokiem przy wyborze konstrukcji jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

W przypadku obiektów częściowo prefabrykowanych zaproponowano dwa rozwiązania: objekty ramownicowe i swobodnie podparte. Decydując o wyborze, należy rozważyć następujące kryteria wyboru: warunki gruntowe (możliwość nierównomiernego osiadania podpór), koszty cyklu życia LCC, trwałość obiektu zgodnie z [26] i [29]. W przypadku obiektów belkowych z betonu sprężonego należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr 5. Natomiast dla obiektów belkowych z prefabrykatów strunobetonowych należy dobrać podpory zgodnie z diagramem nr 6.

D. Rozpiętość 30÷40 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano następujące konstrukcje obiektów: belkowe z betonu monolitycznego sprężonego oraz ramownicowe ze stalowych belek walcowanych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać rodzaj konstrukcji obiektu. Ostatnim krokiem podczas wyboru odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku obiektów belkowych z betonu sprężonego należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr 5.

3.3.3. DIAGRAM NR 3 – TYPOWE OBIEKTY DWUPRZĘSŁOWE

Diagram nr 3 służy do ustalenia typowej konstrukcji przęsła/obiektu w układzie dwuprzęsłowym. Wyboru konstrukcji należy dokonać spośród wymienionych przedziałów rozpiętości przęsła.

A. Rozpiętość 15÷20 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano następujące konstrukcje obiektów: ramownicowe z betonu monolitycznego oraz belkowe z prefabrykatów strunobetonowych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać rodzaj konstrukcji obiektu. Ostatnim krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku obiektów belkowych z prefabrykatów strunobetonowych należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr. 6. W przypadku obiektów ramownicowych z betonu monolitycznego należy dobrać konstrukcję filarów zgodnie z diagramem nr 6.

B. Rozpiętość 20÷30 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano konstrukcje obiektów: belkowe z betonu monolitycznego sprężonego oraz belkowe z prefabrykatów strunobetonowych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać rodzaj

konstrukcji obiektu. Ostatnim krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku obiektów belkowych z betonu sprężonego należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr 5. Natomiast dla obiektów belkowych z prefabrykatów strunobetonowych należy dobrać podpory zgodnie z diagramem nr 6.

C. Rozpiętość 30÷40 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano obiekty belkowe z betonu monolitycznego sprężonego. Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. Konstrukcje podpór należy dobrać zgodnie z diagramem nr 5.

3.3.4. DIAGRAM NR 4 – TYPOWE OBIEKTY WIELOPRZĘSŁOWE

Diagram służy do ustalenia typowej konstrukcji przęsła/obektu w układzie wieloprzęsłowym. Wyboru konstrukcji należy dokonać spośród wymienionych przedziałów rozpiętości przęseł.

A. Rozpiętość 20÷30 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano konstrukcje o przęsłach belkowych z prefabrykatów strunobetonowych obiekty belkowe z betonu monolitycznego sprężonego. Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. Konstrukcje podpór należy dobrać zgodnie z diagramem nr 6.

B. Rozpiętość 30÷40 m

W tym przedziale rozpiętości zaproponowano następujące konstrukcje obiektów: belkowe z betonu monolitycznego sprężonego oraz belkowe ze stalowych belek walcowanych. Pierwszym krokiem wyboru konstrukcji przęsła jest technologia budowy, tzn. należy zdefiniować możliwość budowy z zastosowaniem pełnego rusztowania. W drugim kroku należy określić uwarunkowania techniczno-ekonomiczne W1 lub W2 według Tab. 3-1 oraz wybrać typ konstrukcji obiektu. Ostatnim krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przęsła jest zdefiniowanie, w ciągu jakiej klasy drogi dany obiekt mostowy jest zlokalizowany. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku obiektów belkowych z betonu sprężonego należy dobrać konstrukcję podpór zgodnie z diagramem nr 5. Natomiast dla obiektów belkowych z belek walcowanych należy dobrać podpory zgodnie z diagramem nr 6.

3.3.5. DIAGRAM NR 5 – TYPOWE PODPORY

Diagram przeznaczony jest do ustalenia typowej konstrukcji podpór (przyczółek/filar) dedykowanych przęsłom o konstrukcji z betonu monolitycznego sprężonego. Wyboru konstrukcji należy dokonać spośród wymienionych typów podpór.

A. Przyczółki o konstrukcji masywnej

Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przyczółka jest zdefiniowanie rodzaju przeszkody pod obiektem (np. skrajnia drogowa, skrajnia kolejowa). Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

B. Filary pełnościennie dwułożyskowe oraz ażurowe dwusłupowe

Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji filara jest określenie rodzaju przeszkody pod kątem hydrologicznym, tj. czy jest to przeszkoda wodna. W drugim kroku należy określić rodzaj konstrukcji filara. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

3.3.6. DIAGRAM NR 6 – TYPOWE PODPORY

Diagram służy do ustalenia typowej konstrukcji podpór (przyczółek / filar) dedykowanych przęsłom o konstrukcjach innych niż z betonu monolitycznego sprężonego. Wyboru konstrukcji należy dokonać spośród wymienionych rodzajów podpór mostowych.

A. Przyczółki

Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji przyczółka jest zdefiniowanie rodzaju konstrukcji przęsła (przęsła betonowe, tj. belkowe z prefabrykatów strunobetonowych oraz przęsła stalowe: belkowe ze stalowych belek walcowanych). W kroku drugim w przypadku przęseł betonowych należy określić rodzaj przeszkody pod obiektem tj. czy jest to przeszkoda kolejowa czy inna. W trzecim kroku należy określić rodzaj konstrukcji przyczółka. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. W przypadku przęseł stalowych w kroku drugim należy zdefiniować czy istnieje ryzyko uderzenia pojazdu/wymagane jest uwzględnienie uderzenia w przęsło mostu, czy takiego ryzyka nie ma/nie jest wymagane. W trzecim kroku należy określić rodzaj konstrukcji przyczółka. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

B. Filary

Pierwszym krokiem przy wyborze odpowiedniego rodzaju konstrukcji filara jest określenie rodzaju przeszkody i określenie rodzaju konstrukcji przęsła.

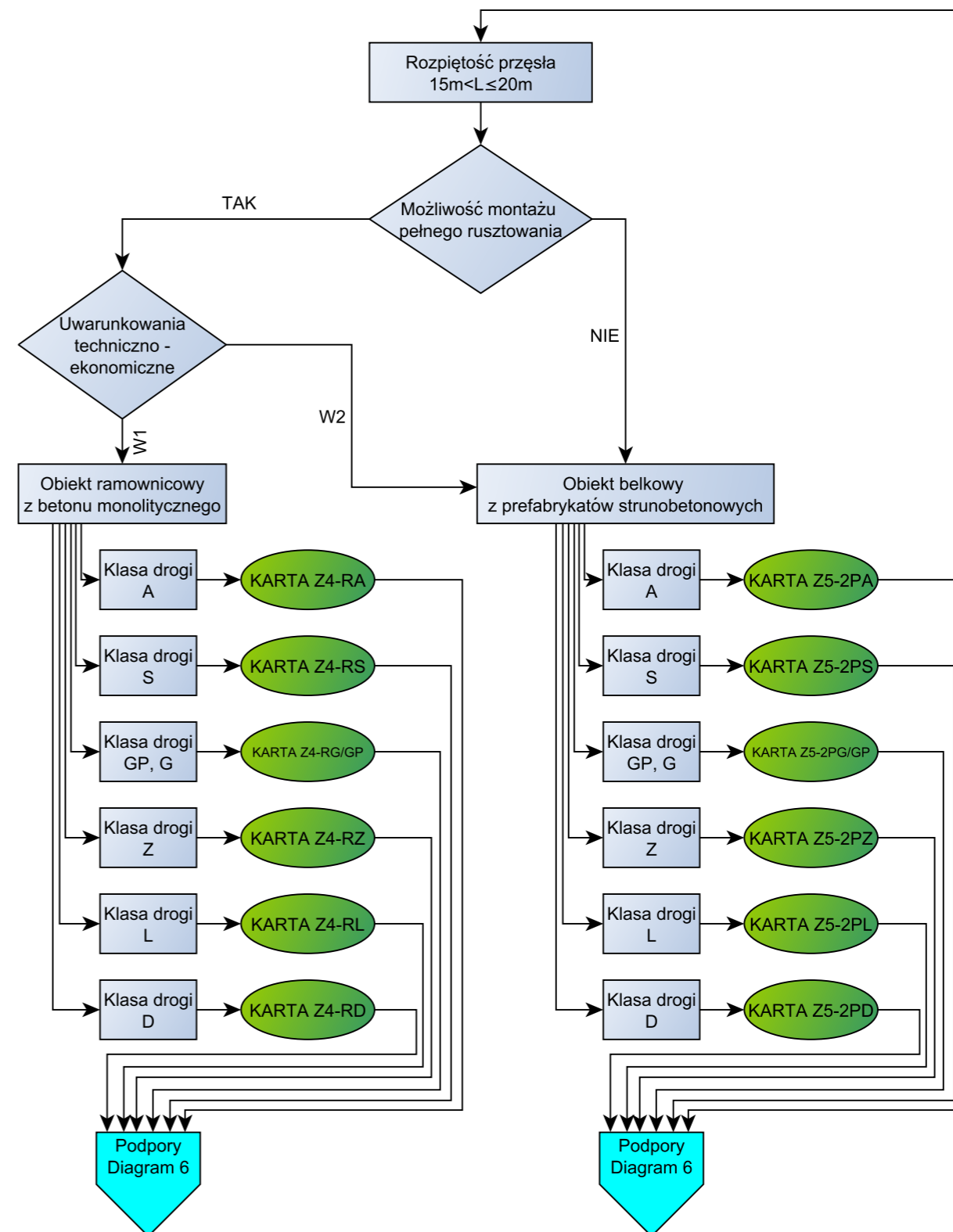
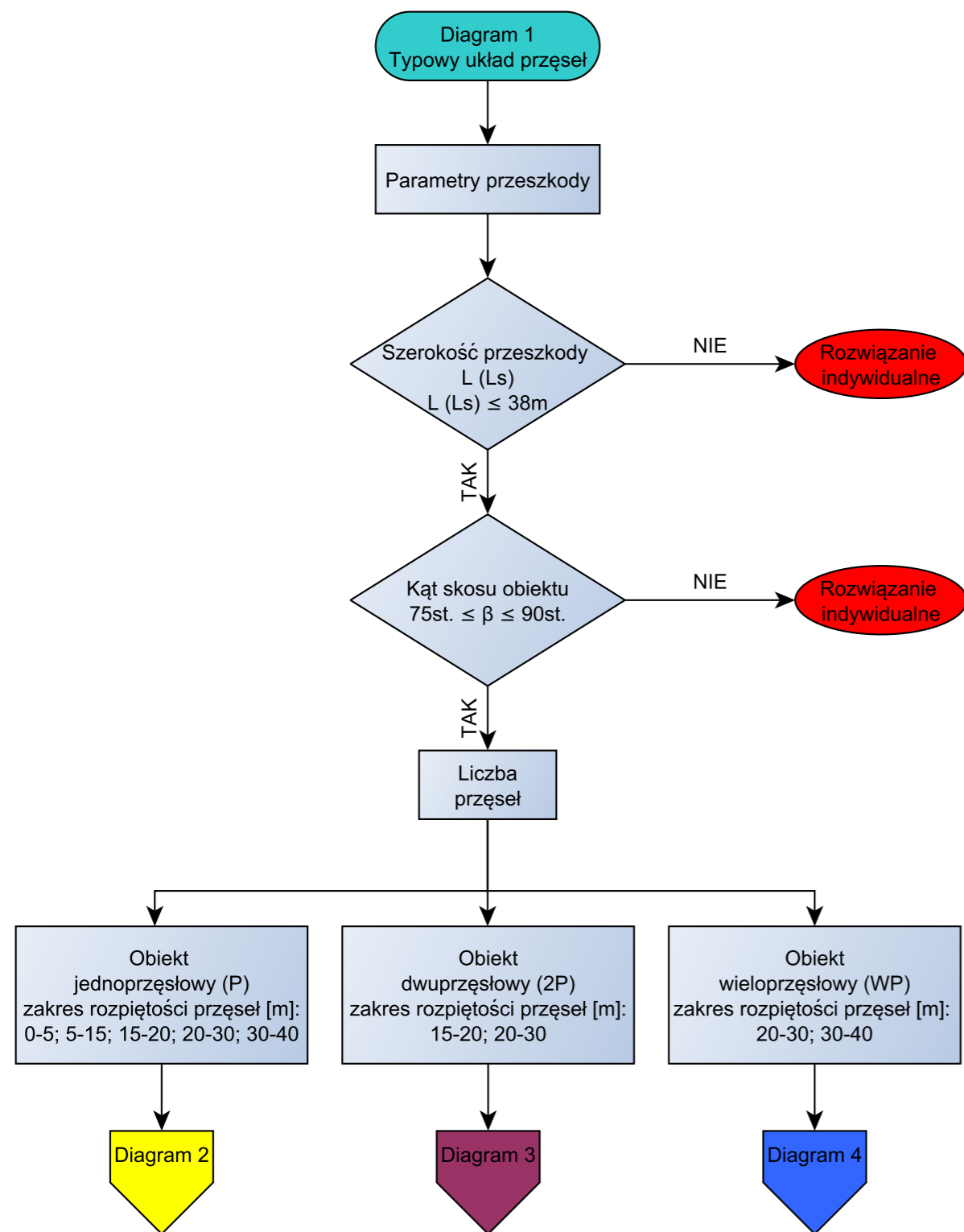
W przypadku przeszkód wodnych w drugim kroku należy wybrać rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej. Proponowane rozwiązania konstrukcji filara są zróżnicowane na wysokości. Odpowiednią wysokość filara należy dobrać w zależności od przewidywanego poziomu wody spiętrzonej.

W przypadku przęseł betonowych (betonowe monolityczne, betonowe monolityczne sprężone, belkowe z prefabrykatów strunobetonowych) i przeszkód innych niż wodne w drugim kroku należy określić konstrukcję filara oraz wybrać rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

W przypadku przęseł belkowych ze stalowych belek walcowanych i przeszkód innych niż wodne w drugim kroku należy zdefiniować, czy istnieje ryzyko uderzenia pojazdu/wymagane jest uwzględnienie uderzenia w przęsło obiektu, czy takiego ryzyka nie ma/nie jest wymagane. W trzecim kroku należy określić typ konstrukcji filara. Na tej podstawie dobiera się rozwiązanie konstrukcyjne według wskazanej karty katalogowej.

3.4. PODSUMOWANIE

Wynikiem zastosowania procedury jest dobór odpowiedniego rodzaju konstrukcji drogowego obiektu mostowego, tj. typu przęsła wraz z konstrukcją podpór. Mając ustalone poszczególne elementy konstrukcyjne obiektu mostowego, można oszacować koszt wybranego obiektu mostowego. Wskaźniki zużycia materiałów konstrukcyjnych służące do szacowania kosztu budowy zostały zdefiniowane w odpowiednich kartach katalogu.



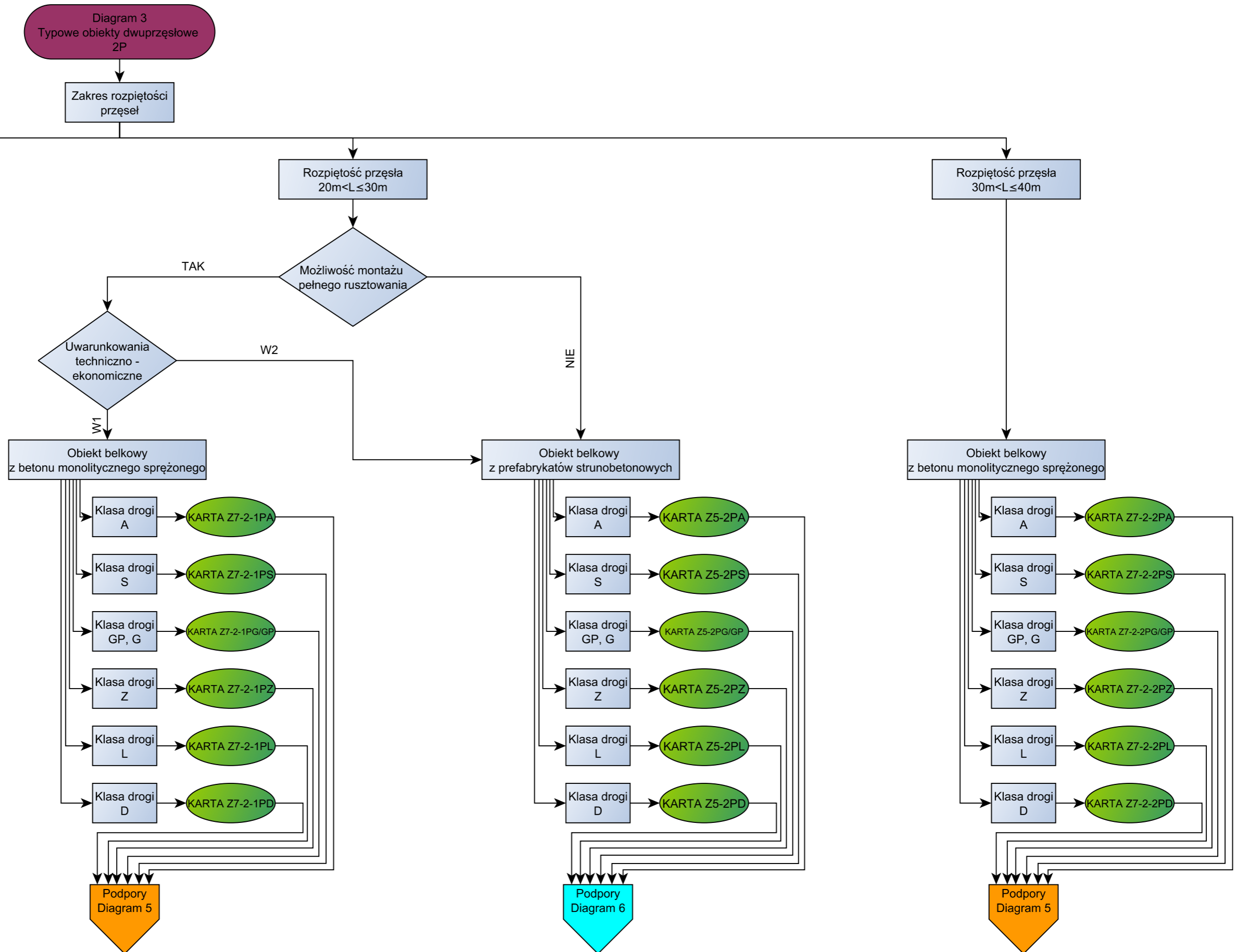
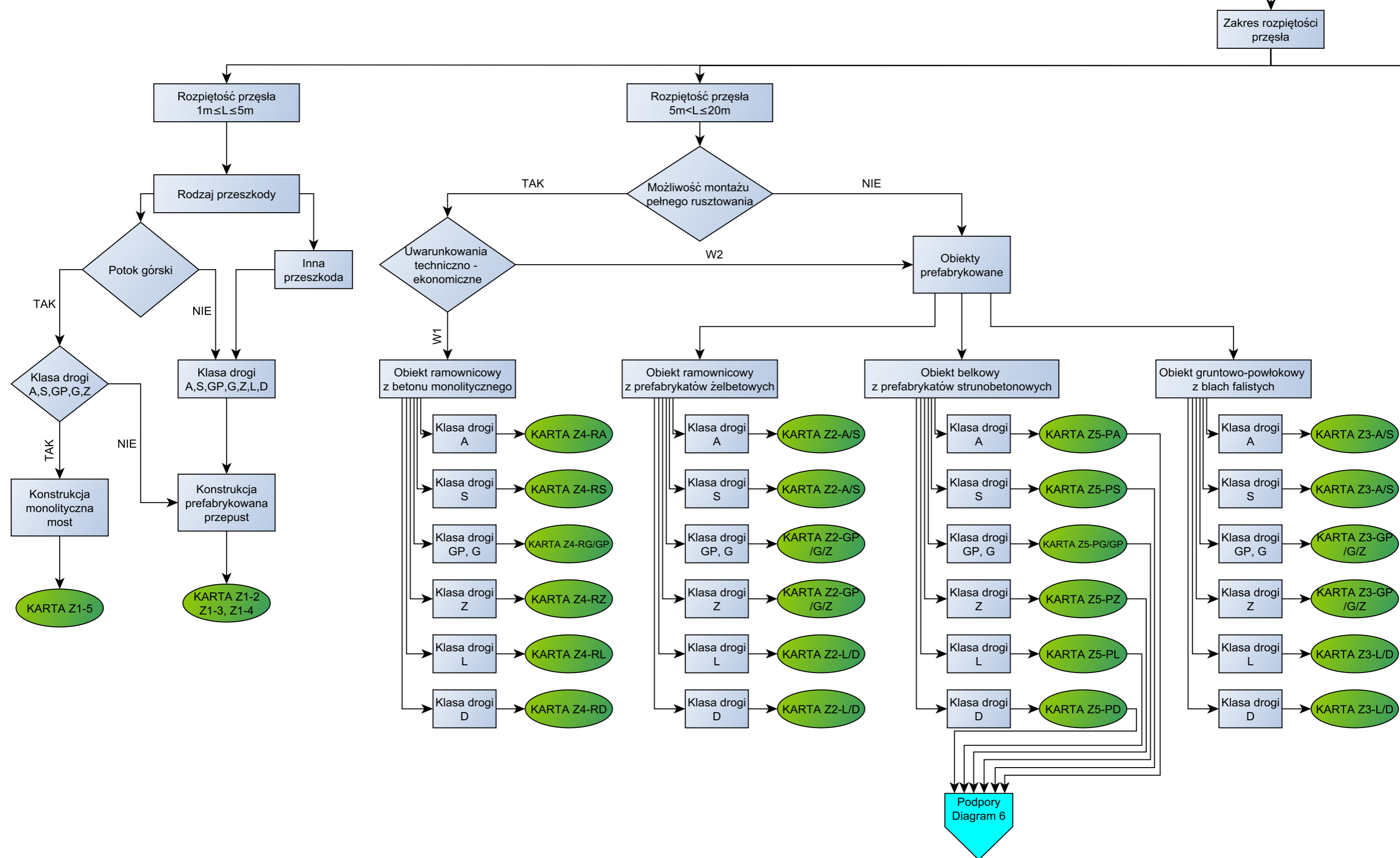
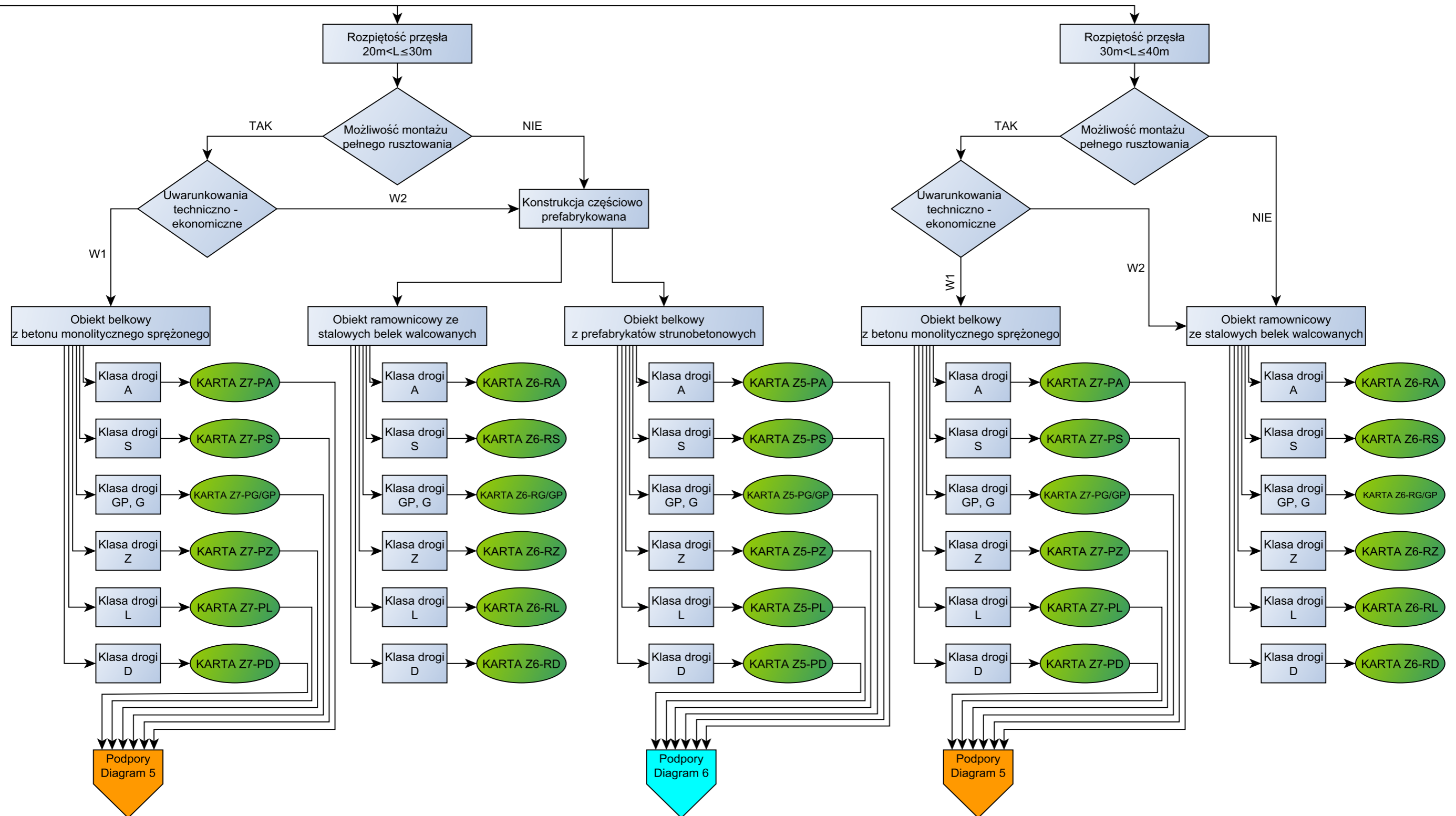
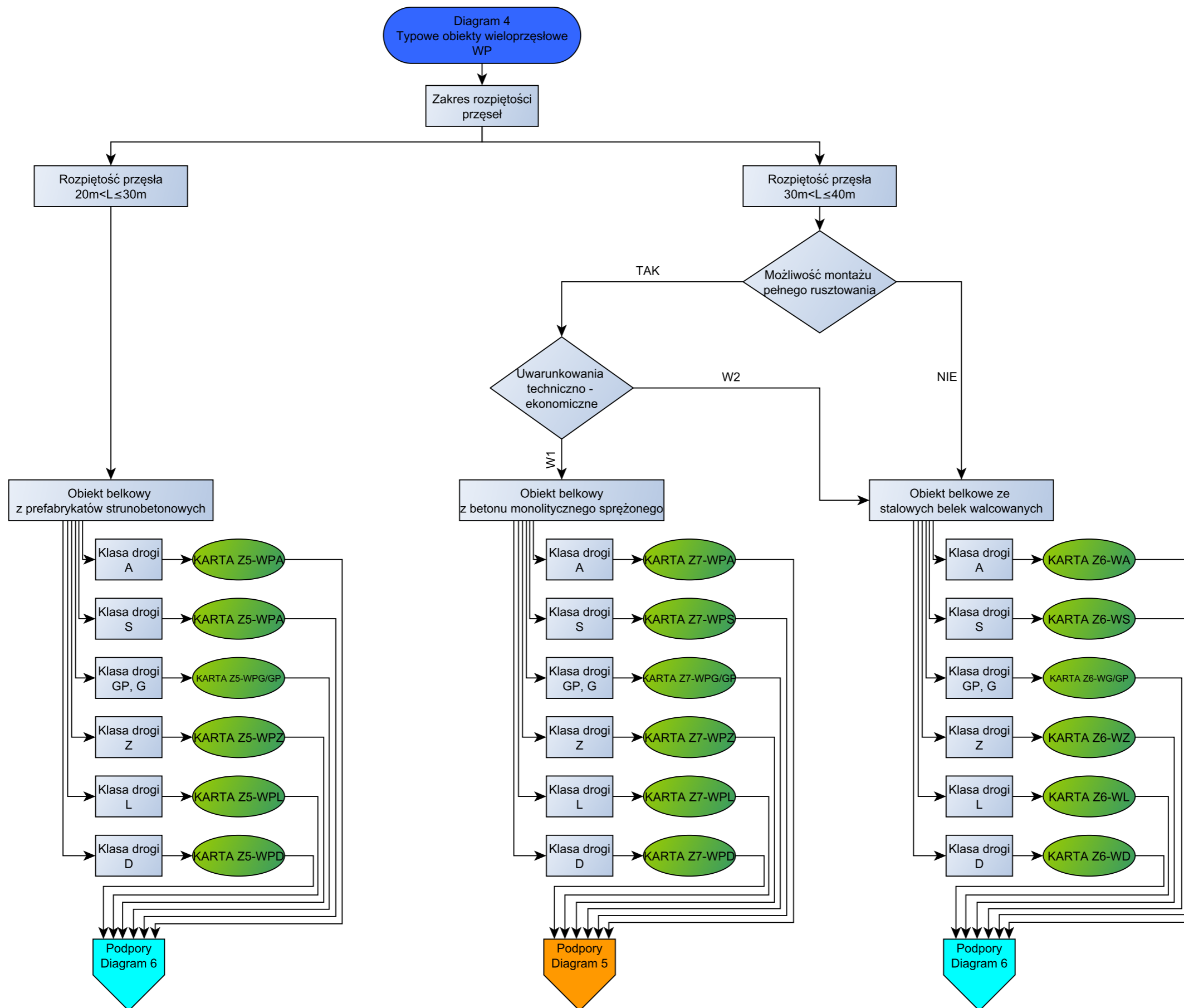
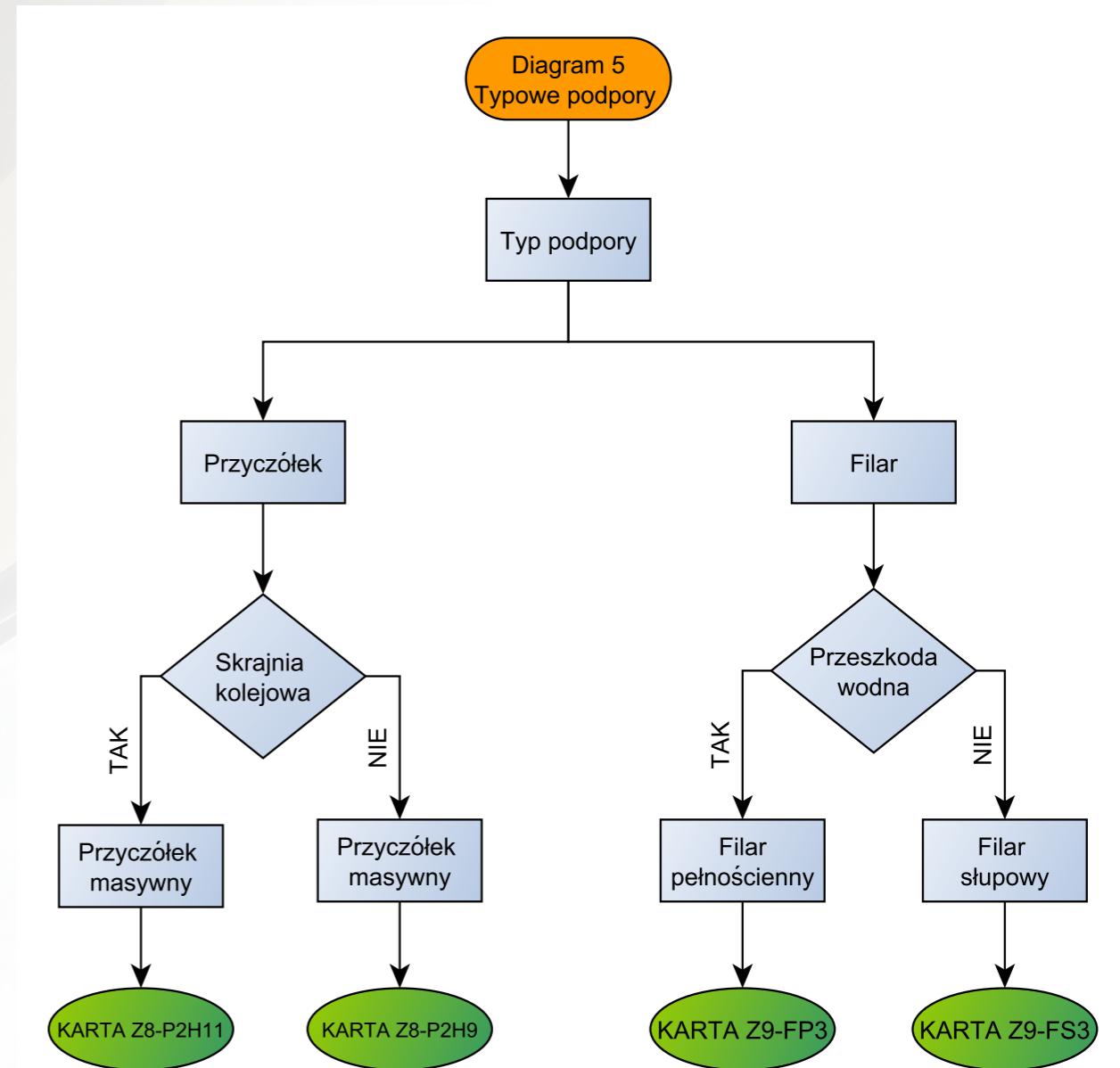


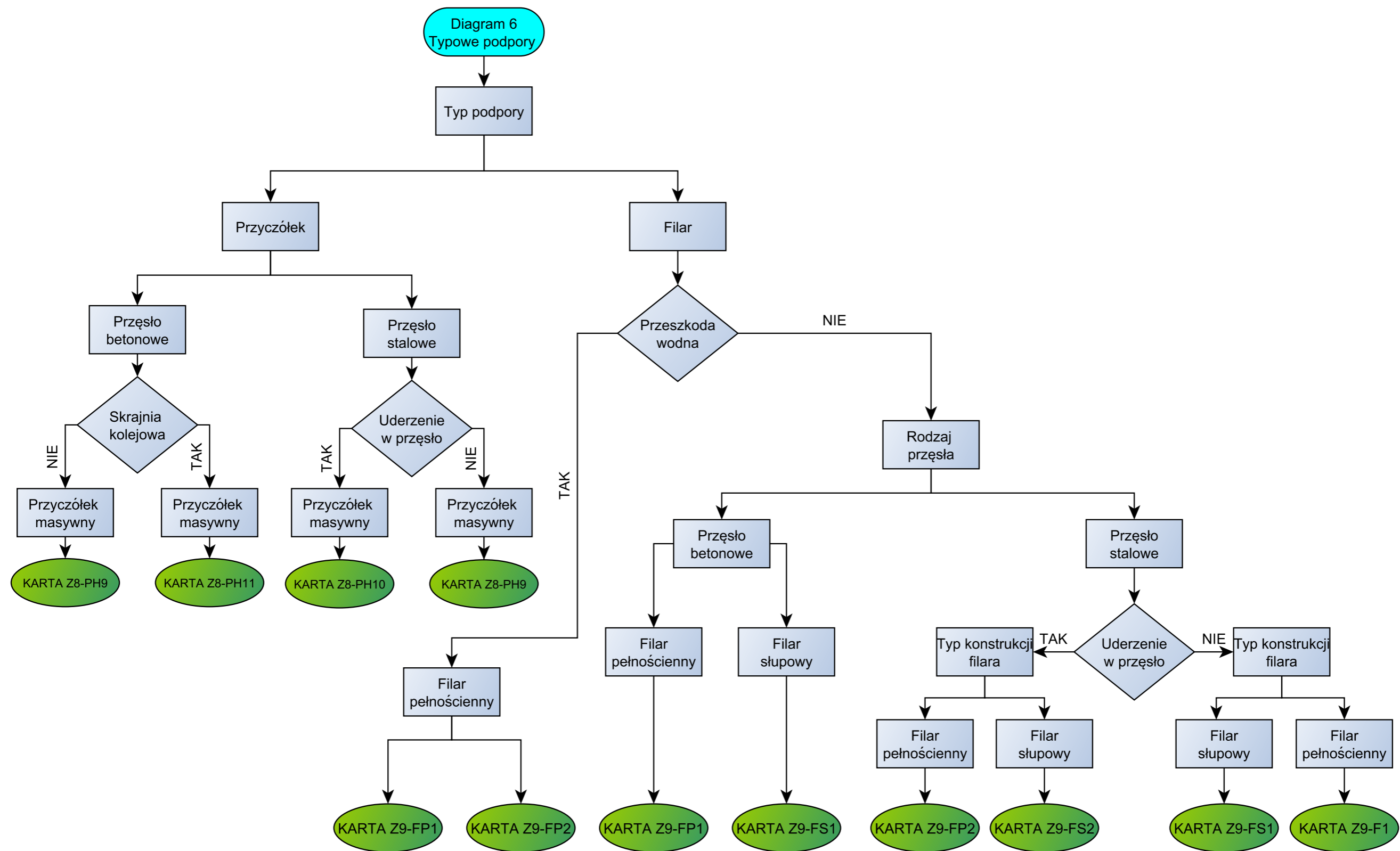
Diagram 2
Typowe obiekty jednoprzęsłowe
P











4 Zeszyty katalogowe

W niniejszym punkcie przedstawiono szczegóły konstrukcji typowych drogowych obiektów mostowych, przepustów oraz kładek dla pieszych będących przedmiotem katalogu. Poszczególne zeszyty składają się z części opisowej oraz graficznej.

Celem prezentowanych zeszytów jest:

- typizacja drogowych obiektów mostowych,
- ujednoczenie konstrukcyjno-materiałowe drogowych obiektów mostowych,
- dostosowanie drogowych obiektów mostowych do wymagań zharmonizowanych norm europejskich,
- zapewnienie wymaganej 100-letniej trwałości drogowych obiektów mostowych przez zastosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych,
- zapewnienie wymaganego poziomu niezawodności drogowych obiektów mostowych przez zapewnienie stosowania zharmonizowanych norm europejskich w procesie ich projektowania i budowy,
- optymalizacja kosztów utrzymania drogowych obiektów mostowych w cyklu życia.

Spis rysunków zawartych w poszczególnych zeszytach

Z.1. PRZEPUSTY PREFABRYKOWANE I MAŁE MOSTY Z BETONU MONOLITYCZNEGO

- Z1-1 Typowy przekrój podłużny obiektu
- Z1-2 Typowe przepusty prefabrykowane kołowe
- Z1-3 Typowe przepusty prefabrykowane kwadratowe
- Z1-4 Typowe przepusty prefabrykowane dwuczęściowe
- Z1-5 Typowe małe mosty z betonu monolitycznego
- Z1-6 Rysunek typowych elementów prefabrykowanych

Z.2. OBIEKTY RAMOWNICOWE Z PREFABRYKATÓW ŻELBETOWYCH

- Z2-A/S Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy A i S
- Z2-GP/G/Z Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy G, GP, Z
- Z2-L/D Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy L, D
- Z2-L6 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 6,5 m
- Z2-L8 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 8,0 m
- Z2-L10 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,5 m

- Z2-L11 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,95 m
- Z2-L13 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 13,0 m
- Z2-LK16 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 16,5 m
- Z2-LK10 Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,0 m
- Z2-2W Typowe węzły-zasady zbrojenia

Z.3. OBIEKTY GRUNTOWO-POWŁOKOWE Z BLACH FALISTYCH

- Z3-PR-P Typowy przekrój podłużny przepustu z blachy falistej
- Z3-PR-PP Typowy przekrój poprzeczny przepustu z blachy falistej
- Z3-PR-0/5 Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju zamkniętym o rozpiętości do 5 m
- Z3-PR-5 Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju zamkniętym o rozpiętości powyżej 5 m
- Z3-A/S Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy A i S
- Z3-G/GP/Z Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy G/GP/Z
- Z3-L/D Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy L/D
- Z3-V/SC Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju otwartym
- Z3-SC-B Typowe konstrukcje z blachy falistej o ustroju ramowym

Z.4. OBIEKTY RAMOWNICOWE Z BETONU MONOLITYCZNEGO

- Z4-RPD Typowy przekrój podłużny obiektu nad skrajnią drogową
- Z4-RPK Typowy przekrój podłużny obiektu nad skrajnią kolejową
- Z4-RA Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A
- Z4-RS Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy S
- Z4-RG/GP Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP
- Z4-RZ Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy Z
- Z4-RL Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy L
- Z4-RD Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy D
- Z4-RW Typowe węzły ramy - zasady zbrojenia

Z.5. OBIEKTY BELKOWE Z PREFABRYKATÓW STRUNOBETONOWYCH

- Z5-P Typowe przekroje podłużne obiektów
- Z5-PA Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
- Z5-2PA Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
- Z5-WPA Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
- Z5-PS Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
- Z5-2PS Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
- Z5-WPS Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
- Z5-PG/GP Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP

Z5-2PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z5-WPG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z5-PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-2PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-WPZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-2PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-WPL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-2PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-WPD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-WPP	Typowy schemat oparcia belek na podporach
Z5-W	Typowe rozwiązania poprzecznic – zasady zbrojenia

Z.6. OBIEKTY RAMOWNICOWE I BELKOWE ZE STALOWYCH BELEK WALCOWANYCH

Z6-WP	Typowy przekrój podłużny obiektu wieloprzęsłowego
Z6-WA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z6-WS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z6-WG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z6-WZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z6-WL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z6-WD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z6-RPD	Typowy przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią drogową
Z6-RPK	Typowy przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią kolejową
Z6-RA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy A
Z6-RS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy S
Z6-RG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z6-RZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy Z
Z6-RL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy L
Z6-RD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy D
Z6-KP	Typowy przekrój podłużny kładki dla pieszych
Z6-K	Typowy przekrój poprzeczny kładki dla pieszych
Z6-WPK	Typowa poprzecznicza końcowa
Z6-WPU	Typowa poprzecznicza uciągająca
Z6-WR	Typowy węzeł ramy

Z.7. OBIEKTY BELKOWE Z BETONU SPRĘŻONEGO

Z7-P	Typowe przekroje podłużne obiektów
Z7-PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-2-1PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-2-2PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-WPA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-2-1PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S

Z7-2-2PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-WPS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z7-2-1PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z7-2-2PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z7-WPG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z7-PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-2-1PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-2-2PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-WPZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-2-1PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-2-2PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-WPL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-2-1PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-2-2PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-WPD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D

Z.8. PRZYCZÓŁKI MOSTOWE

Z8-PH9	Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 9$ m
Z8-PH10	Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 10$ m
Z8-PH11	Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 11$ m
Z8-P2H9	Typowy przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 9-11$ m
Z8-P2H11	Typowy przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 11$ m
Z8-PK	Typowy przyczółek kładki dla pieszych
Z8-SM	Typowe skrzydło żelbetowe monolityczne

Z.9. FILARY MOSTOWE

Z9-FP1	Typowy filar pełnościenny trzy łożyskowy o wysokości $h = 7$ m
Z9-FP2	Typowy filar pełnościenny trzy łożyskowy o wysokości $h = 8$ m
Z9-FP3	Typowy filar pełnościenny dwu łożyskowy o wysokości $h = 7$ m
Z9-FS1	Typowy filar trzy słupowy o wysokości $h = 7$ m
Z9-FS2	Typowy filar trzy słupowy o wysokości $h = 8$ m
Z9-FS3	Typowy filar dwu słupowy o wysokości $h = 7$ m
Z9-FSK	Typowy filar kładki dla pieszych

Zeszyt Z1

PRZEPUSTY PREFABRYKOWANE I MAŁE MOSTY Z BETONU MONOLITYCZNEGO





Z1 Przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego

Z1-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe przepusty prefabrykowane i małe mosty z betonu monolitycznego o konstrukcji ramownicowej.

Z1-2. OPIS TECHNICZNY

Z1-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Obiekty będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami wodnymi i terenowymi o szerokości od 0,8 do 5 m oraz wysokości do 4 m.

Zaproponowane w katalogu przepusty i małe mosty są przeznaczone do przeprowadzenia drogi nad przeszkodą. Szerokości użytkowe na drodze oraz wysokość nasypu wyznaczają długość przepustu oraz szerokość małego mostu.

Obciążenie obiektów mostowych przyjęto zgodnie z [7] według Tab. Z1-2.

Tab. Z1-1. Szerokości użytkowe na obiektach

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			Uwagi
	Jezdnia	Pas awaryjny	Chodniki	
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Tab. Z1-2. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi.

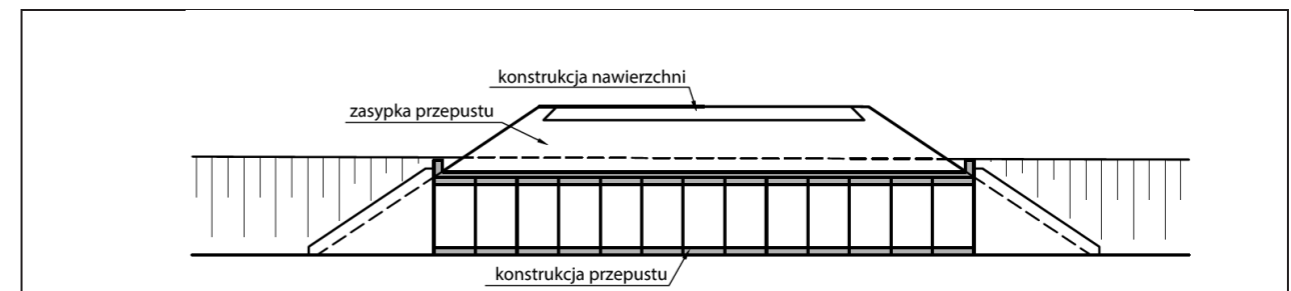
Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G, Z, L, D	Klasa I

Dla wszystkich konstrukcji przyjęto jednakową klasę obciążenia. Rozróżnienie klas przy niewielkich rozpiętościach nie ma uzasadnienia ekonomicznego. Podział na klasy obciążenia może prowadzić do błędów wykonawczych.

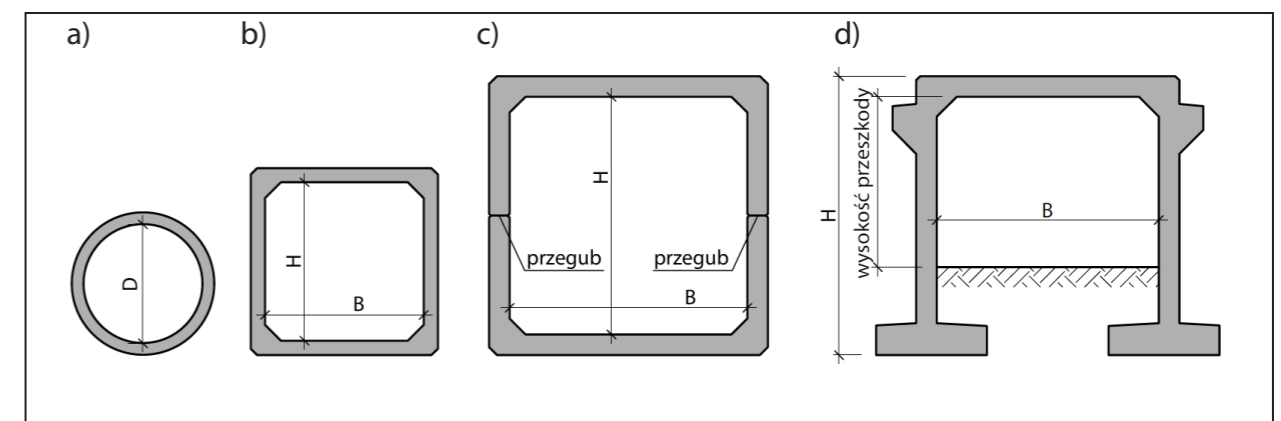
Z wyjątkiem przyjętych obciążeń wszystkie pozostałe parametry techniczne obiektu oraz wyposażenia winny być zgodne z aktualnymi aktami prawa [2] i [3] oraz obowiązującymi standardami.

Z1-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania przepustów o przekroju kołowym, kwadratowym, dwuczściowym oraz małych mostów o schemacie statycznym ramy jednonawowej o płytowej, żelbetowej konstrukcji przęsła. W przypadku elementów nieujętych zeszytem Z1 zaleca się korzystać z opracowania [28].



Rys. Z1-1. Schemat budowy przepustu



Rys. Z1-2. Schemat konstrukcji: a) przepust kołowy, b) przepust kwadratowy, c) przepust dwuczściowy, d) mały most

Z1-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków-gruntowo wodnych w miejscu planowanego zamierzenia. W przypadku stwierdzenia, na efektywnej głębokości podłoża, takich samych bądź lepszych parametrów gruntowych od przedstawionych w punkcie Z1-3.5, można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z1-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz wytycznymi projektowania.

Wyposażenie związane z drogą mogą stanowić:

- konstrukcja nawierzchni,
- krawężniki,
- chodniki dla pieszych,
- system odwodnienia drogi,
- bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczeblinkowe $h = 1,1/1,3$ m.

Wyposażenie związane z obiektem inżynierskim mogą stanowić:

- izolacja powłokowa i arkuszowa,

- warstwa ochronna izolacji,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody z zasypki,
- bariery/barieroporęcze ochronne,
- balustrady szczeblinkowe $h = 1,1/1,3$ m zabezpieczające przed upadkiem,
- półki dla zwierząt.

Z1-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z1-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z1-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1, dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z1-3.

Tab. Z1-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg [7]	
	α_{Q1}	α_{q1}
Klasa I	1,0	1,33

Z1-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9].

Obiekty inżynierskie zostały zaprojektowane z betonu klasy C40/50 zbrojonego stałą o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [7]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji elementów konstrukcji ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z1-4.

Tab. Z1-4. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Konstrukcja/Element konstrukcji		Klasy ekspozycji	Przyjęta klasa wytrzymałości betonu
Mały most	Przęsło	XC4, XD1, XF2	C40/50
	Podpory	XC4, XD1, XF2	C40/50
	Ławy fundamentowe	XC2, XA1	C40/50
	Przepust	XA1, XC2, XC4, XD1, XF2	C40/50

W obliczeniach zbrojenia przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla przepustów wynoszącą $c_{min} = 40$ mm.

Dla małych mostów przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem:

- dla przęsła $c_{min} = 30$ mm,
- dla korpusu przyczółka $c_{min} = 50$ mm,
- dla ławy fundamentowej $c_{min} = 70$ mm.

Z1-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

- obciążenia stałe:
 - ciężar własny konstrukcji,
 - ciężar nawierzchni,
 - ciężar własny izolacji, płyty zespalającej i warstwy ochronnej,

- ciężar gruntu,
- parcie gruntu.
- obciążenia zmienne
 - pionowe obciążenie ruchome-model LM1,
 - siły od hamowania i przyspieszania,
 - parcie od obciążeń zmiennych,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu).

Tab. Z1-5. Wartości obciążeń stałych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	-	
2.	Wyposażenie	Nawierzchnia	23	kN/m ³	Przyjęto grubość nominalną nawierzchni równą 10 cm, przy czym w obliczeniach uwzględniono przewidywane zmiany grubości nawierzchni o +40% i -20%.
		Izolacja	14	kN/m ³	Grubość izolacji 1 cm.
		Warstwa ochronna izolacji	25	kN/m ³	Grubość 12 cm.
3.	Ciężar gruntu	22	kN/m ³	Minimalnie 0 m, maksymalnie zgodnie z maksymalną wysokością nasypu podaną na rysunkach.	
4.	Parcie spoczynkowe gruntu zasypki	$\sigma_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z$ $z = (0..H)$	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Wartość maksymalna obciążenia zależna od całkowitej wysokości nasypu H.	

Tab. Z1-6. Wartości obciążeń zmiennych przyjęte w modelu

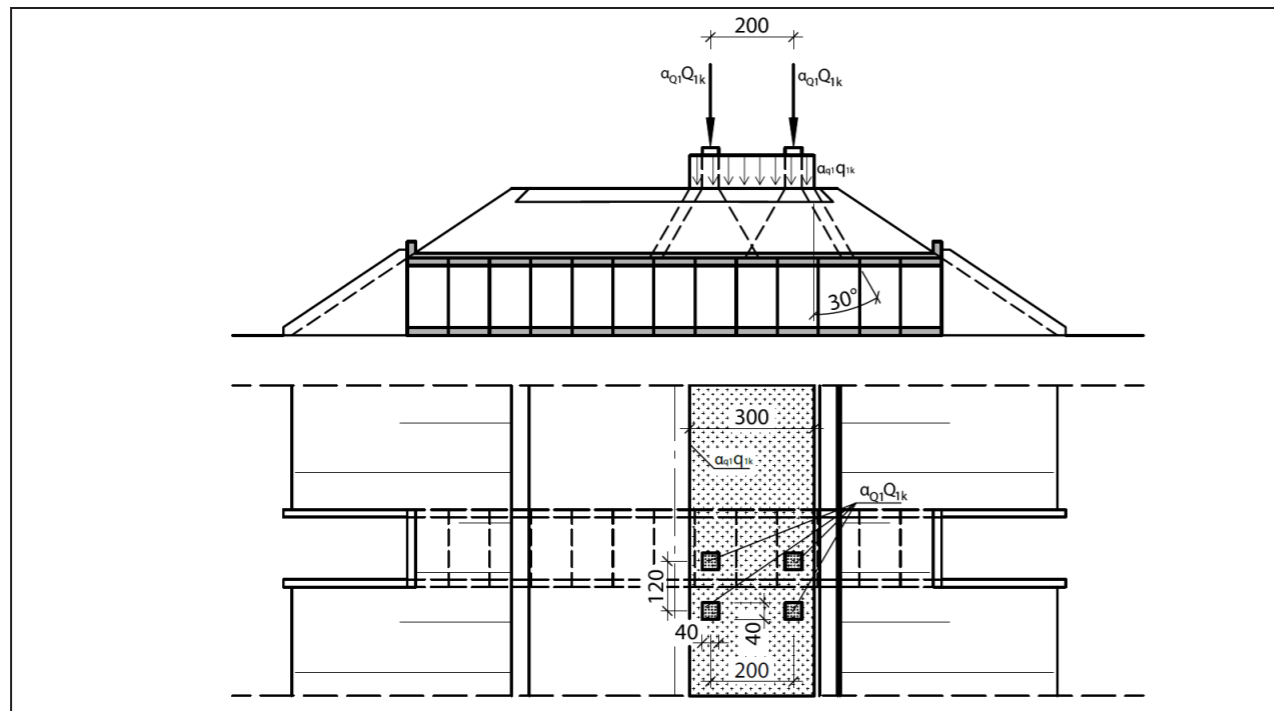
Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Parcie spoczynkowe od obciążenie ruchomego na naziemie	$\sigma_0 = K_A \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}$ $\sigma_0 = K_A \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k}$ $z = (0..h1)$	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Wartość parcia zależna od rozkładu obciążenia przez nawierzchnię oraz grunt. Dla gruntu przyjęto kąt rozkładu 30° zgodnie z [7].	
2.	Pionowe obciążenie ruchome-model LM1	TS	Pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS. Obciążenie rozkłada się przez warstwy nawierzchnię, warstwę ochronną izolacji i grunt.
		UDL	Pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = 9$	kN/m ²	Obciążenie równomiernie rozłożone. Obciążenie rozkłada się przez warstwy nawierzchnię, warstwę ochronną izolacji i grunt.
3.	Parcie czynne od hamowania i przyspieszania	TS	$Q_{1kQ} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) \cdot K_A$	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Hamowanie pojazdu TS.
		UDL	$Q_{1kq} = 0,1\alpha_{q1}q_{1k} \cdot K_A$	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Hamowanie od obciążenia UDL.

Wartości parcia gruntu na ścianę konstrukcji wyznaczono, przyjmując założenia podane w Tab. Z1-7.

Tab. Z1-7. Parametry zasypki

Materiał zasypowy przyczółka	Piasek silnie zagęszczony, wibracja powierzchniowa
Kąt tarcia wewnętrznego zasypki	$\varphi_n = 32^\circ$
Spójność gruntu zasypowego	$c_u = 0$
Ciężar gruntu zasypowego	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Przepusty zbudowane są z prefabrykatów o długości 0,99 m. Do obliczeń przyjęto przypadek najgorszy, czyli pas obciążenia 1. Schemat obciążenia ruchomego LM1 i jego rozkład przedstawiono na Rys. Z1-3.



Rys. Z1-3. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1 i jego rozkładu

Obciążenie LM1 może występować w dowolnym położeniu w stosunku do długości prefabrykatu. Hamowanie i przyspieszanie uwzględniono zgodnie z położeniem obciążeń TS i UDL.

Z1-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych przy założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

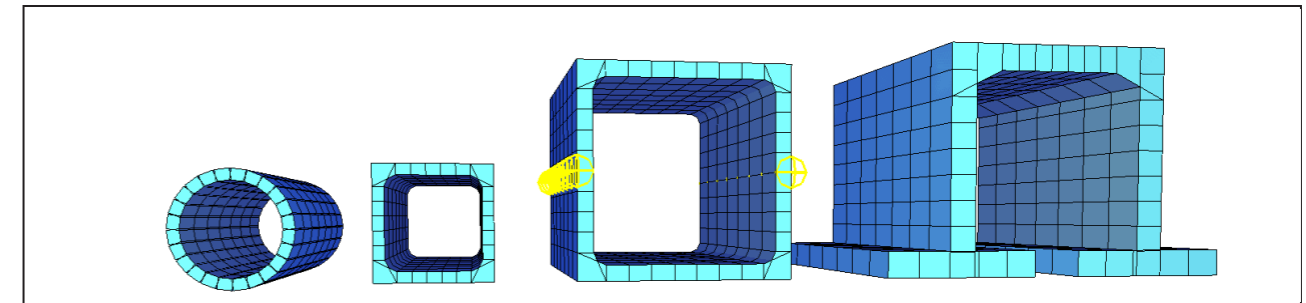
W stanach granicznych nośności konstrukcję sprawdzono ze względu na wytrzymałość materiałową (STR) oraz nośność posadowienia (GEO). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowej.

W stanach granicznych użytkowania sprawdzono konstrukcję ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie oraz w stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne rozwarości rys.

W obliczeniach ograniczenia naprężeń zastosowano obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarcia rys z kombinacji prawie stałej.

Z1-3.3. MODEL OBLICZENIOWY I GEOMETRIA

Modele zostały wygenerowane za pomocą elementów dwuwymiarowych opisanych w przestrzeni trójwymiarowej (e2p3). Wszystkie elementy konstrukcji ramy zamodelowano jako płytowe (QUAD) o określonej grubości.



Rys. Z1-4. Wizualizacja modeli obliczeniowych

Obliczenia zbrojenia, sprawdzenie rys i naprężeń wykonano, modelując obiekt posadowiony na podłożu sprężystym lub ławie fundamentowej w przypadku małych mostów. Wymiary ławy fundamentowej w przypadku małego mostu według części rysunkowej. Obciążenia fundamentu wyznaczono przy założeniu jego utwierdzenia w poziomie spodu ławy. Grubości elementów konstrukcji zmieniają się w zależności od jej rozpiętości (podano w części rysunkowej).

Z1-3.4. KLASY OBCIĄŻEŃ, KOMBINACJE

Dla każdej klasy drogi na obiekcie, rozpiętości oraz wysokości ramy przedstawionych w części rysunkowej przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO-wymiarowanie elementów konstrukcji, zestawienie sił do obliczeń posadowienia,
- kombinacja charakterystyczna-sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $1,0 \cdot f_{ck}$ ($0,6 \cdot f_{ck}$ dla małych mostów) oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8 \cdot f_{yk}$,
- kombinacja prawie stała-ograniczenie rozwarcia rys do wartości $w_{max} = 0,3 \text{ mm}$ (według [9]),
- kombinacja wyjątkowa-wymiarowanie elementów ramy, zestawienie sił do obliczeń posadowienia.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO) obliczono ze wzoru (6.10) [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono, przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B).

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono według wzoru (6.14b) [4], a wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej ze wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak wyznaczonych wartości sił przekrojowych zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z1-3.5. OBLICZENIA POSADOWIENIA

Nośność posadowienia obliczono przy założeniu posadowienia obiektu na piasku średnim o parametrach zestawionych w Tab. Z1-8.

Tab. Z1-8. Parametry gruntu w poziomie posadowienia ławy

Stopień zagęszczenia	$I_D = 0,50$
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 33^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)	$M_0 = 95\ 000 \text{ kPa}$

Zgodnie z zaleceniami [4] i [13] podczas sprawdzania stanów granicznych nośności (GEO):

- określenie nośności podłoża na wypieranie gruntu spod fundamentu,
- określenie nośności podłoża na przesunięcie (poślizg), zastosowano podejście obliczeniowe 2, tj. zestaw współczynników częściowych $A1+M1+R2$.

Ławę fundamentową sprawdzono również na obrót w stanie granicznym nośności (GEO) i stateczności (EQU). Wartości współczynników częściowych odczytano z [4] i [13].

Nośność fundamentów wyznaczono metodą analityczną według załącznika D do [13].

Obliczenia wykazały, że posadowienie konstrukcji ramowych przedstawionych w niniejszym katalogu spełnia warunki nośności oraz stateczność.

Podczas projektowania dojazdów należy dążyć do osiągnięcia jednakowych wartości osiadań fundamentu i nasypu drogowego w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu.

Z1-3.6. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Wartości ekstremalnych obliczeniowych momentów zginających na 1 m szerokości konstrukcji w charakterystycznych przekrojach ramy przedstawiono w Tab. Z1-9÷Tab. Z1-12:

Tab. Z1-9. Momenty zginające w przepustach kołowych

Średnica w świetle	Moment zginający max/min [kNm/m]
H [m]	
0.8	-30/+30
1.0	-35/+35
1.2	-55/+55
1.5	-75/+90

Tab. Z1-10. Momenty zginające w przepustach kwadratowych

Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Moment zginający max/min [kNm/m]
H [m]	H [m]	
1	1	-70/+55
1.2	1.2	-85/+75
1.5	1.5	-120/+90
2	1.5	-100/+75
2	2	-195/+155
2.5	2.5	-205/+155
2.5	1.5	-140/+110
3	3	-250/+180
3	2	-215/+150

Tab. Z1-11. Momenty zginające w przepustach dwuczściowych

Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Moment zginający max/min [kNm/m]	
		M1	M2
3.0	1.0	-40/+275	-170/+245
3.0	1.5	-85/+285	-290/+315
3.5	1.0	-40/+340	-170/+260
3.5	1.5	-90/+350	-290/+335
4.0	1.0	-40/+430	-170/+290
4.0	1.5	-90/+430	-290/+350
4.5	1.0	-30/+505	-170/+315
4.5	1.5	-80/+510	-290/+390
4.5	2.0	-150/+515	-440/+480

Tab. Z1-12. Momenty zginające w małych mostach

Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Moment zginający max/min [kNm/m]		
		M1	M2	M3
1.0	2.0	-55/+70	-435/+275	-60/+70
1.0	2.5	-70/+85	-525/+330	-70/+85
3.0	2.0	-125/+135	-320/+185	-125/+135
3.0	2.5	-150/+165	-375/+215	-155/+165
3.0	3.0	-185/+200	-430/+255	-185/+200
5.0	2.0	-205/+160	-390/+135	-205/+180
5.0	2.5	-220/+205	-430/+180	-220/+205
5.0	3.0	-250/+240	-480/+210	+250/+240



Rys. Z1-5. Oznaczenia momentów zginających dla przepustów dwuczściowych i małych mostów

Z1-3.7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Obliczone obiekty spełniają wymagania normowe w zakresie stanów granicznych nośności i użyteczności dla odpowiadających klas obciążeń.

Z1-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z1-4.1. BETON

Wymagania materiałowe dla betonów przeznaczonych do wykonania elementów żelbetowych prefabrykowanych oraz dla małych mostów należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu. Wymagania co do materiałów, z których jest wykonywany obiekt, należy traktować jako wymagania minimalne. Beton, z którego wykonane są elementy prefabrykowane oraz małe obiekty mostowe, powinien spełniać wymagania podane w Tab. Z1-13.

Tab. Z1-13. Wymagania betonu elementów prefabrykowanych

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wymagania
Beton			
1.	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu	-	≥C40/50
2.	Nasiąkliwość betonu	% (m/m)	≤5
3.	Odporność betonu na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	F150

Z1-4.2. OTULINA BETONU

Otulinę nominalną elementów żelbetowych prefabrykowanych należy przyjmować według [8], uwzględniając trwałość konstrukcji i klasy ekspozycji dla warunków środowiskowych.

Z1-4.3. KRUSZYWO

Kruszywo do betonu powinno być zgodne z [15] o stopniu mrozoodporności F1. Uziarnienie kruszywa powinno być ustalone w receptie laboratoryjnej mieszanki betonowej, przy założonych parametrach wymaganych dla produkowanego wyrobu.

Z1-4.4. STAL ZBROJENIOWA

Stal zbrojeniowa użyta w elementach prefabrykowanych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z1-4.5. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Na obiektach należy wykonać zasypkę inżynierską z materiału zagęszczanego (mieszanka piaskowo-żwirowa). Grunt zasypki powinien być przepuszczalny, niewysadzinowy, możliwie jednorodny. W Tab. Z1-14 podano parametry, jakie powinna spełniać zasypka inżynierska.

Tab. Z1-14. Wymagania dla zasypki inżynierskiej

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wymagania
Zasypka inżynierska			
1.	Ciężar objętościowy	kN/m ³	≤21
2.	Kąt tarcia wewnętrznego	stopnie	≥32
3.	Wskaźnik zagęszczenia	-	≥1,0
4.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności	m/s	≥6x10 ⁻⁵

Z1-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Z1-5.1. WYMAGANIA DOTYCZĄCE PREFABRYKATU

Prefabrykatom stawiane są następujące podstawowe wymagania:

- prefabrykaty w układzie podłużnym powinny być wyposażone w zamki umożliwiające ich uszczelnienie i zespolenie,
- prefabrykaty przeznaczone do jednego obiektu powinny mieć podobną wilgotność względną i takie same warunki w miejscu składowania.

Z1-5.2. IZOLACJA

Izolacja przepustu powinna być dostosowana indywidualnie do każdego obiektu. Powinna spełniać wymogi specyfikacji technicznych oraz zapewniać szczelność.

Z1-5.3. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Do zasypania przepustu musi zostać użyty materiał zgodny z wymaganiami materiałowymi. Zasyпка powinna być wykonywana równomiernie, warstwami grubości 20-40 cm, zagęszczanymi do osiągnięcia stopnia zagęszczenia zgodnego z dokumentacją projektową. Dopuszczalna różnica między warstwami zasypki w trakcie jej układania po obu stronach obiektu nie powinna przekraczać 50 cm.

Z1-5.4. SZCZELINY DYLATACYJNE

W przypadku małych mostów monolitycznych oraz na płycie zespalającej w przypadku przepustów prefabrykowanych należy przewidzieć szczeliny dylatacyjne. Szczeliny dylatacyjne powinny być dobrane indywidualnie. W przypadku przepustów prefabrykowanych zaleca się korzystanie z [28].

Z1-5.5. PŁYTY PRZEJŚCIOWE

Konieczność wykonania płyt przejściowych zależy od decyzji projektanta oraz obowiązujących aktów prawnych. Zaleca się stosowanie płyt przejściowych w przypadku dróg klasy A, S, GP dla przepustów o wysokości całkowitej $H_z > 2$ m i w przypadku nadsypki mniejszej niż 1,5 m.

Z1-5.6. TECHNOLOGIA BUDOWY

Dla przepustów prefabrykowanych przedstawionych w niniejszym opracowaniu technologia budowy polega na zastosowaniu dźwigu, za pomocą którego poszczególne prefabrykowane elementy są układane na wcześniej przygotowanych fundamentach. Podczas wykonania fundamentów należy uwzględnić osiadanie przepustu i wzniesienie konstrukcyjne według [28]. Następnym krokiem jest uszczelnienie poszczególnych sekcji (elementów wysyłkowych) w miejscach zamków i połączeń oraz wykonanie izolacji. Na górze prefabrykatów stosuje się dodatkową warstwę betonu (płyta zespalająca, warstwa ochronna izolacji). Następnie należy wykonać głowicę wlotową i wylotową według [28]. Zaleca się wykonanie umocnienia skarpy przy przepuszczeniu.

W przypadku małych mostów monolitycznych (obiektów o schemacie statycznym ramownicowym) należy wykonać je według następującej kolejności:

- wykonać fundamenty i korpusy podpór,
- zabetonować węzły ramy oraz płytę pomostu po uzyskaniu przez beton korpusów podpór odpowiedniej wytrzymałości (zwykle po upływie 7 dni),



- wykonać pozostałe elementy konstrukcyjne (np. płyty przejściowe) oraz wyposażenie (izolacja obiektu, zabezpieczenie szczelin dylatacyjnych),
- przystąpić do układania gruntu zasypowego za ścianami korpusu obiektu.
Na gzymsach, przy wlocie i wylocie, zaleca się montaż balustrad zabezpieczających przed upadkiem. Zaleca się wykonanie umocnienia skarp przy obiekcie.

Z1-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojonej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu-kg, t, m³,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m² przekroju dla prefabrykatów lub m² rzutu płyty pomostu dla małych mostów-kg/m², m³/m², itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

Przedstawione wskaźniki wynikają z założeń przyjętych w modelu obliczeniowym. W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres +/-5%.

Z1-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Z1-1 Typowy przekrój podłużny obiektu

Z1-2 Typowe przepusty prefabrykowane kołowe

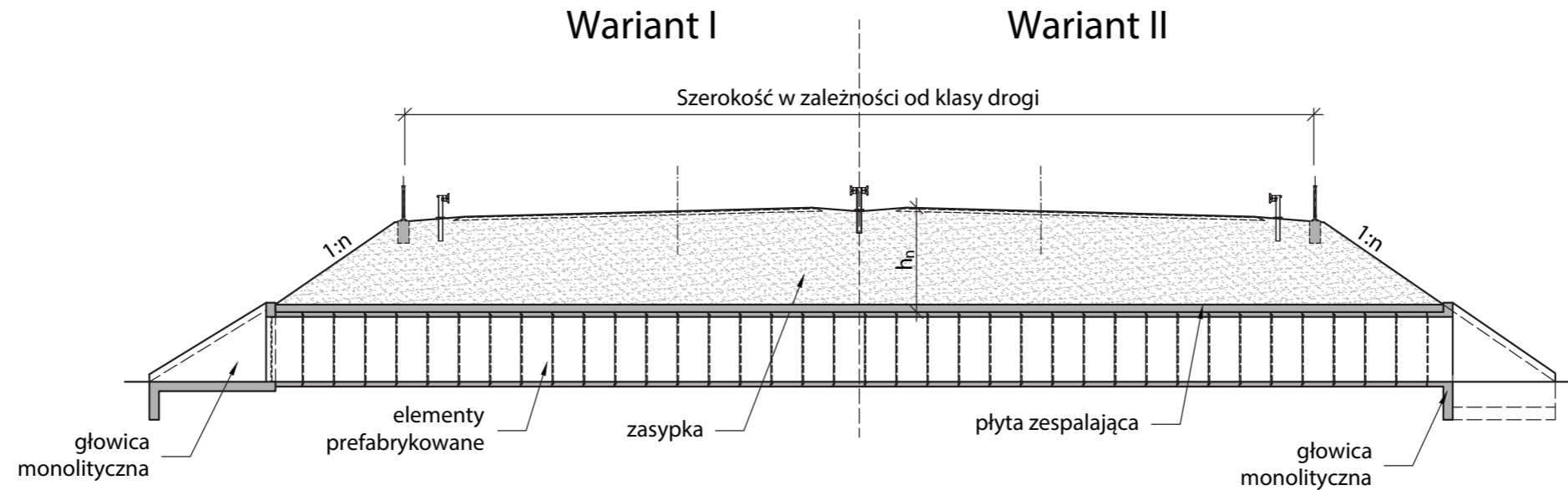
Z1-3 Typowe przepusty prefabrykowane kwadratowe

Z1-4 Typowe przepusty prefabrykowane dwuczęściowe

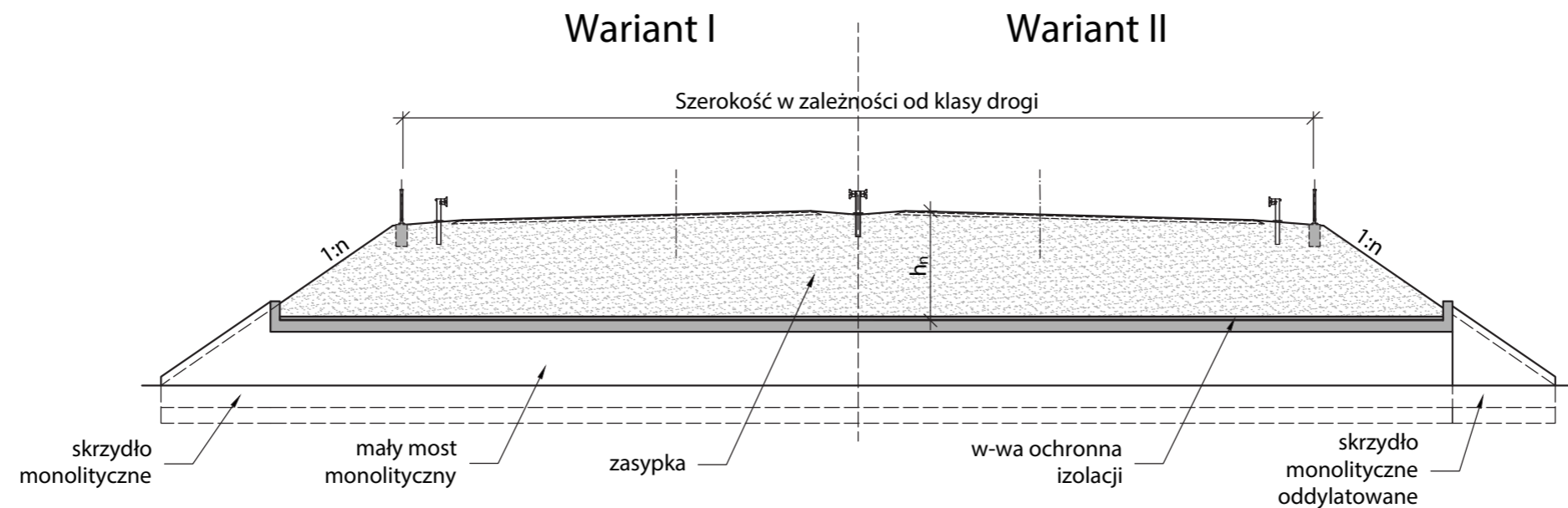
Z1-5 Typowe małe mosty z betonu monolitycznego

Z1-6 Rysunek typowych elementów prefabrykowanych

Przekrój podłużny przepustu prefabrykowanego - schemat



Przekrój podłużny małego mostu monolitycznego - schemat

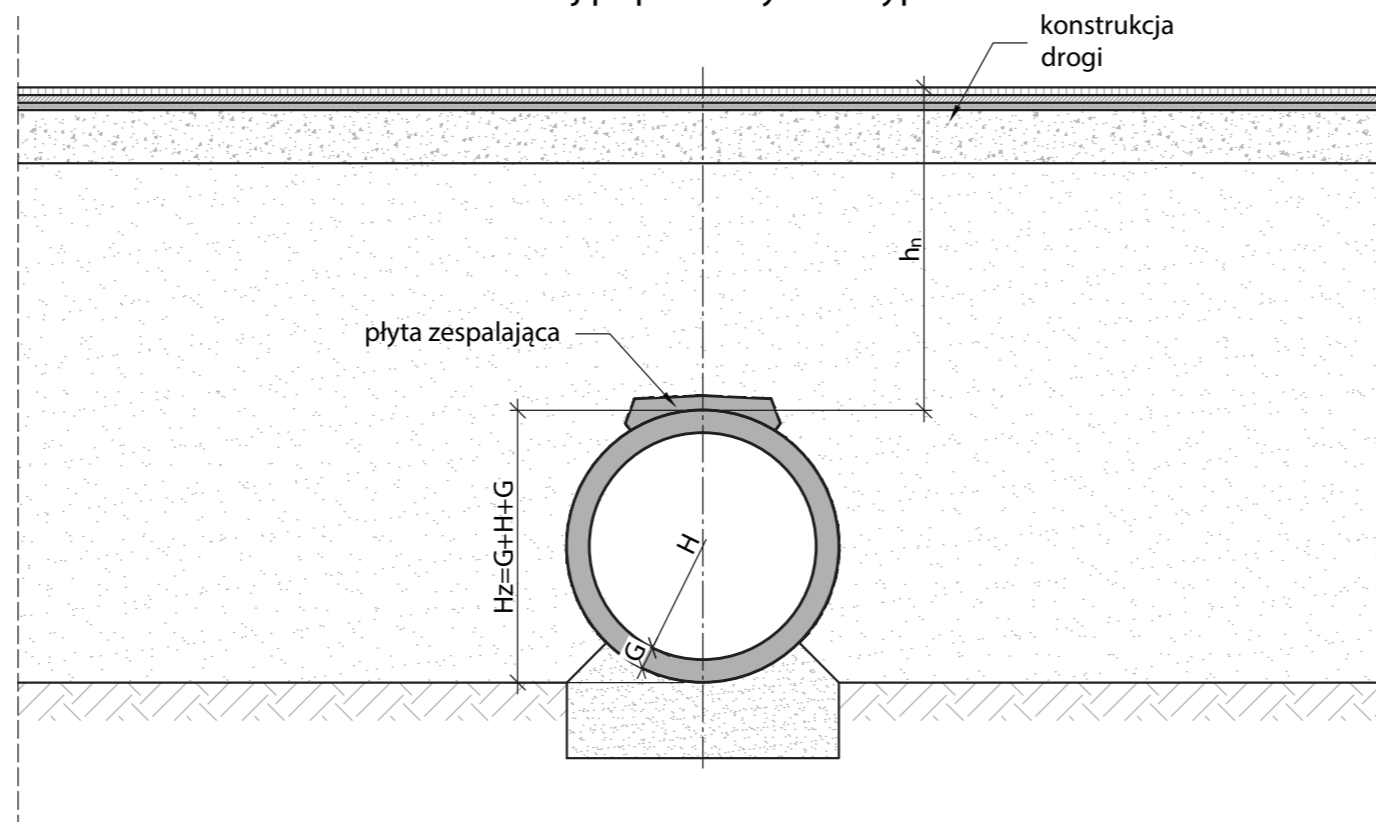


TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU

Z1-1

Przepust kołowy - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie



Wymiary elementów		
Średnica w świetle	Grubość	Maksymalna wysokość nasypu
D [m]	G [m]	h_n [m]
1.0	0.14	8.0
1.2	0.16	8.0
1.5	0.18	8.0

Zużycie materiałów						
Średnica w świetle	Pow. przekroju	Beton C40/50		Zbrojenie		Ciężar elementu
H [m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[t]
1.0	0.50	0.50	0.99	141	143	1.24
1.2	0.68	0.68	0.99	176	178	1.69
1.5	0.95	0.94	0.99	186	188	2.35

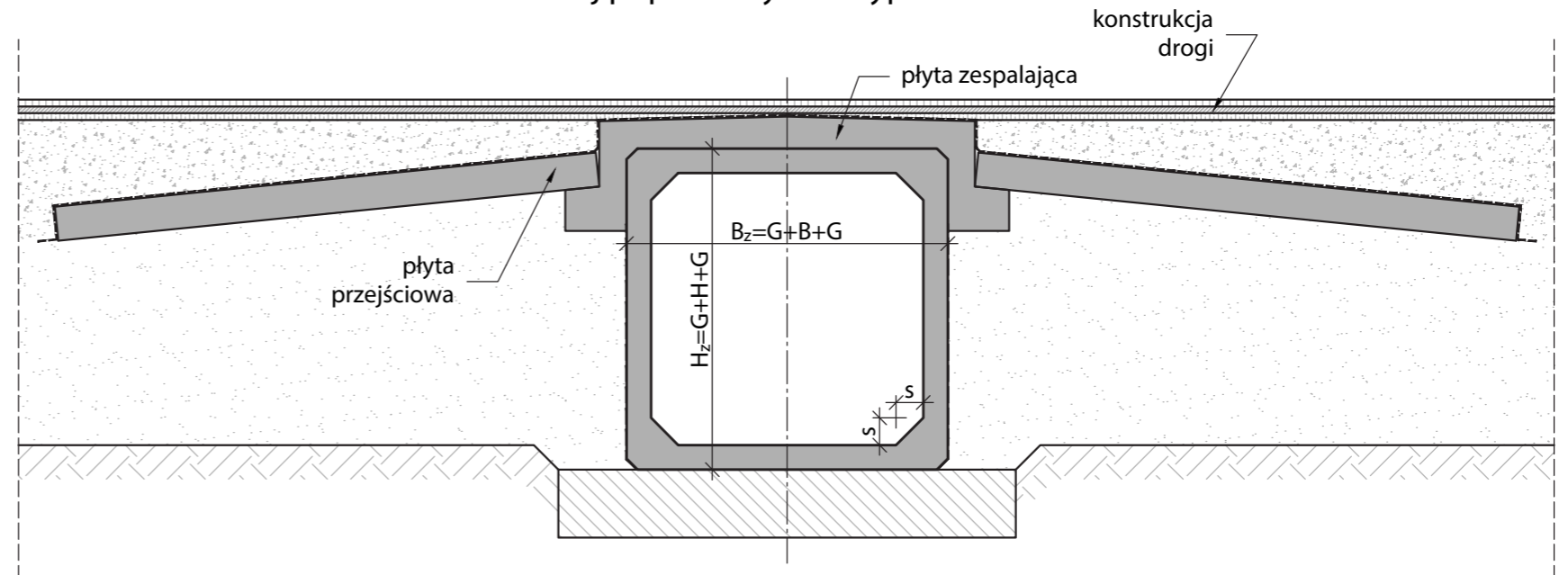
Z1-2

TYPOWE PRZEPUSTY PREFABRYKOWANE KOŁOWE

Wymiary elementów				
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Grubość	Pogrubienie	Maksymalna wysokość nasypu
B [m]	H [m]	G [m]	s [m]	h_n [m]
1.0	1.0	0.16	0.16	8.0
1.2	1.2	0.18	0.18	8.0
1.5	1.5	0.18	0.18	5.0
2.0	2.0	0.20	0.20	5.0
2.0	1.5	0.20	0.20	5.0
2.5	2.5	0.22	0.22	5.0
2.5	1.5	0.22	0.22	5.0
3.0	3.0	0.25	0.25	5.0
3.0	2.0	0.25	0.25	5.0

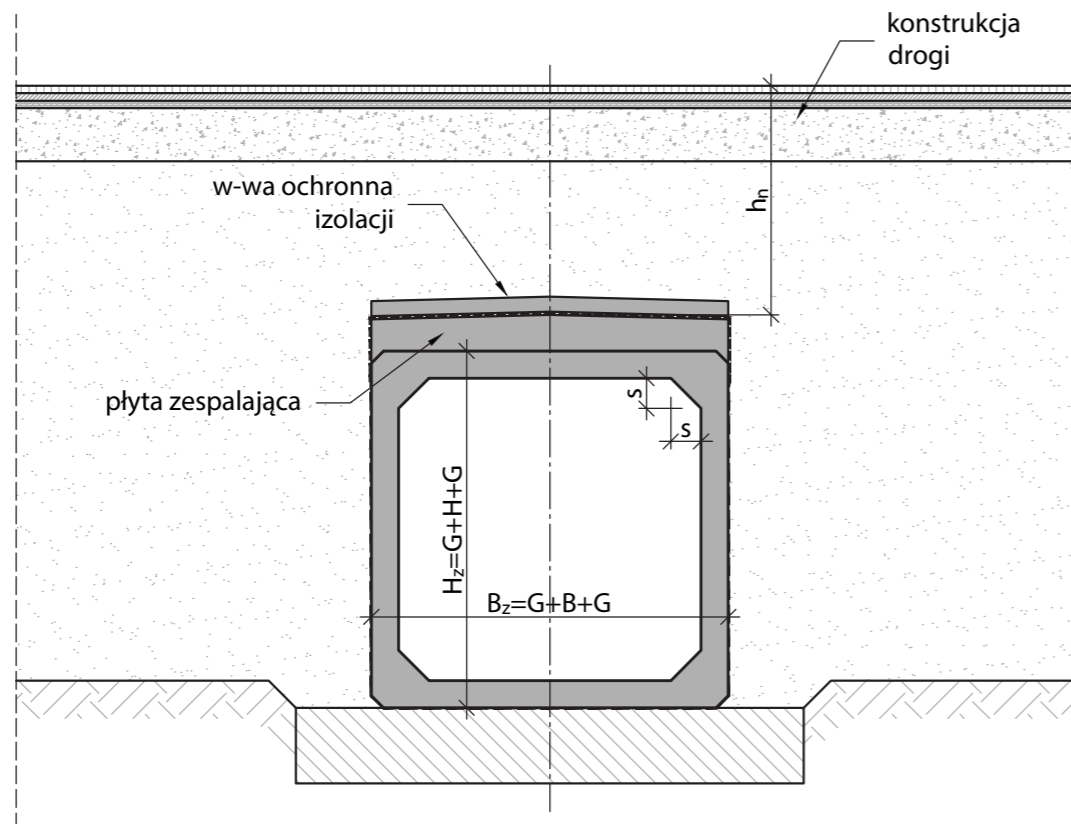
Przepust prostokątny - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant I



Przepust prostokątny - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant II

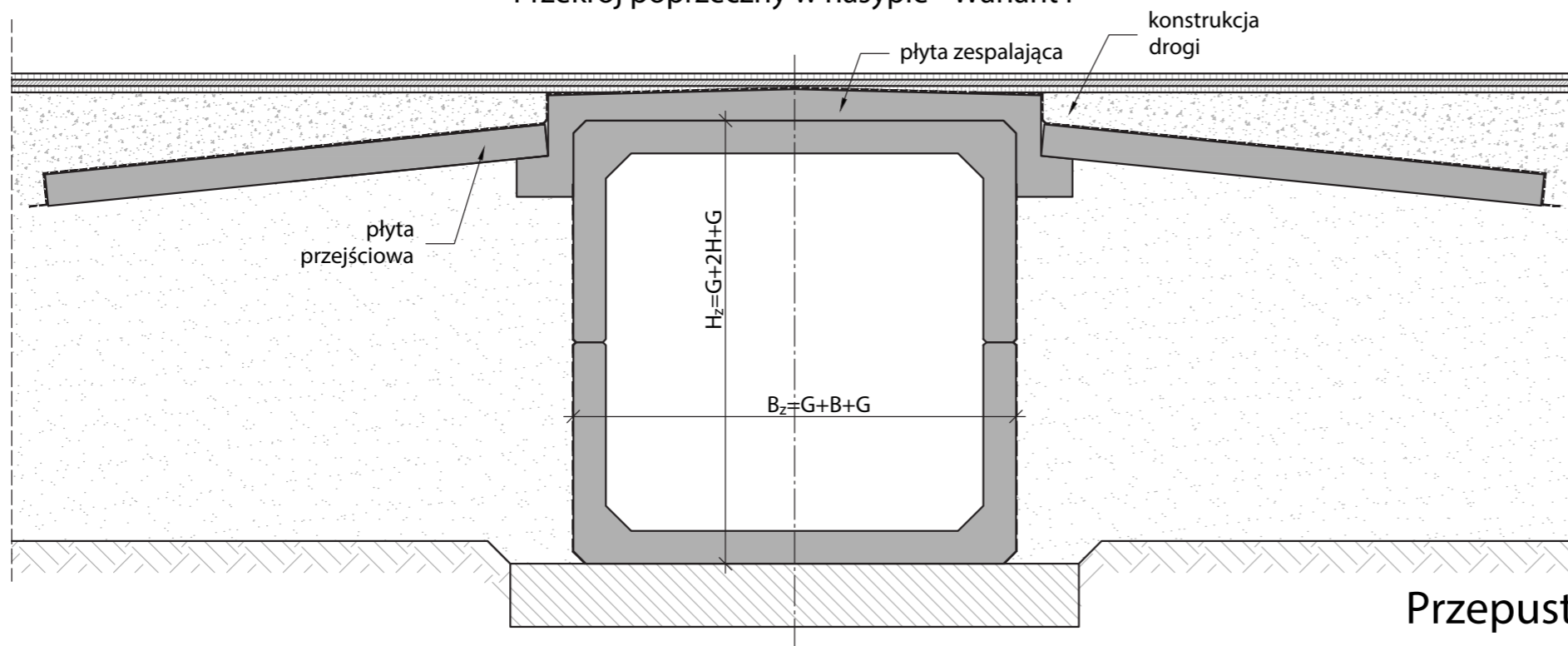


Zużycie materiałów

Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Pow. przekroju	Beton C40/50		Zbrojenie		Ciężar elementu
			[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	
B [m]	H [m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[t]
1.0	1.0	0.78	0.77	0.99	128	130	1.93
1.2	1.2	1.05	1.04	0.99	126	127	2.60
1.5	1.5	1.26	1.25	0.99	157	158	3.13
2.0	2.0	1.83	1.81	0.99	180	182	4.53
2.0	1.5	1.63	1.61	0.99	148	150	4.03
2.5	2.5	2.48	2.45	0.99	132	134	6.13
2.5	1.5	2.04	2.02	0.99	127	128	5.05
3.0	3.0	3.36	3.33	0.99	141	142	8.33
3.0	2.0	2.86	2.83	0.99	136	137	7.08

Przepust dwuczęściowy - schemat

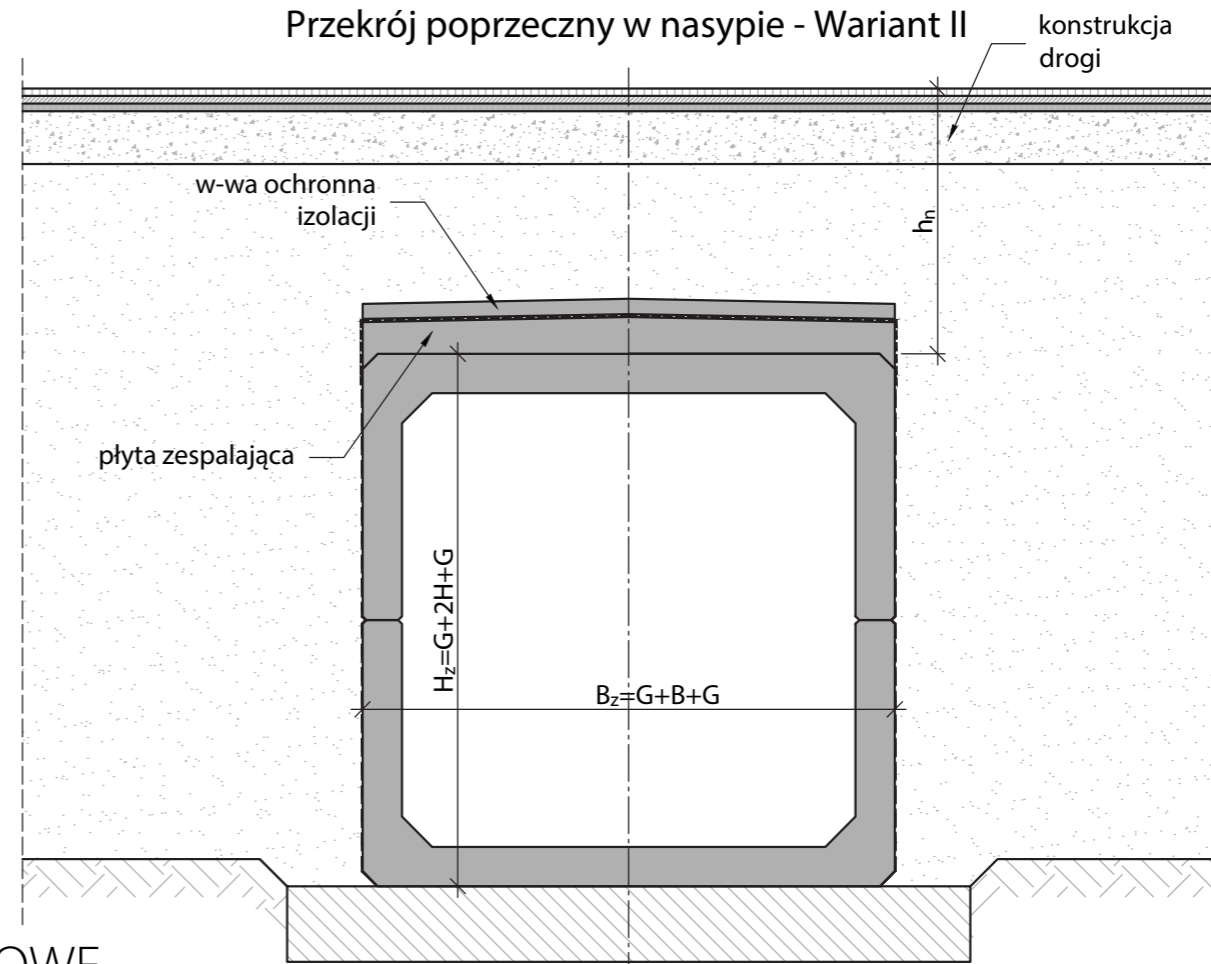
Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant I



Wymiary elementów				
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Grubość	Pogrubienie	Maksymalna wysokość nasypu
B [m]	H [m]	G [m]	s [m]	h _n [m]
3.0	1.0	0.26	0.20	4.50
3.0	1.5	0.26	0.20	4.50
3.5	1.0	0.30	0.20	4.50
3.5	1.5	0.30	0.20	4.50
4.0	1.0	0.34	0.20	4.50
4.0	1.5	0.34	0.20	4.50
4.5	1.0	0.38	0.20	4.00
4.5	1.5	0.38	0.20	4.00
4.5	2.0	0.38	0.20	4.00

Przepust dwuczęściowy - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant II



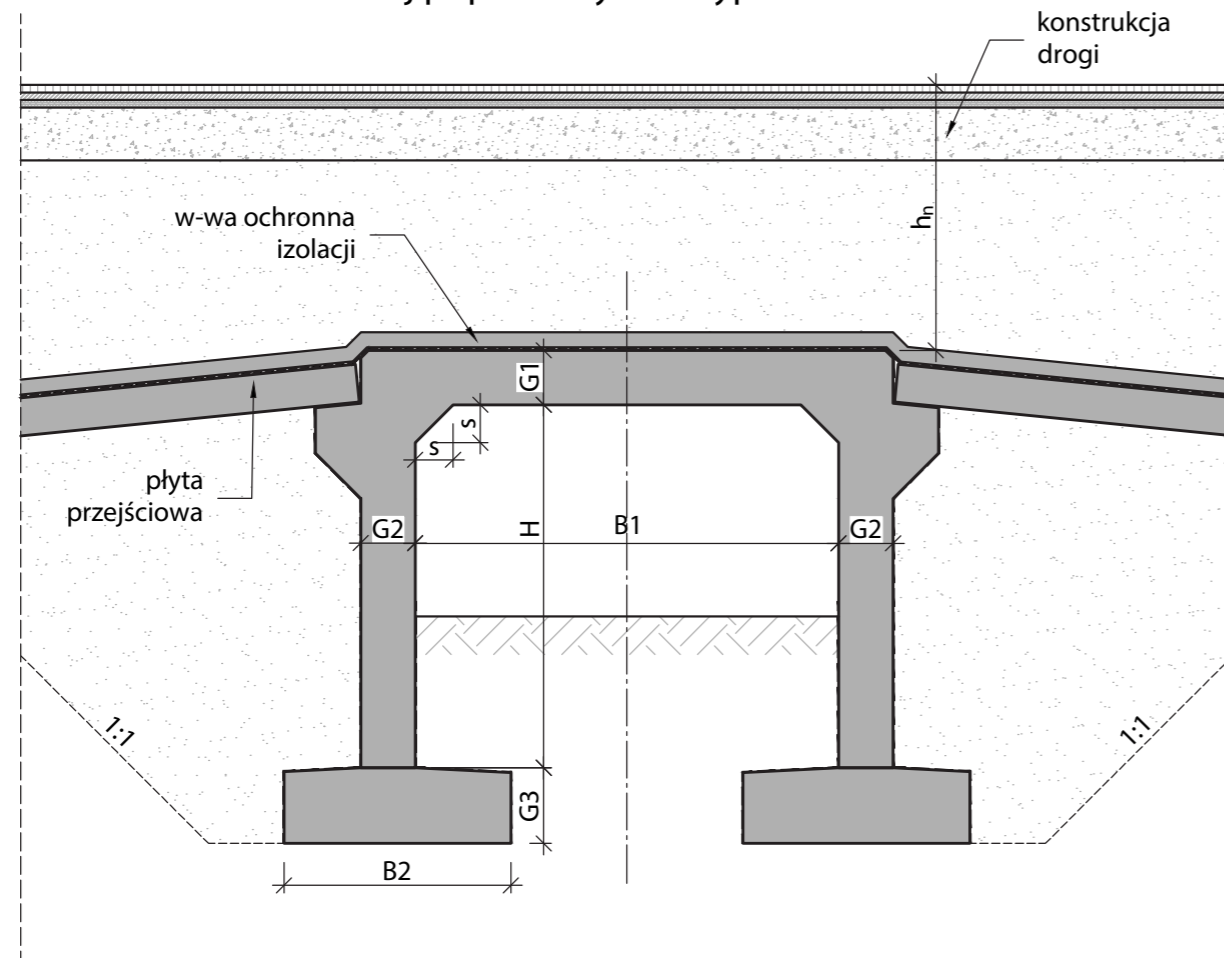
Zużycie materiałów						
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Pow. przekroju	Beton C40/50		Zbrojenie	
			[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
B [m]	H [m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
3.0	1.0	1.47	1.45	0.99	204	206
3.0	1.5	1.73	1.71	0.99	242	244
3.5	1.0	1.86	1.84	0.99	173	174
3.5	1.5	2.16	2.14	0.99	221	223
4.0	1.0	2.30	2.28	0.99	174	176
4.0	1.5	2.64	2.61	0.99	181	183
4.5	1.0	2.79	2.76	0.99	177	179
4.5	1.5	3.17	3.14	0.99	167	168
4.5	2.0	3.55	3.51	0.99	182	183

Z1-4

TYPOWE PRZEPUSTY PREFABRYKOWANE DWUCZĘŚCIOWE

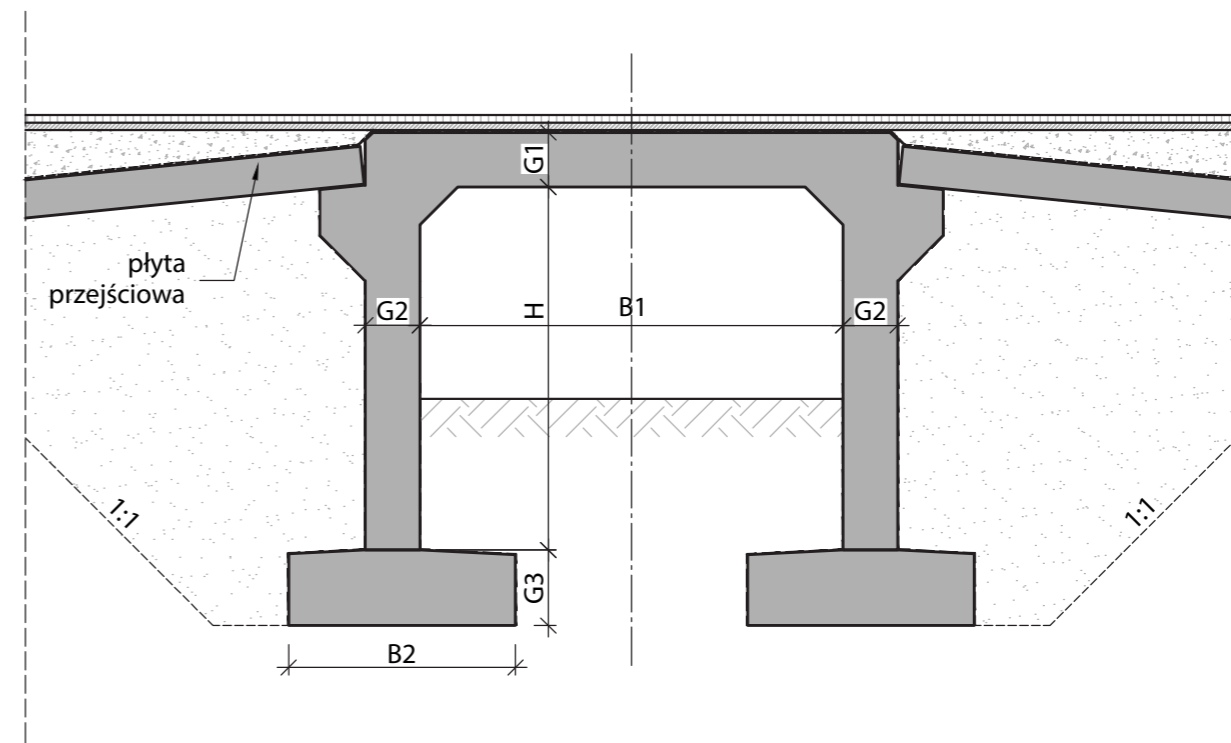
Mały most - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant II



Mały most - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie - Wariant I



Zużycie materiałów

Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Pow. płyty pomostu [m ²]	Beton C40/50		Zbrojenie (bez posadowienia)		Beton ław [m ³]	Zbrojenie ław [kg/m ³]
			[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]		
B1 [m]	H [m]							
1.0	2.0	1.8	2.5	1.38	265	192	1.3	94
1.0	2.5	1.8	2.9	1.60	338	211	1.3	94
3.0	2.0	3.9	3.8	0.96	123	127	2.7	93
3.0	2.5	3.9	4.2	1.08	144	134	2.7	93
3.0	3.0	3.9	4.7	1.19	176	147	2.7	93
5.0	2.0	6.0	5.3	0.88	105	119	4.0	105
5.0	2.5	6.0	5.8	0.96	115	120	4.0	105
5.0	3.0	6.0	6.3	1.04	130	125	4.0	105

Wymiary elementów

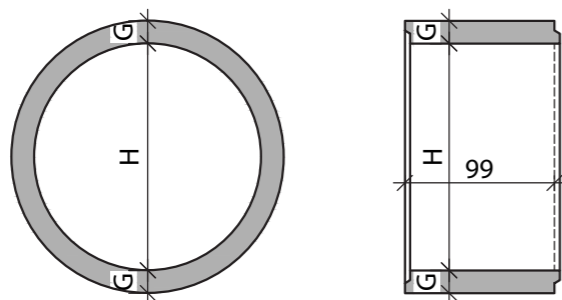
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Grubość płyty	Pogrubienie płyty	Grubość podpory	Wymiary ławy fundamentowej		Maksymalna wysokość nasypu
					G3 [m]	B2 [m]	
B1 [m]	H [m]	G1 [m]	s [m]	G2 [m]	G3 [m]	B2 [m]	hn [m]
1.0	2.0	0.40	0.40	0.40	0.5	1.3	4.00
1.0	2.5	0.40	0.40	0.40	0.5	1.3	4.00
3.0	2.0	0.45	0.45	0.45	0.5	2.7	4.00
3.0	2.5	0.45	0.45	0.45	0.5	2.7	4.00
3.0	3.0	0.45	0.45	0.45	0.5	2.7	4.00
5.0	2.0	0.50	0.50	0.50	0.5	4.0	4.00
5.0	2.5	0.50	0.50	0.50	0.5	4.0	4.00
5.0	3.0	0.50	0.50	0.50	0.5	4.0	4.00

TYPOWE MAŁE MOSTY Z BETONU MONOLITYCZNEGO

Z1-5

Przepust kołowy - schemat

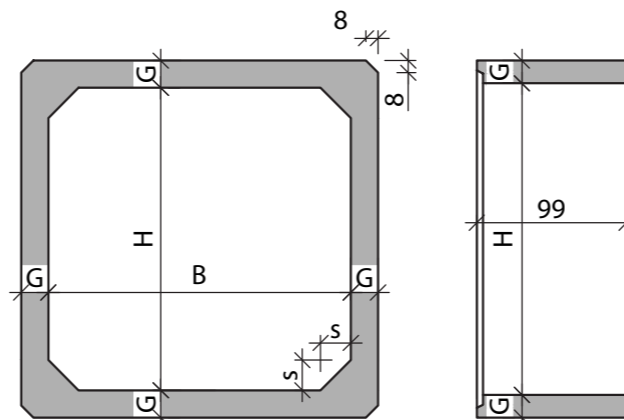
Przekrój poprzeczny Przekrój podłużny



Wymiary elementów - przepust kołowy		
Średnica w świetle	Grubość	Maksymalna wysokość nasypu
D [m]	G [m]	h _n [m]
1.0	0.14	8.0
1.2	0.16	8.0
1.5	0.18	8.0

Przepust prostokątny - schemat

Przekrój poprzeczny Przekrój podłużny

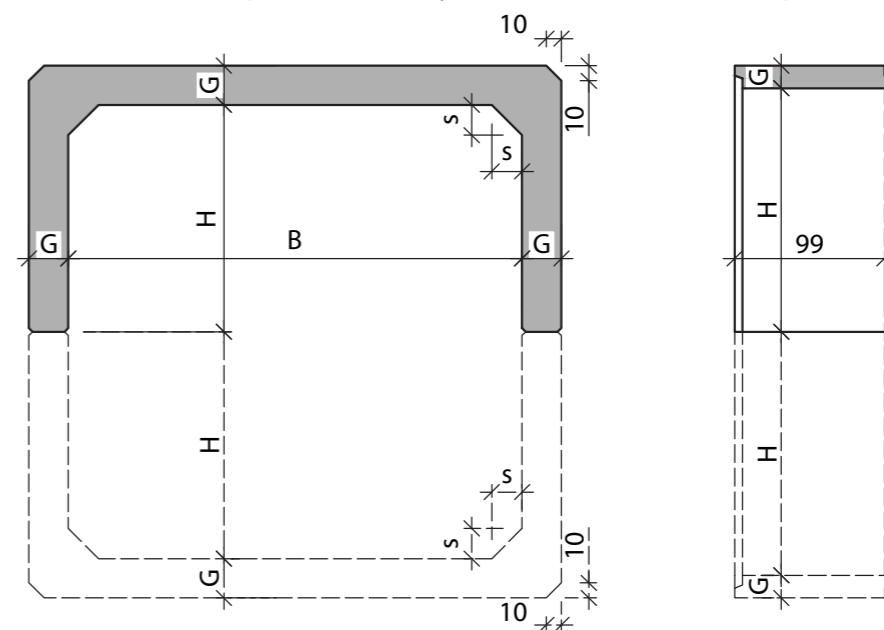


Wymiary elementów - przepust prostokątny				
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Grubość	Pogrubienie	Maksymalna wysokość nasypu
B [m]	H [m]	G [m]	s [m]	h _n [m]
1.0	1.0	0.16	0.16	8.0
1.2	1.2	0.18	0.18	8.0
1.5	1.5	0.18	0.18	5.0
2.0	2.0	0.20	0.20	5.0
2.0	1.5	0.20	0.20	5.0
2.5	2.5	0.22	0.22	5.0
2.5	1.5	0.22	0.22	5.0
3.0	3.0	0.25	0.25	5.0
3.0	2.0	0.25	0.25	5.0

Wymiary elementów - przepust dwuczęściowy				
Szerokość w świetle	Wysokość w świetle	Grubość	Pogrubienie	Maksymalna wysokość nasypu
B [m]	H [m]	G [m]	s [m]	h _n [m]
3.0	1.0	0.26	0.20	4.50
3.0	1.5	0.26	0.20	4.50
3.5	1.0	0.30	0.20	4.50
3.5	1.5	0.30	0.20	4.50
4.0	1.0	0.34	0.20	4.50
4.0	1.5	0.34	0.20	4.50
4.5	1.0	0.38	0.20	4.00
4.5	1.5	0.38	0.20	4.00
4.5	2.0	0.38	0.20	4.00

Przepust dwuczęściowy - schemat

Przekrój poprzeczny Przekrój podłużny



Z1-6 RYSUNKI TYPOWYCH ELEMENTÓW PREFABRYKOWANYCH

Zeszyt Z2

OBIEKTY RAMOWNICOWE Z PREFABRYKATÓW ŻELBETOWYCH





Z2 Obiekty ramownicowe z prefabrykatów żelbetowych

Z2-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe obiekty mostowe o konstrukcji ramownicowej z żelbetowych elementów prefabrykowanych.

Z2-2. OPIS TECHNICZNY

Z2-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Zestawienie klas dróg oraz przyjętych szerokości użytkowych na obiekcie przedstawiono w Tab. Z2-1. Obciążenie obiektów mostowych przyjęto zgodnie z [7].

Tab. Z2-1. Szerokości użytkowe na obiektach

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			Uwagi
	Jezdnia	Pas awaryjny	Chodniki	
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Tab. Z2-2. Klasy obciążenia na obiekcie

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Co najmniej klasa II

Obiekty mostowe zostały dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym LM3 według Załącznika A do [7].

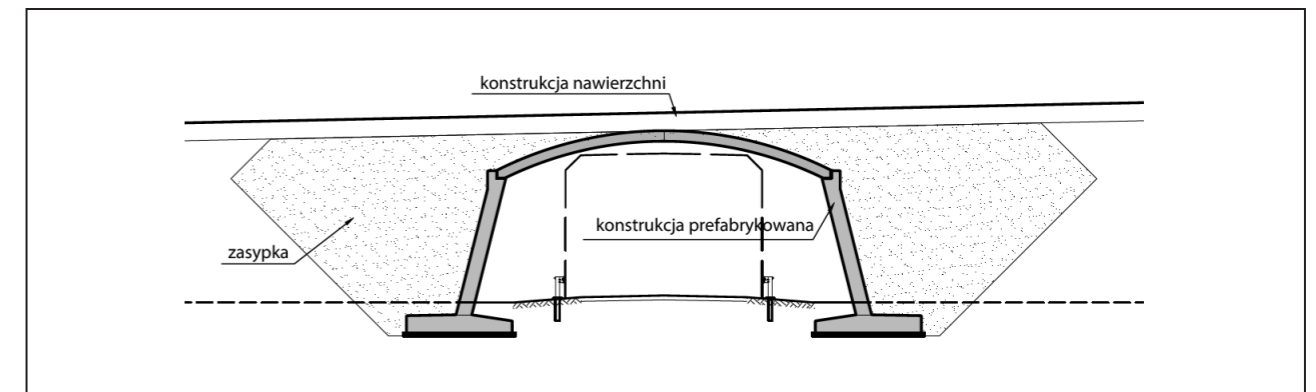
Z wyjątkiem przyjętych obciążeń wszystkie pozostałe parametry techniczne obiektu oraz wyposażenia powinny być zgodne z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Przedmiotowe obiekty będą służyły do przeprowadzenia ruchu drogowego i pieszego nad przeszkodami terenowymi, tj.:

- cieki wodne,
- przejścia ekologiczne,
- drogi,
- linie kolejowe jednotorowe oraz dwutorowe.

Z2-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY (ZASTOSOWANE SCHEMATY STATYCZNE)

Zeszyt zawiera typowe konstrukcje obiektów mostowych w schemacie jednoprzęsłowej ramy żelbetowej, składającej się z prefabrykowanych elementów krzywoliniowych, opartych na prefabrykowanych lub monolitycznych podporach.



Rys. Z2-1. Schemat budowy obiektu

Z2-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo wodnych w miejscu planowanego zamierzenia budowlanego. W przypadku stwierdzenia na efektywnej głębokości podłoża takich samych bądź lepszych parametrów gruntowych od przedstawionych w punkcie Z2-3.5 można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z2-2.4. ZASADNICZE ELEMENTY WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z aktualnymi aktami prawnymi [2] i [3] oraz obowiązującymi wytycznymi projektowania.

Zalecane elementy wyposażenia:

- warstwa ochronna + ścieralna – bitumiczna o grubości całkowitej około 10 cm zgodnie z wymaganiami [22] dla zakładanej klasy obciążenia ruchem,
 - krawężniki kamienne 20 x 20 cm,
 - kapy o grubości ~23 cm pokryte warstwą epoksydowo-poliuretanową o grubości min 3 mm ograniczone polimerobetonowymi deskami gzymsowymi grubości 4 cm,
 - warstwy podbudowy drogowej,
 - mury oporowe nad obiektem,
 - zasyпка inżynierska o wskaźniku zagęszczenia $I_{s_{min}} > 1,0$,
 - system odwodnienia i odprowadzenia wody w zależności od długości obiektu i spadków podłużnych,
 - bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
 - balustrady szczeblinkowe $h = 1,1/1,3$ m,
 - osłony przeciwporażeń nad liniami kolejowymi.
- Sposób odwodnienia obiektu, jak również parametry barier energochłonnych należy zaprojektować/dobrać zgodnie z wymaganiami [3].

Z2-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z2-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z2-3.1.1. ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1, dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z2-3.

Tab. Z2-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze					
	α_{Q1}	$\alpha_{Qir, i \geq 2}$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qir, i \geq 2}$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z2-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwość materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9].

Elementy krzywoliniowe oraz ściany zaprojektowano z betonu klasy C 50/60 zbrojonego stalą o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Ławy fundamentowe zaprojektowano z betonu klasy C 30/37 zbrojonego stalą o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Współczynniki częściowe dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [8]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali $\gamma_s = 1,15$.

Klasa ekspozycji elementów konstrukcji ze względu na warunki środowiskowe przyjęta według [9], zgodnie z Tab. Z2-4.

Tab. Z2-4. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Przyjęta klasa wytrzymałości betonu
Elementy krzywoliniowe	XC4, XD1, XF2	C50/60
Ściany	XC4, XD1, XF2	C50/60
Ławy fundamentowe	XC2, XA1	C30/37

W obliczeniach zbrojenia przyjęto minimalne wymagane otulenie betonem dla tych klas ekspozycji wynoszące:

- dla przęsła $c_{min} = 30$ mm,
- dla korpusu przyczółka $c_{min} = 50$ mm,
- dla ławy $c_{min} = 70$ mm.

Z2-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu obliczeniowym uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

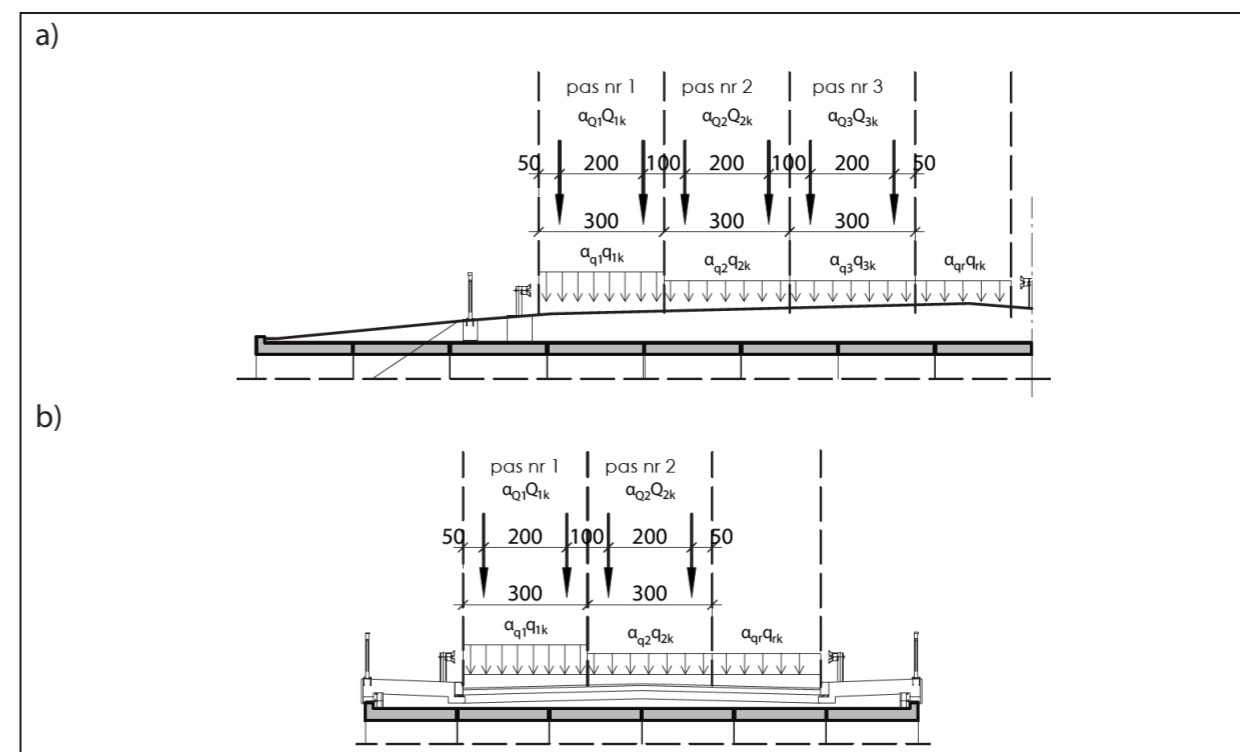
- obciążenia stałe
 - ciężar własny konstrukcji,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - parcie i odpór gruntu,
 - nierównomierne osiadania podpór,
- obciążenia zmienne
 - parcie od obciążenia ruchomego na naziemie,
 - pionowe obciążenie ruchome – model LM1
 - siły od hamowania i przyspieszania na przęsle,
 - obciążenie tłumem na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,

- uderzenie pojazdu w przęsła,
- obciążenie pojazdem specjalnym LM3,
- model obciążenia zmęczeniowego 3.

Wartości obciążeń stałych przyjęto zgodnie z Tab. Z2-5. Wartości obciążeń zmiennych przyjęto zgodnie z Tab. Z2-6.

Tab. Z2-5. Wartości obciążeń stałych

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	-	
2	Nawierzchnia	23	kN/m ³	Przyjęto grubość warstw drogowych, tj. nawierzchni, warstw podbudowy drogowej oraz izolacji równą 75 cm o średnim ciężarze objętościowym wynoszącym 24 kN/m ³ .	
	Izolacja	14	kN/m ³		
	Podbudowa drogowa	24	kN/m ³		
	Kapa chodnikowa	25	kN/m ³		Grubość kap chodnikowych 23 cm.
	Deska gzymsowa	0,6	kN/m		Obciążenie dla deski o wysokości 60 cm i grubości 4 cm.
	Bariera ochronna	1,0	kN/m		-
3	Balustrada	0,5	kN/m	-	
	Ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu	19	kN/m ³	Przyjęto wysokość gruntu na odsadzce od strony przeszkody równą 0,7 m.	
4	Parcie pośrednie gruntu zasypki za ścianą	$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot z$ $z = (0..H)$	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Wartość maksymalna obciążenia zależna od całkowitej wysokości ściany H.	



Rys. Z2-2. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1: a) na jezdniach dróg klasy A, S, b) na jezdniach dróg klasy G, GP, Z, L, D

Tab. Z2-6. Wartości obciążeń zmiennych

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Parcie pośrednie od obciążenie ruchomego na naziemiu	$\sigma_Q = 11,8$ (I) $\sigma_q = 4,3$ (I) $\sigma_Q = 7,9$ (II) $\sigma_q = 2,1$ (II) $\sigma_Q = 3,9$ (III) $\sigma_q = 1,1$ (III)	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Wartość parcia zależna od klasy obciążenia na obiekcie i liczby pasów umownych (w nawiasie numery pasów ruchu).	
2.	Pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1	TS pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$ pas nr 2: $\alpha_{Q3}Q_{2k} = 200$ pas nr 3: $\alpha_{Q3}Q_{3k} = 100$	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS.	
		UDL pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = \alpha_{q1} \cdot 9$ pas nr 2: $\alpha_{q2}q_{2k} = \alpha_{q2} \cdot 2,5$ pas nr 3: $\alpha_{q3}q_{3k} = \alpha_{q3} \cdot 2,5$ obszar pozostały: $\alpha_{qr} q_{rk} = \alpha_{q1} \cdot 2,5$	kN/m ²	Obciążenie równomiernie rozłożone, wartość zależna od klasy obciążenia.	
3.	Hamowanie i przyspieszanie na przęśle	TS $Q_{lkq} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) = 360$	kN	Hamowanie pojazdu TS przyłożone do pasa nr 1.	
		UDL $Q_{lkq} = 0,1\alpha_{q1}q_{1k}$	kN/m ²	Hamowanie od obciążenia UDL przyłożone do pasa nr 1 na całej długości przęsła L , wartość zależna od klasy obciążenia.	
4.	Obciążenie tłumem	$q_{fk} = 4,4$	kN/m ²	Wartość charakterystyczna.	
5.	Temperatura	$\Delta T_{N,exp}$	32	°C	Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za wydłużenie obiektu.
		$\Delta T_{N,con}$	-38		Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za skrócenie wydłużenie.
6.	Uderzenie pojazdu w przęsło	500	kN	Autostrady, drogi krajowe i główne.	

Wartości parcia gruntu na ścianę konstrukcji wyznaczono, przyjmując założenia podane w Tab. Z2-7.

Tab. Z2-7. Parametry zasypki

Materiał zasypowy ściany ramy	Piasek silnie zagęszczony
Kąt tarcia wewnętrznego zasypki ściany ramy	$\varphi_n = 32^\circ$
Spójność gruntu zasypowego	$c_u = 0$
Ciężar gruntu zasypowego	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Liczba pasów umownych na obiekcie zależy od szerokości jezdni (klasy drogi).

Obciążenie równomiernie rozłożone UDL ustawiono w najbardziej niekorzystnym położeniu. Do celów obliczeniowych założono możliwość wystąpienia pasa umownego nr 1 nad każdym segmentem znajdującym się pod jezdnią. Hamowanie/przyspieszanie pojazdów przyjęto zgodnie z [7].

Wartości charakterystyczne minimalnej (T_{min}) i maksymalnej (T_{max}) temperatury powietrza w cieniu określono na podstawie krajowych map izotermicznych.

Z2-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych przy założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

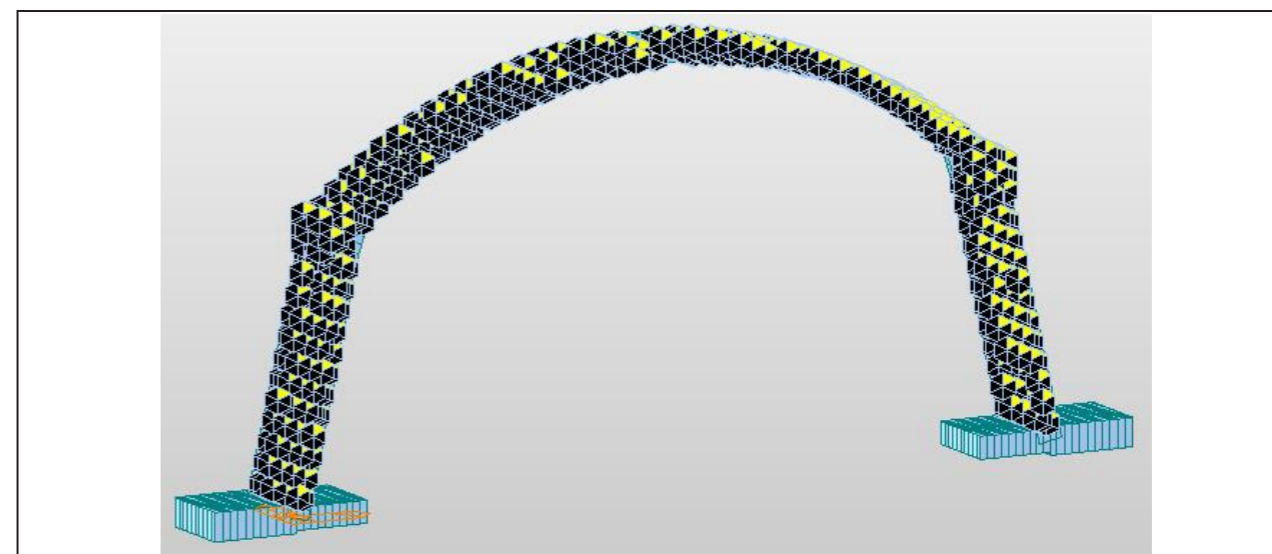
W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcję ze względu na wytrzymałość materiałową (STR) oraz nośność posadowienia (GEO). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowej.

W stanach granicznych użytkowania sprawdzono konstrukcję ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie i w stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne rozwarości rys.

Z2-3.3. MODEL OBLICZENIOWY I GEOMETRIA

Model ramy został wykonany za pomocą elementów dwuwymiarowych opisanych w przestrzeni trójwymiarowej (model klasy e2p3). Wszystkie elementy konstrukcji zamodelowano jako powłokowe o grubości zgodnej z przyjętą na rysunkach. Model wykonano dla jednego segmentu obiektu mostowego.

Oddziaływanie gruntu na konstrukcję uwzględniono za pomocą podpór sprężystych jednokierunkowych (odwzorowujących odpór gruntu), przyłożonych w charakterystycznych węzłach konstrukcji. Sztywność podpór poziomych obliczono za pomocą algorytmów Koseckiego. W obliczeniach uwzględniono nieliniowość geometryczną.



Rys. Z2-3. Wizualizacja modelu obliczeniowego obiektu

Obliczenia zbrojenia, sprawdzenie rys i naprężeń wykonano, modelując obiekt posadowiony bezpośrednio na ławie fundamentowej podpartej sprężystości.

Z2-3.4. KOMBINACJE

Dla każdej klasy drogi na obiekcie, rozpiętości oraz wysokości obiektów prefabrykowanych przedstawionych w części rysunkowej przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO – wymiarowanie elementów, zestawienie sił do obliczeń posadowienia,
- kombinacja charakterystyczna – sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $0,6f_{ck}$ oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8f_{yk}$,

- kombinacja prawie stała – ograniczenie rozwarcia rys do wartości $w_{max} = 0,3 \text{ mm}$ (według [9]),
- kombinacja wyjątkowa – wymiarowanie elementów, zestawienie sił do obliczeń posadowienia.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO) obliczono ze wzoru (6.10) podanego w [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono, przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B).

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono według wzoru (6.14b) podanego w [4]. Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono ze wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z2-3.5. OBLICZENIA POSADOWIENIA

Nośność posadowienia obliczono przy założeniu posadowienia obiektu na piasku średnim o parametrach podanych w Tab. Z2-8.

Tab. Z2-8. Parametry gruntu w poziomie posadowienia ławy

Stopień zagęszczenia	$I_D = 0,50$
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 33^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)	$M_0 = 95\,000 \text{ kPa}$

Z2-3.6. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Z2-3.6.1. MAKSYMALNE REAKCJE PIONOWE

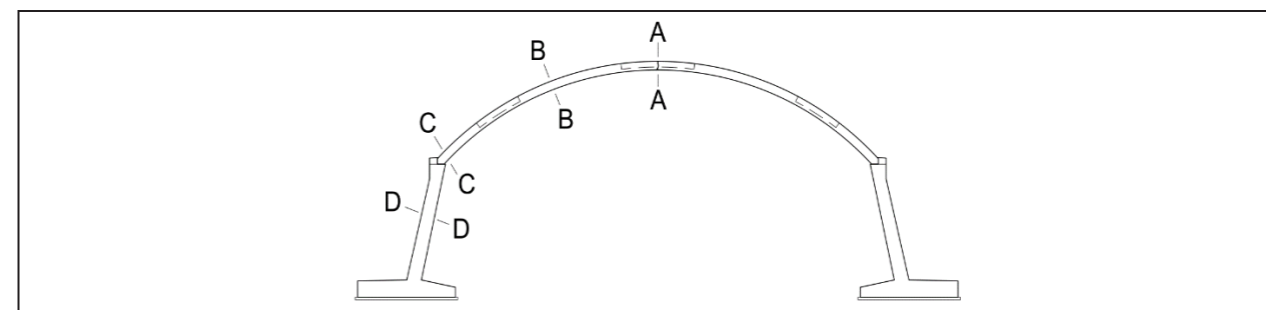
Maksymalne reakcje do posadowienia pod jedną ławą fundamentową dla rozpiętości 13 m (reakcje podane dla długości obiektów zgodnie z załączonymi rysunkami).

Tab. Z2-9. Siły przekazywane na posadowienie

Klasa drogi na obiekcie	Maksymalna reakcja charakterystyczna pod ławą fundamentową [kN]
A	30 466
S	28 183
G/GP	10 919
Z	10 153
L	9 388
D	9 005

Z2-3.6.2. SIŁY PRZEKROJOWE

Wartości maksymalnych sił przekrojowych dla zadanych przekrojów na Rys. Z2-4 podano w Tab. Z2-10.



Rys. Z2-4. Szkic usytuowania przekrojów krytycznych w konstrukcji decydujących o nośności

Tab. Z2-10. Maksymalne siły w charakterystycznych przekrojach konstrukcji dla rozpiętości 16,5 m

Przekrój	M [kNm/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]	T [kN/m]
	obliczeniowe	obliczeniowe	charakterystyczne	charakterystyczne
A-A	150	31	130	18
B-B	158	20	146	13
C-C	-428	280	-339	230
D-D	360	100	276	65

Z2-3.6.3. PRZEMIESZCZENIA (SGU)

W przypadku konstrukcji o rozpiętości 16,5 m (zgodnego z załączonymi przekrojami) maksymalne ugięcie od obciążenia ruchomego w środku rozpiętości elementu krzywoliniowego szacuje się na 8,5 mm.

Z2-3.7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

W przypadku zastosowania konstrukcji żelbetowych krzywoliniowych z elementów prefabrykowanych wartości sił wewnętrznych i ugięcia zależą od wielu czynników. Znaczący wpływ na otrzymane wyniki mają:

- promień krzywizny,
- rozpiętość,
- wysokość ścian żelbetowych,
- wysokość nadsypki nad obiektem,
- klasa obciążenia drogi nad obiektem,
- parametry gruntu zasypki,
- parametry gruntu pod poziomem posadowienia.

Biorąc pod uwagę te czynniki, zaleca się, aby każdorazowo obiekt o konstrukcji żelbetowej z krzywoliniowych elementów prefabrykowanych był analizowany przez projektanta.

Z2-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z2-4.1. BETON

Wymagania materiałowe dla betonów przeznaczonych do wykonania elementów żelbetowych prefabrykowanych należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu. Wymagania co do materiałów, z których jest wykonywany obiekt należy traktować jako wymagania minimalne. Beton, z którego wykonane są elementy prefabrykowane, powinien spełniać wymagania podane w Tab. Z2-11.

Tab. Z2-11. Wymagania betonu elementów prefabrykowanych

Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania
Beton			
1.	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu	-	≥C40/50
2.	Nasiąkliwość betonu	% (m/m)	≤5
3.	Odporność betonu na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	F150

Z2-4.2. OTULINA BETONU

Otulinę nominalną elementów żelbetowych prefabrykowanych należy przyjmować według [8], uwzględniając trwałość konstrukcji i klasy ekspozycji dla warunków środowiskowych.

Z2-4.3. KRUSZYWO

Kruszywo do betonu powinno być zgodne z [15] o stopniu mrozoodporności F1. Uziarnienie kruszywa powinno być ustalone w receptcie laboratoryjnej mieszanki betonowej, przy założonych parametrach wymaganych dla produkowanego wyrobu.

Z2-4.4. STAL ZBROJENIOWA

Stal zbrojeniowa użyta w elementach prefabrykowanych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z2-4.5. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Na obiektach należy wykonać zasypkę inżynierską z materiału zagęszczanego (mieszanka piaskowo-żwirowa). Grunt zasypki powinien być przepuszczalny, niewysadzinowy, możliwie jednorodny. W Tab. Z2-12 podano parametry, jakie powinna spełniać zasypka inżynierska.

Tab. Z2-12. Wymagania dla zasypki inżynierskiej

Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania
Zasypka inżynierska			
1.	Ciężar objętościowy	kN/m ³	≤19
2.	Kąt tarcia wewnętrznego	Stopnie	≥34
3.	Wskaźnik zagęszczenia	-	≥0,97
4.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności	m/s	≥6x10 ⁻⁵
5.	Odczyn pH	-	4<pH<9
6.	Wskaźnik różnoziarnistości gruntu	-	≥5

Z2-5. WYMAGANIE TECHNOLOGICZNE

Z2-5.1. WYMAGANIA DOTYCZĄCE PREFABRYKATU

Podstawowe wymagania stawiane prefabrykatom:

- prefabrykaty w układzie podłużnym powinny być wyposażone w zamki umożliwiające ich uszczelnienie,
- geometria podłużna zgodna z dokumentacją,
- miejsca oparcia prefabrykatu należy traktować jako przegubowe dla etapu montażu,
- oparcie montażowe prefabrykatów na dolnej części monolitycznej z wyprowadzonym zbrojeniem z części dolnej monolitycznej i z prefabrykatów, umożliwiając uciąglenie przegubu przez zabetonowanie tego oparcia. Dopuszcza się oparcie pośrednie elementów krzywoliniowych na dolnej części monolitycznej.

Z2-5.2. IZOLACJA

Izolacja obiektu powinna być dostosowana indywidualnie do każdego obiektu. Powinna spełniać wymogi specyfikacji technicznych oraz zapewniać szczelność konstrukcji.

Z2-5.3. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Do zasypania obiektu musi być użyty materiał zgodny z wymaganiami materiałowymi. Zasyпка powinna być wykonywana równomiernie, warstwami grubości 20-40 cm, zagęszczanymi do osiągnięcia stopnia zagęszczenia zgodnego z dokumentacją projektową. Dopuszczalna różnica wysokości zasypki po obu stronach obiektu nie powinna przekraczać 50 cm.

TECHNOLOGIA BUDOWY

W przypadku konstrukcji przepustów prefabrykowanych przedstawionych w niniejszym opracowaniu, technologia budowy polega zazwyczaj na zastosowaniu dźwigu samochodowego, za pomocą którego poszczególne prefabrykowane elementy są układane na wcześniej przygotowanych fundamentach. Następnym krokiem jest zespolenie poszczególnych sekcji (elementów wysyłkowych) przez wbudowanie mieszanki betonowej w miejscach zamków i połączeń.

Z2-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW

Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg przewidzianych z obustronnymi chodnikami. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

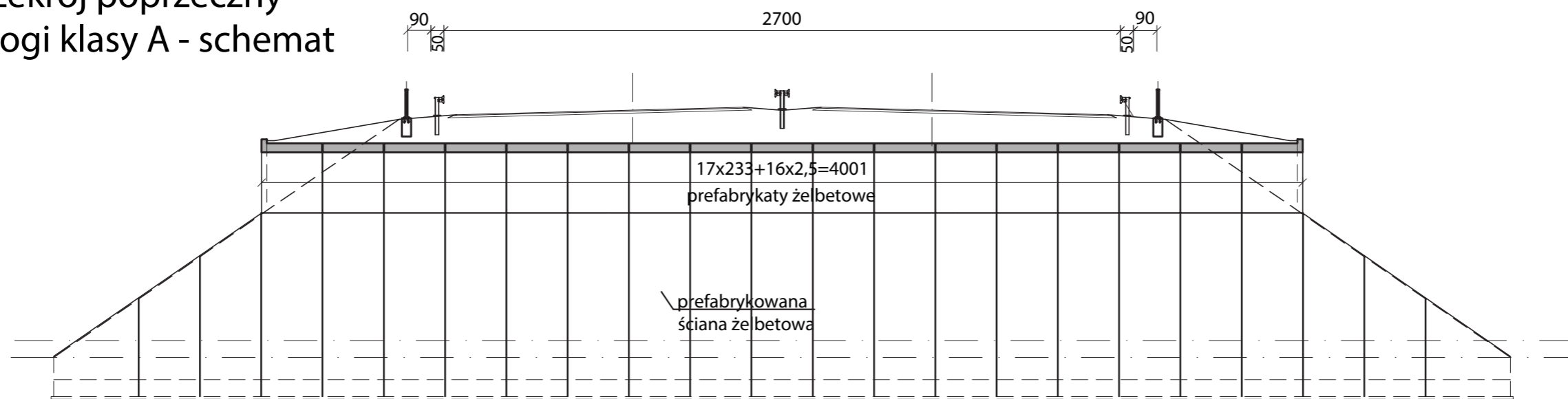
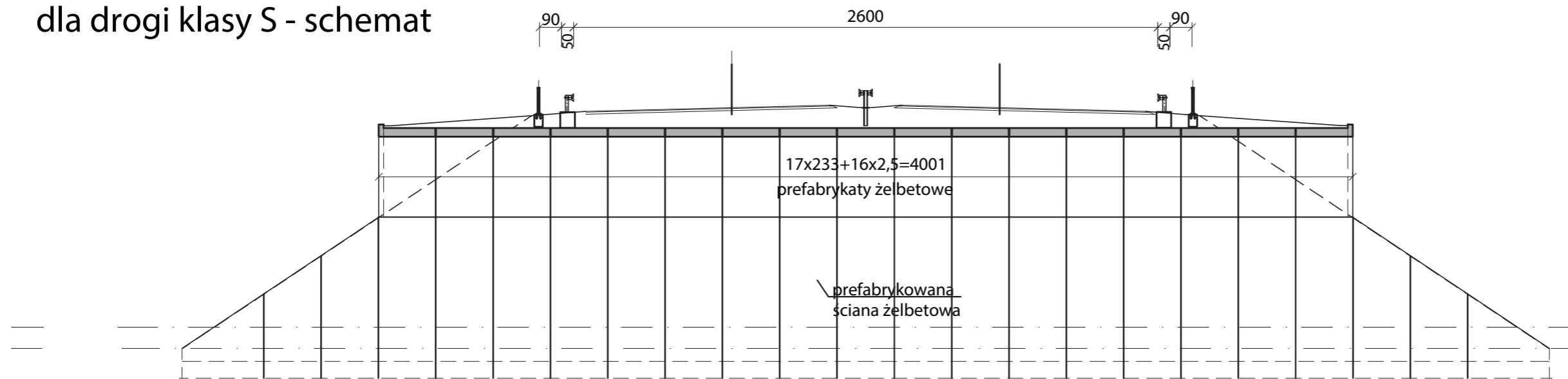
- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu - kg, t, m³,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m² przekroju dla prefabrykatów lub m² rzutu płyty pomostu dla małych mostów- kg/m², m³/m² itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres +/-5%.

Z2-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

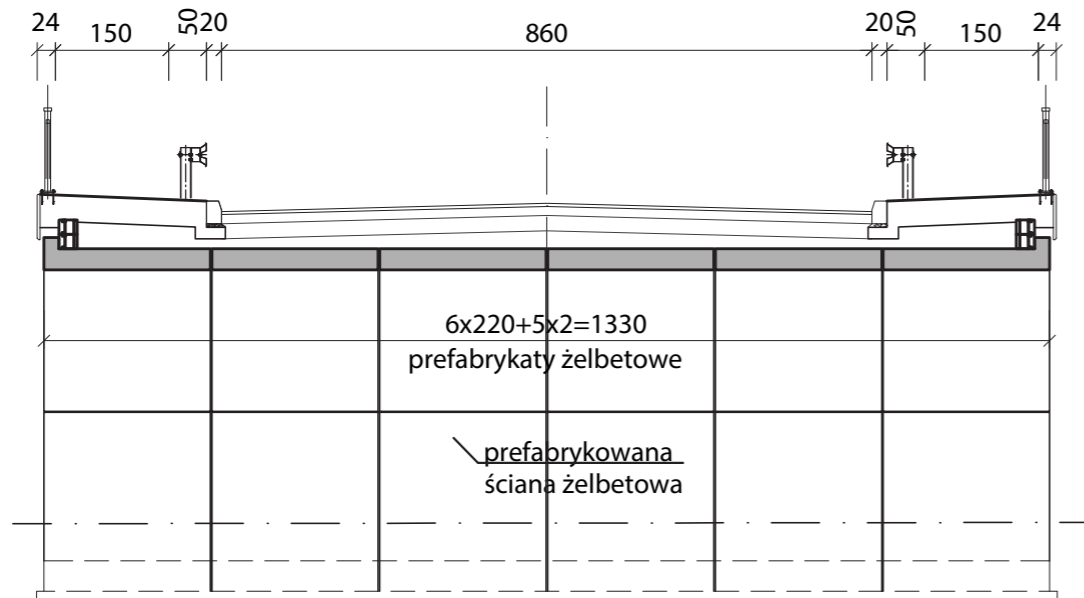
Z2-A/S	Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy A i S
Z2-GP/G/Z	Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy G, GP, Z
Z2-L/D	Typowe przekroje poprzeczne obiektu w ciągu drogi klasy L, D
Z2-L6	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 6,5 m
Z2-L8	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 8,0 m
Z2-L10	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,5 m
Z2-L11	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,95 m
Z2-L13	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 13,0 m
Z2-LK16	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 16,5 m
Z2-LK10	Typowy przekrój podłużny obiektu o rozpiętości w świetle 10,0 m
Z2-W	Typowe węzły – zasady zbrojenia

Przekrój poprzeczny
dla drogi klasy A - schematPrzekrój poprzeczny
dla drogi klasy S - schemat

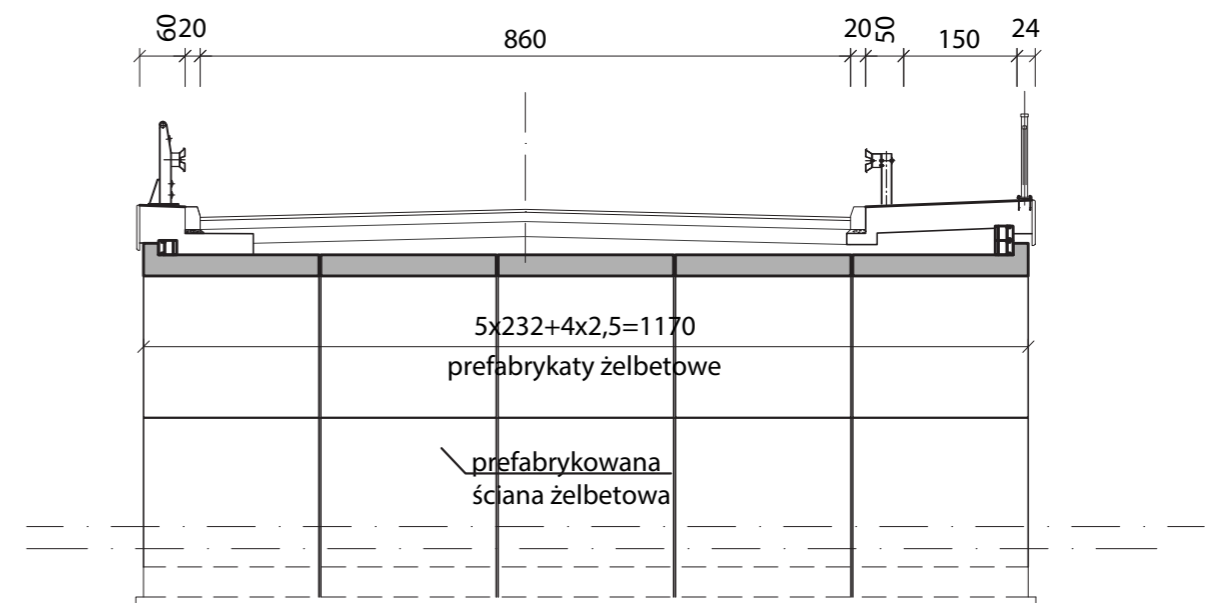
Z2-A/S

 TYPowe PRZEKROJE POPRZECZNE OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY A i S

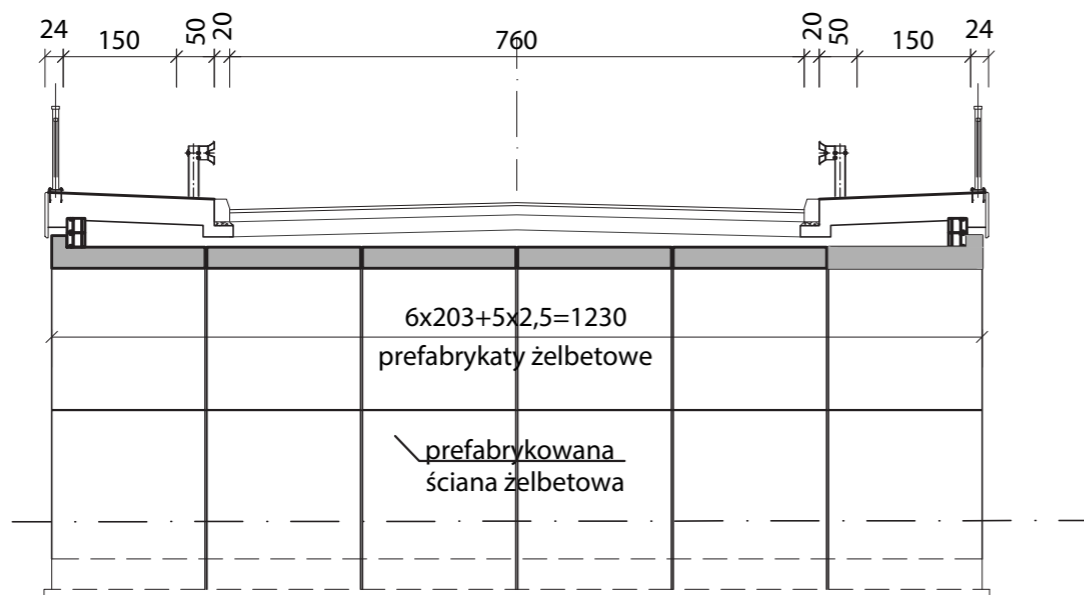
Przekrój poprzeczny dla drogi klasy G,GP
- schemat



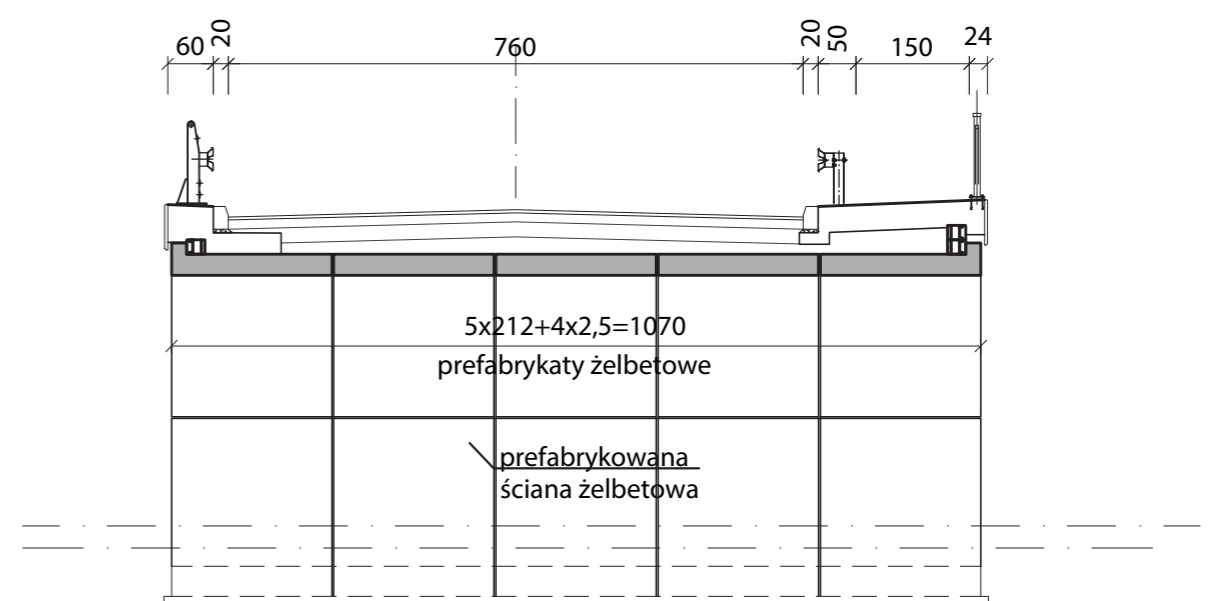
Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy G,GP
- schemat



Przekrój poprzeczny dla drogi klasy Z
- schemat



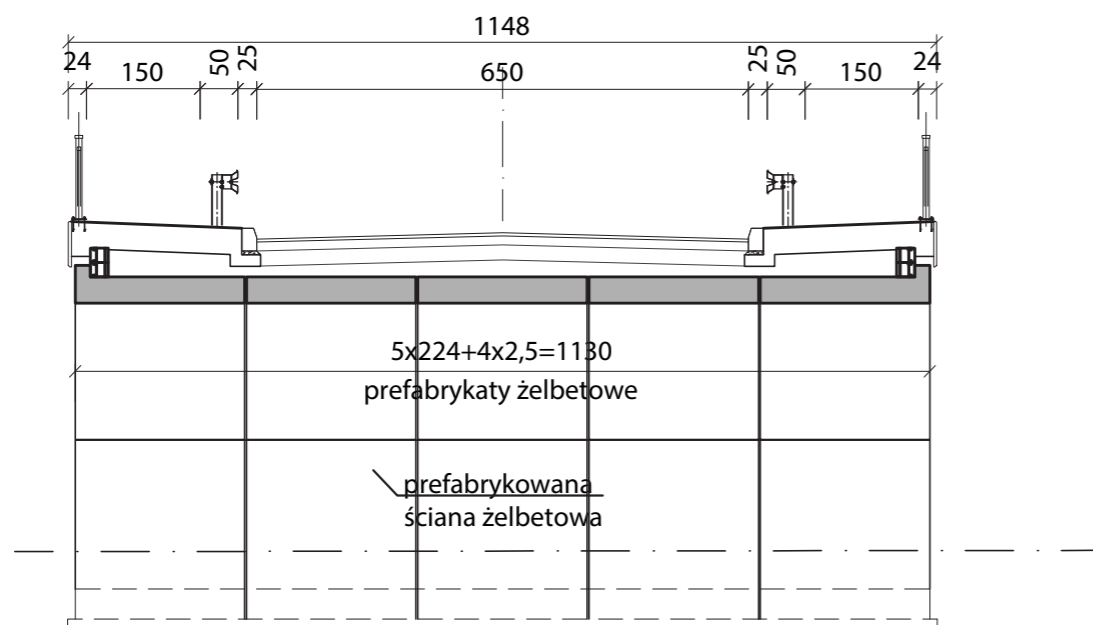
Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy Z
- schemat



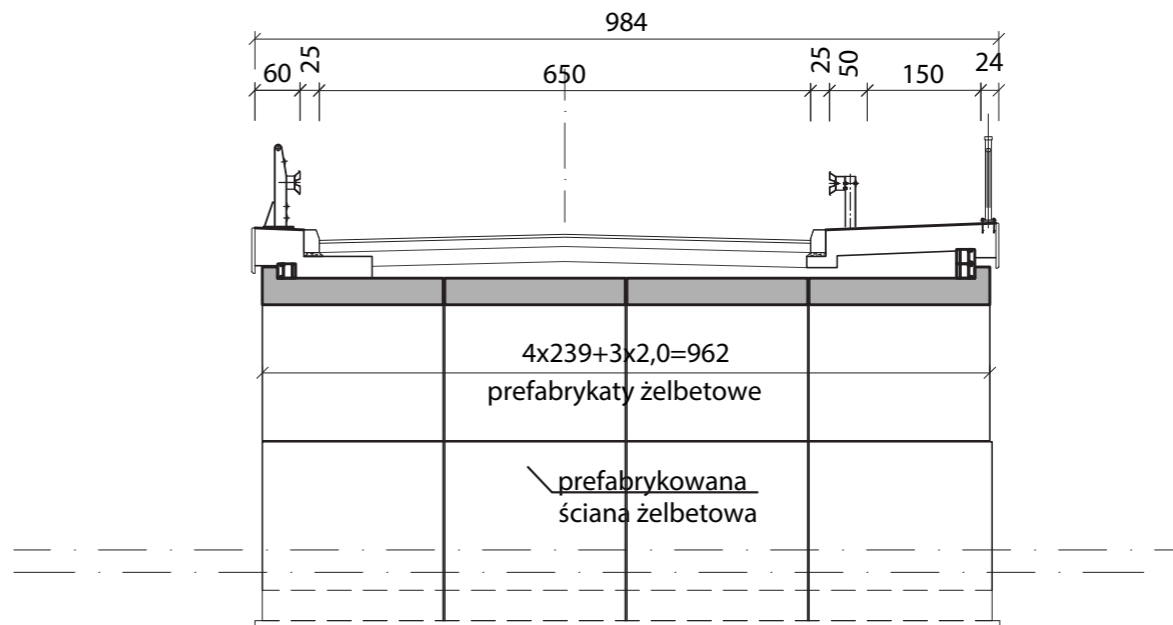
TYPOWE PRZEKROJE POPRZECZNE OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY GP/G/Z

Z2-GP/G/Z

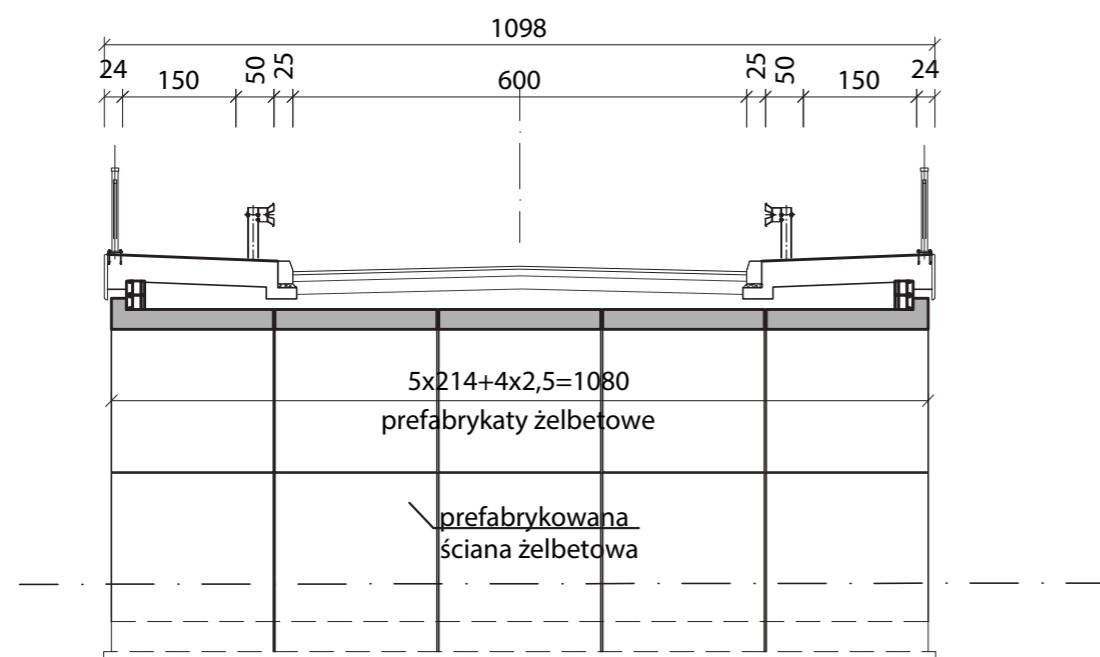
Przekrój poprzeczny dla drogi klasy L - schemat



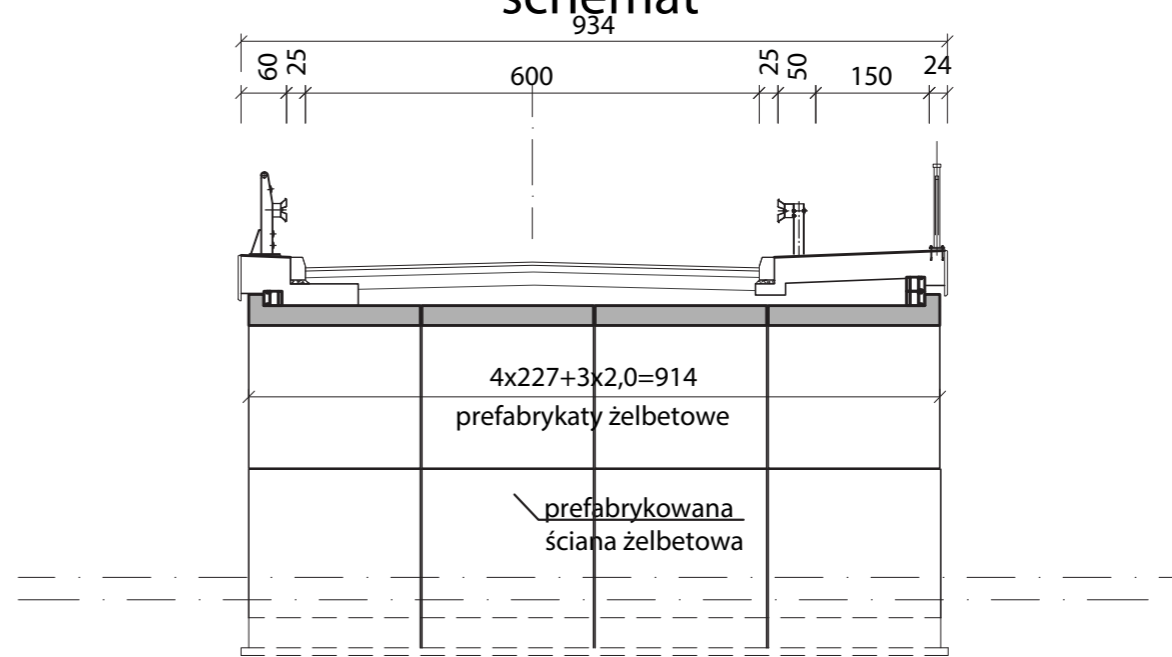
Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy L - schemat



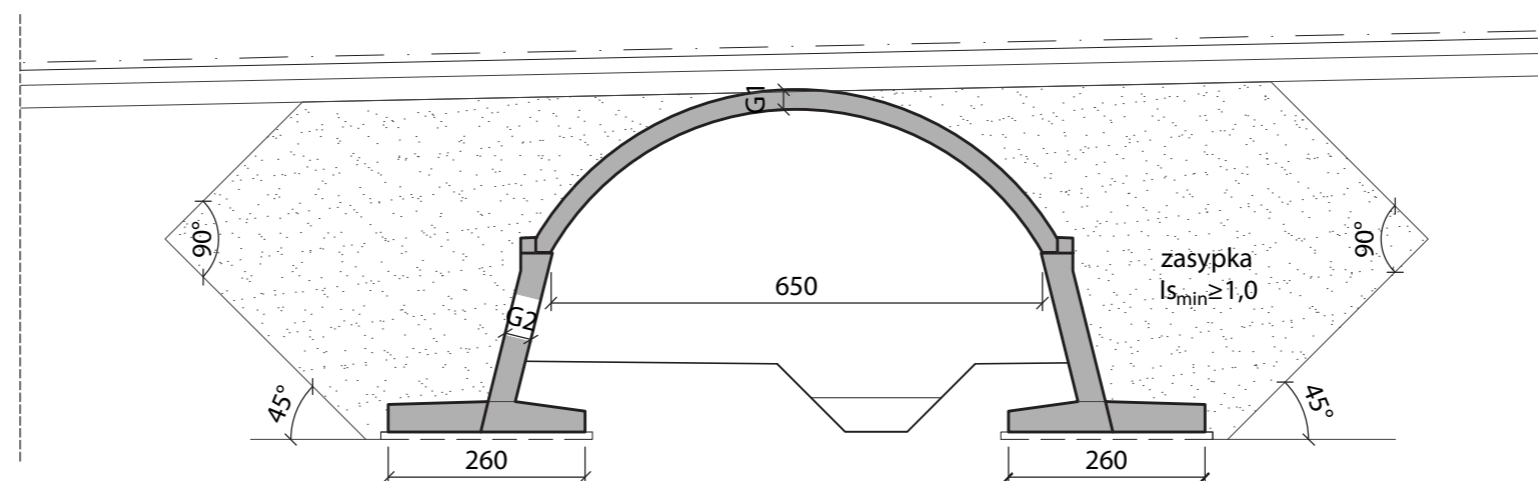
Przekrój poprzeczny dla drogi klasy D - schemat



Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy D - schemat



Z2-L/D TYPOWE PRZEKROJE POPRZECZNE OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY L, D

Przekrój podłużny -
schemat


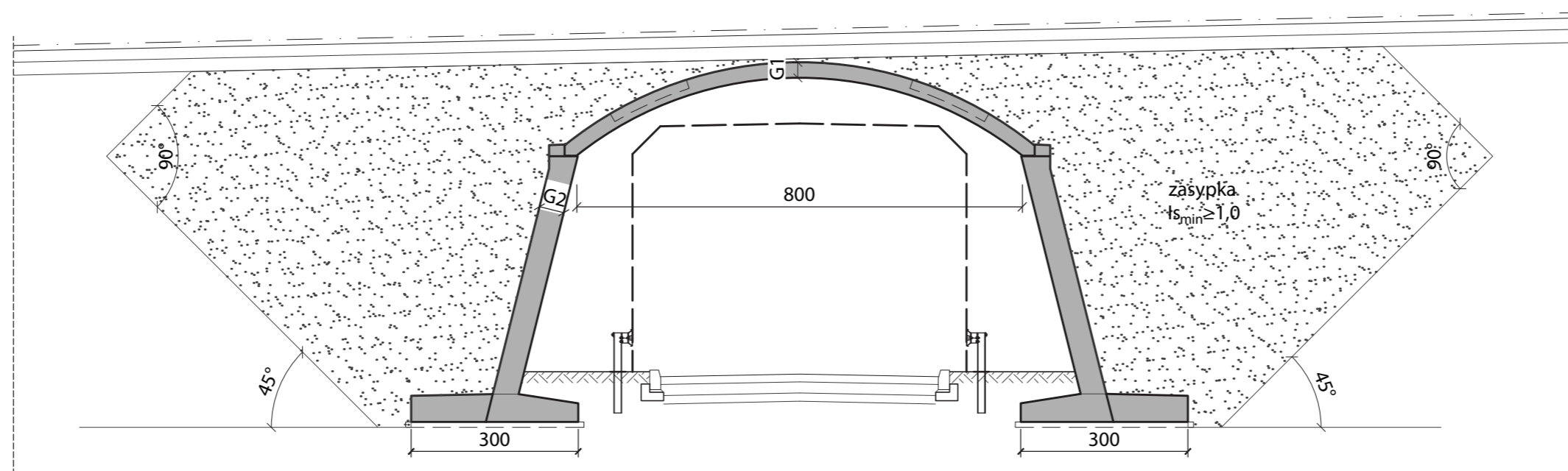
Zużycie materiałów							
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60
	[m]				[m ²]	[m ³]	
SYMETRYCZNE							
A	6.5	525	105	41	43	153	85
S		487	97	38	43	153	79
G, GP		175	33	13	40	153	29
Z		161	31	12	39	148	27
L		148	28	11	39	148	24
D		142	27	10	39	148	23
NIESYMETRYCZNE							
G, GP	6.5	154	29	11	40	153	25
Z		140	27	10	39	148	23
L		127	24	9	39	148	31
D		120	23	9	39	148	20

Wymiary elementów		
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego	Grubość podpory
[m]	G1 [m]	G2 [m]
6.5	0.26	0.35

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 6,5 m

Z2-L6

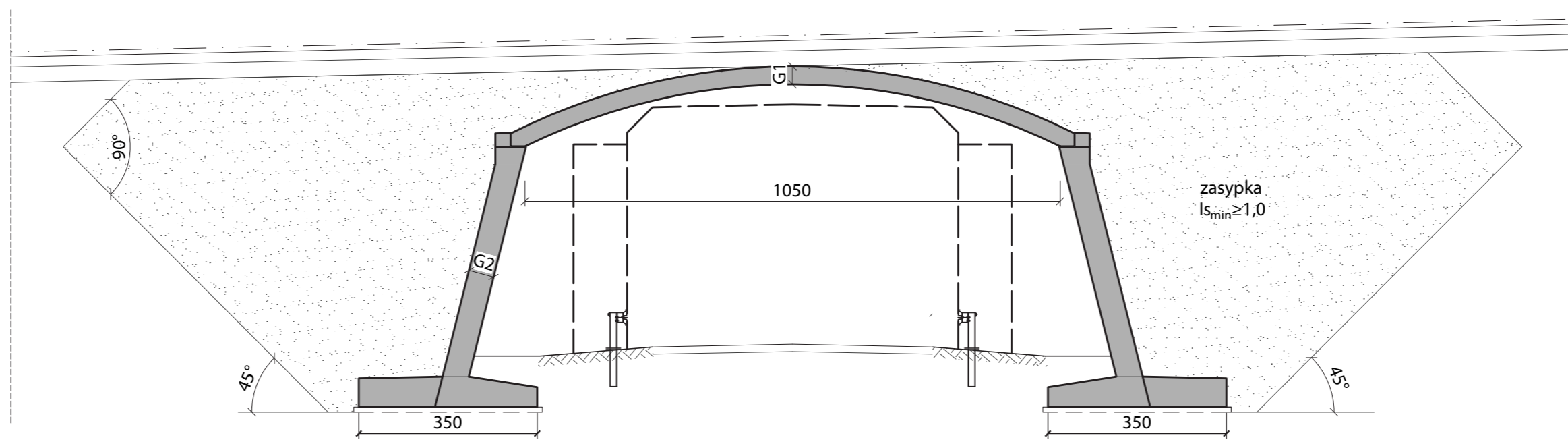
Przekrój podłużny - schemat



Wymiary elementów		
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego	Grubość podpory
[m]	G1 [m]	G2 [m]
8.0	0.28	0.45

Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60	Zamek pref. C30/37
					[m ²]	[m ³]		
SYMETRYCZNE								
A	8.0	755	247	68	67	161	91	4
S		700	231	64	68	161	84	4
G, GP		251	73	18	59	161	33	1
Z		232	68	17	58	157	30	1
L		213	63	16	58	157	28	1
D		204	60	15	58	157	27	1
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	8.0	221	65	16	59	161	29	1
Z		202	59	15	58	157	26	1
L		182	53	13	58	157	24	1
D		173	51	13	58	157	23	1

Z2-L8 TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 8,0 m

Przekrój podłużny -
schemat


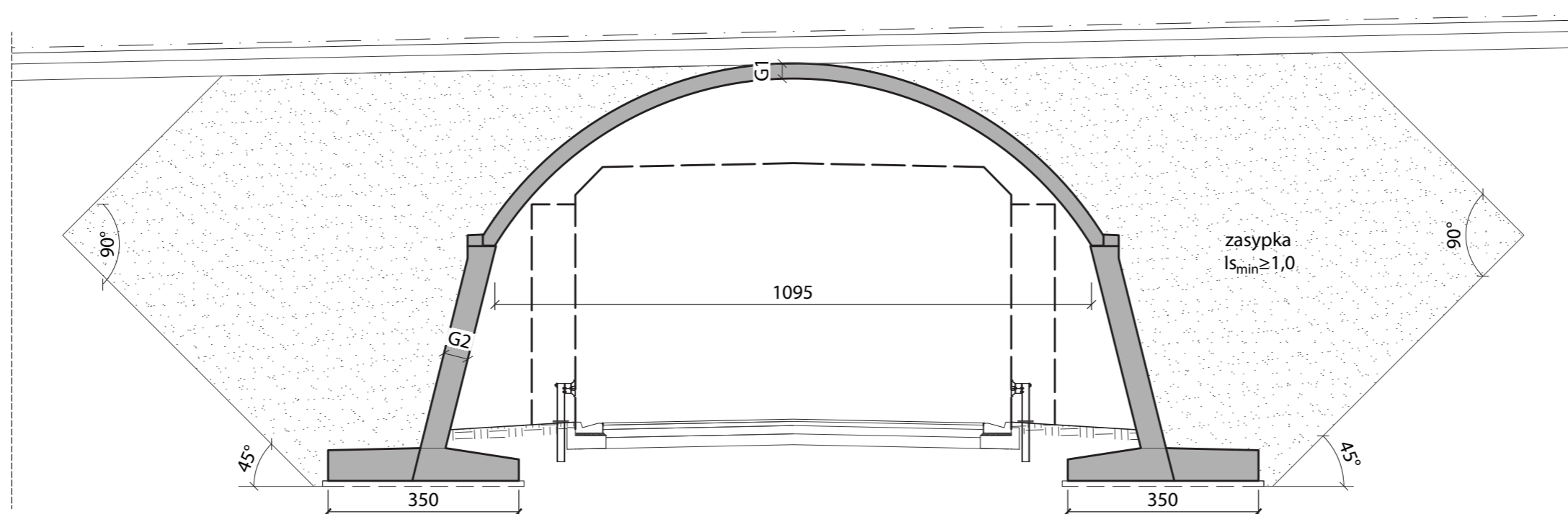
Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60	Zamek pref. C30/37
	[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[m ³]
SYMETRYCZNE								
A	10.5	755	306	94	95	179	127	22
S		700	286	88	96	179	118	20
G, GP		251	91	26	83	179	46	7
Z		232	84	24	80	172	42	7
L		213	77	22	80	172	39	6
D		204	74	21	80	172	37	6
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	10.5	221	80	23	83	179	41	6
Z		202	73	21	80	172	37	6
L		182	66	19	80	172	34	4
D		173	62	18	80	172	32	4

Wymiary elementów		
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego	Grubość podpory
[m]	G1 [m]	G2 [m]
10.5	0.35	0.50

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 10,5 m

Z2-L10

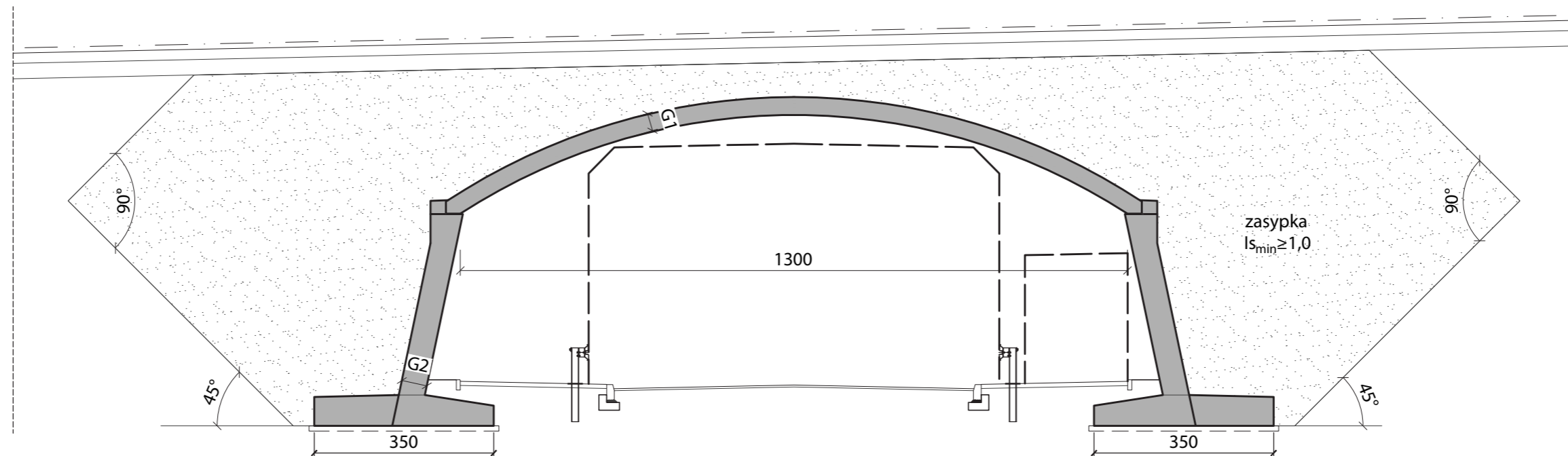
Przekrój podłużny - schemat



Wymiary elementów		
Rozpiętość obiektu (w świetle)	grubość prefabrykatu krzywoliniowego	grubość podpory
[m]	G1 [m]	G2 [m]
10.95	0.28	0.45

Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60	Zamek pref. C30/37
					[m]	[m ²]		
SYMERYCZNE								
A	10.95	887	270	100	68	163	155	4
S		823	255	94	69	163	146	4
G, GP		295	74	26	55	163	49	1
Z		273	68	24	53	158	46	1
L		251	63	22	53	158	42	1
D		240	60	21	53	158	40	1
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	10.95	260	65	23	55	163	44	1
Z		237	59	21	53	158	40	1
L		214	54	19	53	158	36	1
D		203	51	18	53	158	34	1

Z2-L11 TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 10,95 m

Przekrój podłużny -
schemat


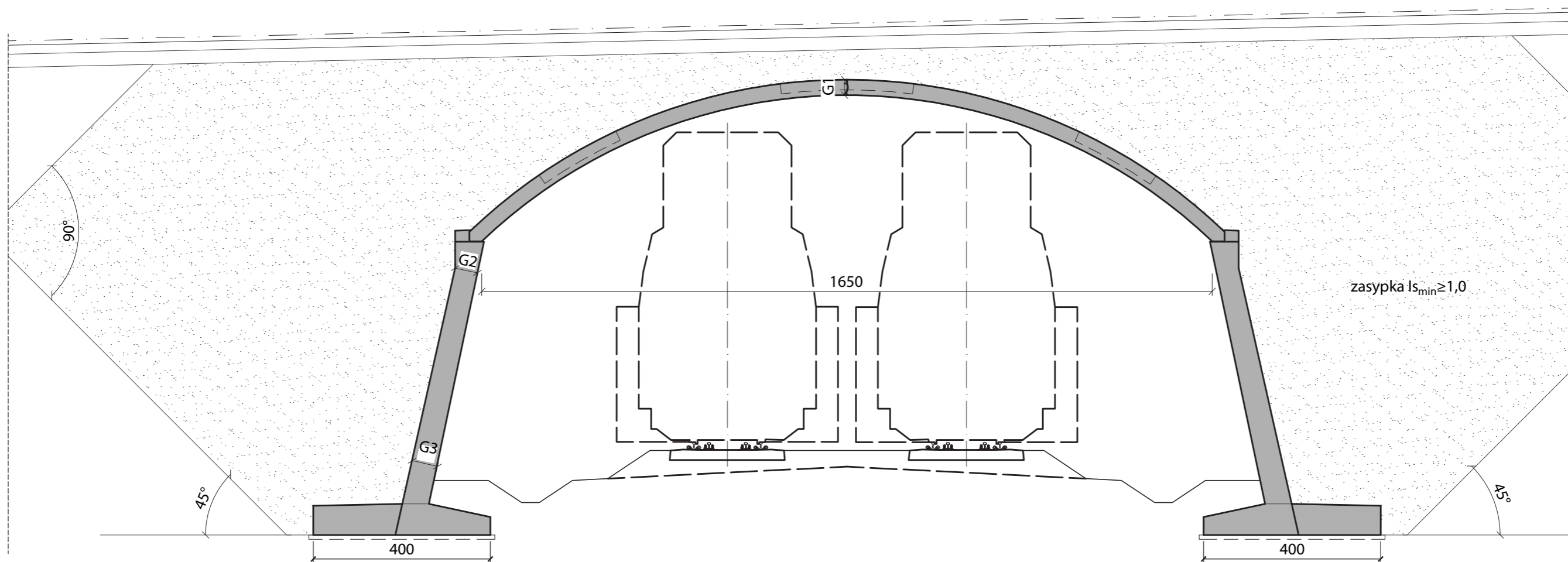
Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60	Zamek pref. C30/37
	[m]				[m ²]	[m ³]		
SYMETRYCZNE								
A	13.00	906	267	95	71	176	170	28
S		840	252	89	71	176	160	26
G, GP		301	77	26	60	176	57	9
Z		279	71	24	58	169	52	9
L		256	66	22	58	169	47	8
D		245	63	21	58	169	47	8
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	13.00	265	65	23	58	176	51	8
Z		242	62	21	58	169	46	8
L		219	56	19	58	169	43	6
D		207	53	18	58	169	40	6

Wymiary elementów		
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego	Grubość podpory
[m]	G1 [m]	G2 [m]
13.0	0.35	0.50

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 13,0 m

Z2-L13

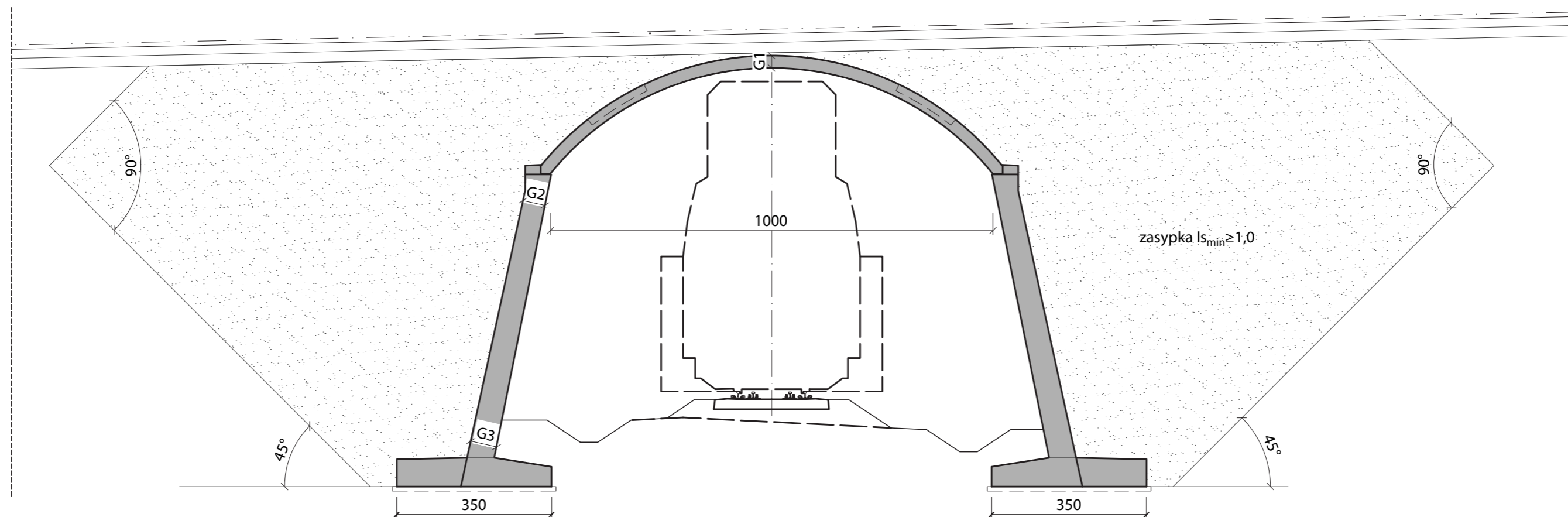
Przekrój podłużny - schemat



Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego	Grubość podpory	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
16.5	0.35	0.50	0.60

Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle)	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów)	Ściana prefabrykowana C50/60	Beton fundamentów C30/37	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60	Zamek pref. C30/37
					[m ²]	[m ³]		
SYMETRYCZNE								
A	16.5	1434	516	152	81	174	260	31
S		1283	477	144	84	174	233	28
G, GP		426	126	34	65	174	78	9
Z		394	117	31	63	167	72	9
L		362	107	29	63	167	67	8
D		346	102	28	63	167	64	8
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	16.5	375	111	30	65	174	69	8
Z		343	102	27	63	167	63	8
L		309	92	25	63	167	58	6
D		293	87	23	63	167	55	6

Z2-LK16 TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 16,0 m

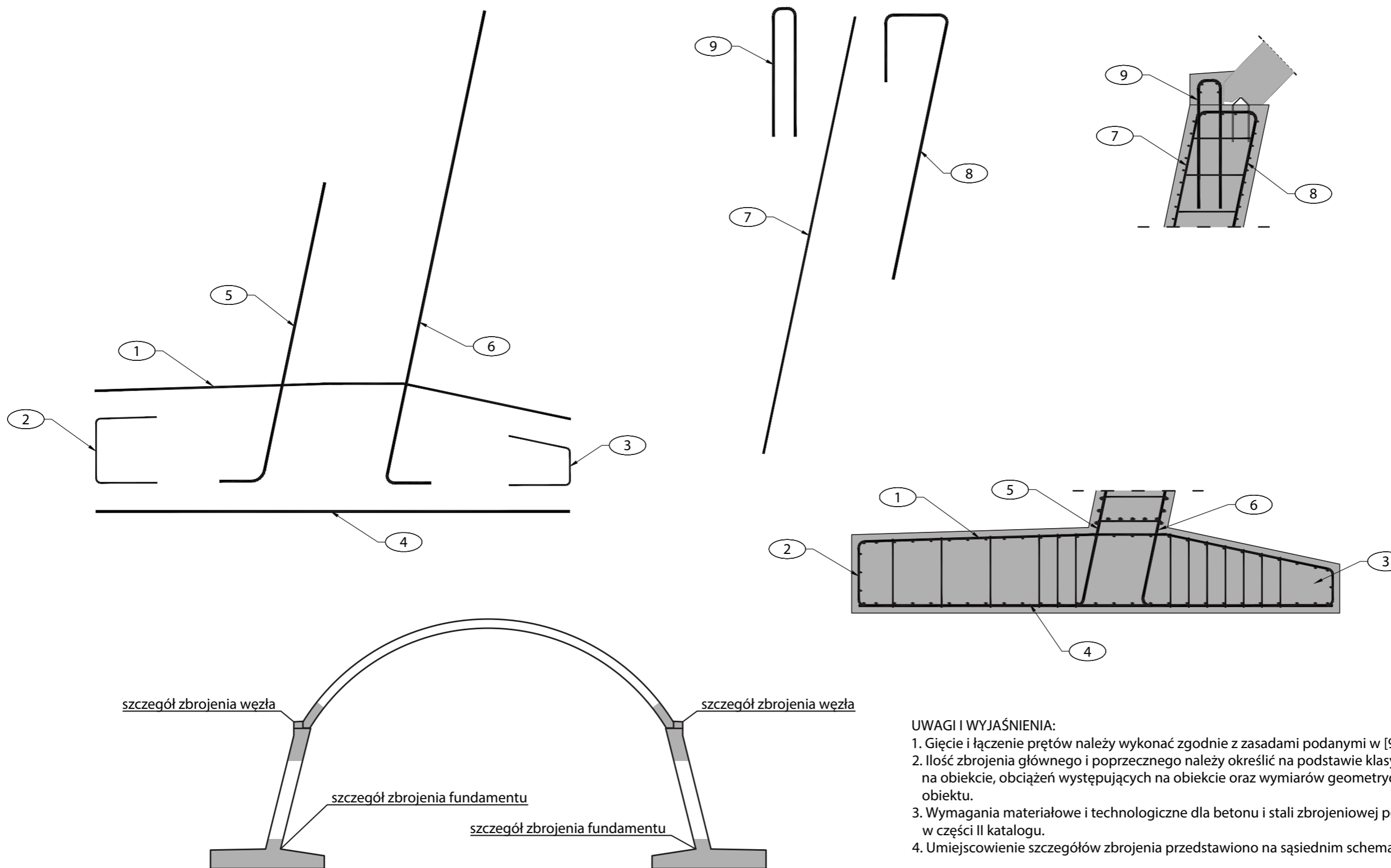
Przekrój podłużny -
schemat


Zużycie materiałów								
Klasa drogi na obiekcie	Rozpiętość obiektu (w świetle) [m]	Powierzchnia obiektu (po obrysie krawędzi ścian i prefabrykatów) [m ²]	Ściana prefabrykowana C50/60 [m ³]	Beton fundamentów C30/37 [m ³]	Zbrojenie		Prefabrykat krzywoliniowy C50/60 [m ³]	Zamek pref. C30/37 [m ³]
					[kg/m ²]	[kg/m ³]		
SYMETRYCZNE								
A	10.0	1049	503	143	103	168	128	4
S		987	472	137	104	168	121	4
G, GP		349	133	34	80	168	43	1
Z		322	123	31	77	162	40	1
L		296	113	29	78	162	37	1
D		283	108	28	78	162	35	1
NIESYMETRYCZNE								
G, GP	10.0	307	117	30	80	168	38	1
Z		280	107	27	78	162	35	1
L		253	96	25	78	162	32	1
D		240	92	23	78	162	30	1

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w świetle) [m]	Grubość prefabrykatu krzywoliniowego G1 [m]	Grubość podpory	
		G2 [m]	G3 [m]
10.0	0.28	0.50	0.60

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU O ROZPIĘTOŚCI W ŚWIETLE 10,0 m

Z2-LK10



Z2-W TYPOWE WĘZŁY - ZASADY ZBROJENIA

Zeszyt Z3

OBIEKTY GRUNTOWO - POWŁOKOWE Z BLACH FALISTYCH





Z3 Obiekty gruntowo - powłokowe z blach falistych

Z3-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe przepusty oraz obiekty mostowe z blach falistych.

Z3-2. OPIS TECHNICZNY

Z3-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Obiekty będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami wodnymi i terenowymi o szerokości od 0,4 do 35 m oraz wysokości do 15 m.

Zaproponowane w katalogu przepusty i małe obiekty mostowe są przeznaczone do przeprowadzenia drogi nad przeszkodą. Szerokości użytkowe na drodze oraz wysokość nasypu wyznaczają długość przepustu oraz szerokość małego mostu.

Obciążenie obiektów mostowych przyjęto zgodnie z [7] według Tab. Z3-2.

Tab. Z3-1. Szerokości użytkowe na obiektach

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			Uwagi
	Jezdnia	Pas awaryjny	Chodniki	
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Tab. Z3-2. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi.

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G, Z, L, D	Klasa I

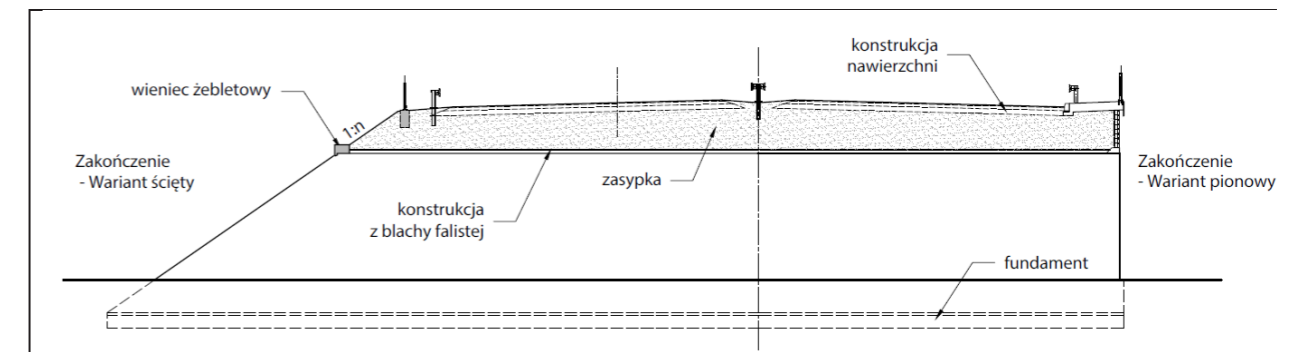
Obiekty mostowe zostały dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym LM3 według Załącznika A do [7].

Dla wszystkich konstrukcji przyjęto jednakową klasę obciążenia. Rozróżnienie klas przy niewielkich rozpiętościach nie ma uzasadnienia ekonomicznego. Podział na klasy obciążenia może prowadzić do błędów wykonawczych.

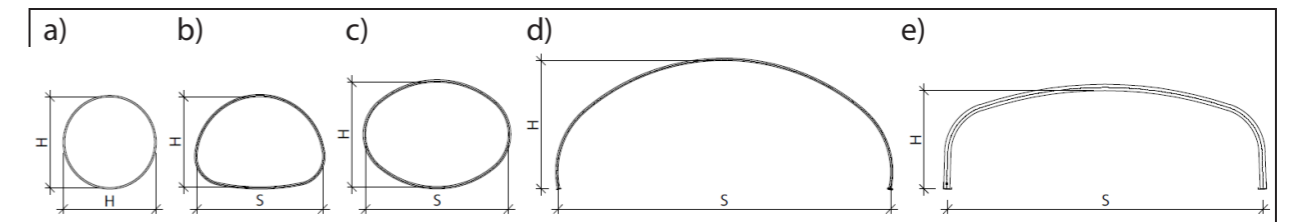
Z wyjątkiem przyjętych obciążeń wszystkie pozostałe parametry techniczne obiektu oraz wyposażenia powinny być zgodne z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Z3-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania przepustów o przekrojach otwartych (łuki regularne, nisko, wysoko profilowe, ramownice) i zamkniętych (kołowe, kwadratowe, dwuczęściowe) oraz małych mostów o schemacie statycznym ramy jednonawowej o płytowej, żelbetowej konstrukcji przęsła.



Rys. Z3-1. Schemat przepustu



Rys. Z3-2. Przykładowe schematy konstrukcji: a) kołowy, b) łukowo-kołowy, c) eliptyczny, d) łukowy, e) ramownicowy

Z3-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych w miejscu planowanego zamierzenia.

Z3-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Wyposażenie związane z drogą mogą stanowić:

- konstrukcja nawierzchni,
- krawężniki,
- chodniki dla pieszych,
- system odwodnienia drogi,
- bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczeblinkowe $h = 1,1/1,3$ m.

Wyposażenie związane z obiektem inżynierskim mogą stanowić:

- izolacja powłokowa i arkuszowa,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody z zasyпки,
- półki dla zwierząt.

Z3-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z3-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z3-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1, dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z3-3.

Tab. Z3-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1.

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze					
	α_{Q1}	$\alpha_{Q1, i \geq 2}$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{q1, i \geq 2}$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z3-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9]. Obiekty inżynierskie zostały zaprojektowane ze stali o charakterystycznej granicy plastyczności f_{yk} od min 235 do 500 MPa. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [11] dla stali konstrukcyjnej $\gamma_{M,0} = 1,0$ i $\gamma_{M,1} = 1,1$.

Z3-3.1.3. OBCIĄŻENIA

Ciężar własny konstrukcji z uwagi na nieistotny – pominięto. W modelu uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

- obciążenia stałe
 - ciężar nawierzchni,
 - ciężar gruntu,
 - parcie gruntu.
- obciążenia zmienne
 - pionowe obciążenie ruchome – model LM1,
 - siły od hamowania i przyspieszania,
 - parcie od obciążeń zmiennych.

Tab. Z3-4. Wartości obciążeń stałych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi
1.	Nawierzchnia	25	kN/m ³	Przyjęto grubość nominalną nawierzchni równą 50 cm, przy czym w obliczeniach uwzględniono przewidywane zmiany grubości nawierzchni o +40% i -20%.
2.	Ciężar gruntu	22	kN/m ³	Minimalnie 0.15 m, maksymalnie zgodnie z maksymalną wysokością nasypu podaną na rysunkach.
3.	Parcie gruntu zasypki (spoczynkowe, czynne)	zgodnie z [13]	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Wartość maksymalna obciążenia zależna od całkowitej wysokości nasypu H.

Tab. Z3-5. Wartości obciążeń zmiennych przyjęte w modelu

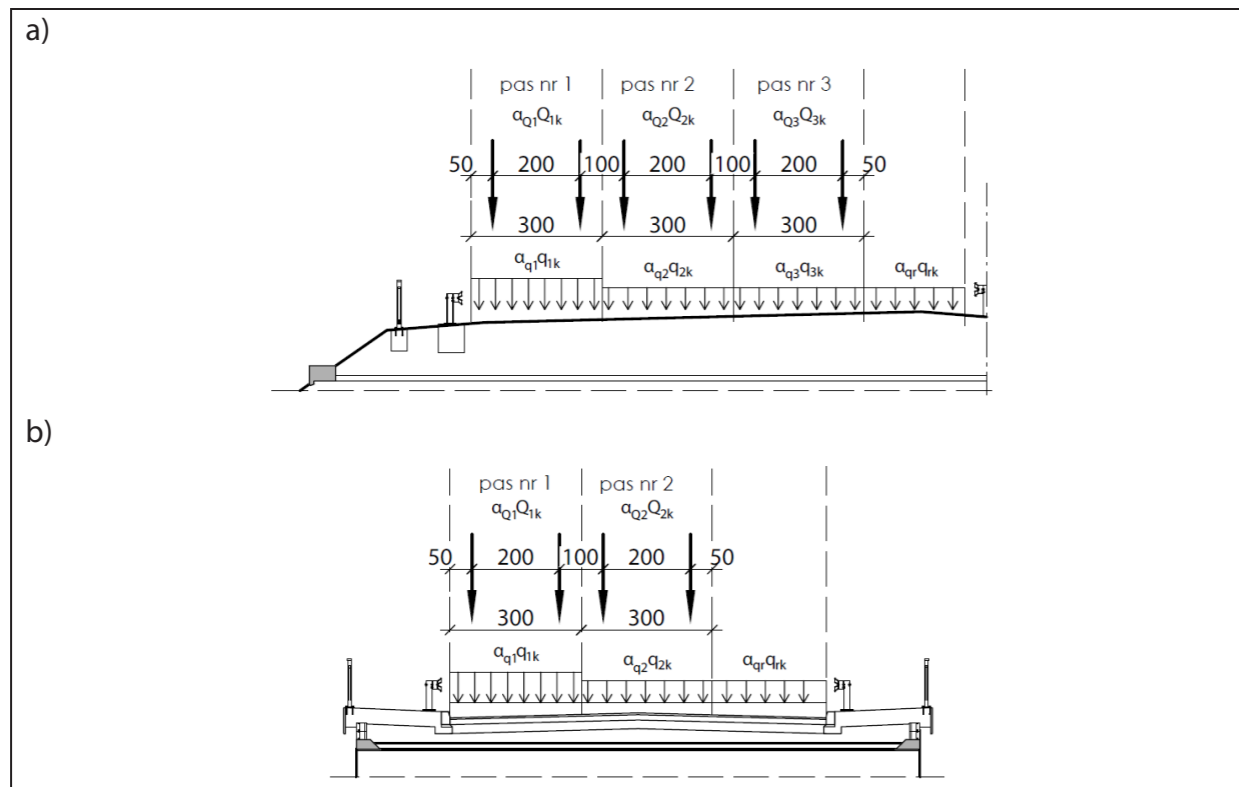
Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi
1.	Parcie od obciążenie ruchomego na naziemie	$\sigma_0 = K_A \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}$ $\sigma_0 = K_A \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k}$ $z = (0..h1)$	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Wartość parcia zależna od rozkładu obciążenia przez nawierzchnie oraz grunt. Dla gruntu przyjęto kąt rozkładu 30° zgodnie z [7].
2.	Pionowe obciążenie ruchome - model LM1	TS Pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$ Pas nr 2: $\alpha_{Q2}Q_{2k} = 200$	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS. Obciążenie rozkłada się przez warstwy nawierzchni, warstwę ochronną izolacji i grunt.
		UDL Pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = 9$ Pas nr 2: $\alpha_{q2}q_{2k} = 2.5$	kN/m ²	Obciążenie równomierne rozłożone. Obciążenie rozkłada się przez warstwy nawierzchni, warstwę ochronną izolacji i grunt.

Wartości parcia gruntu na konstrukcję wyznaczono, przyjmując założenia zestawione w Tab. Z3-6.

Tab. Z3-6. Parametry gruntu zasypowego ściany ramy przyjęte w obliczeniach parcia

Materiał zasypowy przyczółka	Piasek zagęszczony
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi_n = 32^\circ$
Spójność gruntu zasypowego	$c_u = 0$
Ciężar gruntu zasypowego	$\gamma = 21.6 \text{ kN/m}^3$
Pionowe obciążenie naziomu	Obciążenie zmienne TS i UDL
Ciśnienie wody w porach gruntu	$u = 0$
Przyczepność (adhezja) pomiędzy gruntem i ścianą	$a = 0$

Do obliczeń przyjęto obciążenie pasmowe wycinka konstrukcji o szerokości 1.0 m. Wartość tego obciążenia została wyliczona zgodnie z teorią rozchodzenia się naprężeń w gruncie według Boussinesq'a, dając największą wartość obciążenia pasmowego pochodzącego od sił skupionych modelu obliczeniowego. Schemat obciążenia ruchomego LM1 i jego rozkład przedstawiono na Rys. Z3-3.



Rys. Z3-3. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1 i jego rozkładu

Obciążenie LM1 może występować w dowolnym położeniu w stosunku do długości obiektu.

Z3-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano metodą analityczną tzw. metodą szwedzką (Sundquista-Petterssona). W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcję ze względu na wytrzymałość materiałową oraz możliwość wystąpienia przegubów plastycznych czy też łańcucha kinematycznego. Przekroje zamknięte (z płytą denną) zostały również sprawdzone w tej części. Metoda szwedzka pozwala również na sprawdzenie połączeń śrubowych oraz stanów granicznych zmęczeniowych.

Nośność konstrukcji obliczono przy założeniu jej posadowienia bezpośredniego. Założono zasypkę inżynierską obiektu wykonaną z mieszanki piaskowo-żwirowej o parametrach zestawionych w Tab. Z3-7.

Tab. Z3-7. Parametry gruntu zasypkowego

Wskaźnik zagęszczenia	$\geq 0,97$
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 32^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Sieczny moduł gruntu	$E_s = 30 \div 50 \text{ MPa}$

Z3-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z3-4.1. STAL KONSTRUKCYJNA ORAZ ŁĄCZNIKI

Stal użyta w elementach konstrukcyjnych powinna spełniać następujące wymagania.

- dla rur stalowych spiralnie karbowanych o przekroju kołowym lub/oraz łukowo-kołowym rury te wykonane są z blachy falistej o profilu fali 68 x 13 mm lub 125 x 26 mm. Grubości blach wynoszą od 1,5 do 3,5 mm. Wszystkie rury zabezpieczone są antykorozyjnie przez cynkowanie ogniowe o grubości powłoki 42 μm zgodnie z [14], z jakiej wyprodukowana została rura oraz/lub dodatkowo dwustronnie powłoką polimerową o grubości 250 μm . Minimalna granica plastyczności 250 MPa,
- dla wielopłaszczyznowych konstrukcji ze stalowych blach falistych łączonych za pomocą łączników śrubowych bez względu na kształt przekroju poprzecznego wykonuje się je ze stali o minimalnej granicy plastyczności $R_e = 235 \text{ MPa}$. Dostępne są następujące typy karbowania: 150 x 50, 200 x 55, 381 x 140, 237 x 500 mm. Konstrukcje te zabezpieczone są antykorozyjnie przez cynkowanie metodą zanurzeniową o grubościach powłok zgodnych z [16]. Dodatkowo, elementy mogą być zabezpieczone powłoką epoksydowo-poliuretanową/poliuretanową:
 - na całą powierzchnię zewnętrzną i wewnętrzną,
 - na całą powierzchnię wewnętrzną,
 - na całą powierzchnię wewnętrzną i w pasach 1,5 m na wlocie i wylocie od strony zewnętrznej.

Zakres malowania jak i minimalna grubość powłoki malarskiej stanowi opcję w dowolnej konfiguracji wedle obliczeń i decyzji projektanta opartej na analizie agresywności środowiska. Grubość powłok malarskich powinna być zgodna z [17].

Do łączenia elementów konstrukcyjnych z blachy falistej stosowane są śruby od M16 do M22 klasy min 8.8. Łączniki zabezpieczone są antykorozyjnie przez cynkowanie ogniowe o grubości powłoki zgodnej z [16].

Z3-4.2. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Na zasypkę konstrukcji należy użyć najlepiej mieszanek żwirowo-piaskowych o frakcji 0- 45, wskaźniku różnoziarnistości $C_u \geq 4,0$, wskaźniku krzywizny $1 \leq C_c \leq 3$ oraz wodoprzepuszczalności $k > 6 \text{ m/dobę}$. Materiał nie powinien być agresywny i zawierać związków organicznych, zmarzlin itp. Materiał powinien spełniać wymagania [19].

Tab. Z3-8. Wymagania dla zasypki inżynierskiej

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wymagania
Zasypka inżynierska			
1.	Ciężar objętościowy	kN/m^3	≤ 21
2.	Kąt tarcia wewnętrznego	stopnie	≥ 32
3.	Wskaźnik zagęszczenia	-	$\geq 0,97$
4.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności	m/s	$\geq 6 \times 10^{-5}$

Materiał zasypki powinien być układany warstwami o maksymalnej grubości 30 cm w stanie luźnym, następnie zagęszczany. Układanie musi być wykonywane symetrycznie, aby wysokość zasypki była taka sama po obydwu stronach konstrukcji stalowej, przy czym dopuszcza się różnicę wysokości równą jednej warstwie. Przed przystąpieniem do układania kolejnej warstwy należy upewnić się, czy poprzednia została właściwie zagęszczona.

Wskaźnik zagęszczenia kruszywa zasyпки powinien wynosić:

- $I_s \geq 0,95$ – w odległości do 20 cm od ścianki konstrukcji,
- $I_s \geq 0,98$ – w pozostałym obszarze.

Do zagęszczania kruszywa w strefie bezpośrednio przy konstrukcji należy stosować ogólnie dostępny sprzęt do zagęszczania, zwracając szczególną uwagę na dokładność wykonania prac. Sprzęt ciężki może pracować w odległości ponad 1,0 m od konstrukcji, poruszając się zawsze równolegle do jej osi podłużnej. Nie dopuszcza się przymowania kruszywa na zasypkę w bezpośredniej bliskości konstrukcji oraz rozładowywania pojazdów z kruszywem bezpośrednio na konstrukcję.

Szczególną ostrożność należy zachować w przypadku zagęszczania gruntu na końcach konstrukcji. Końce konstrukcji pracują jak wspornikowe ściany oporowe i istnieje niebezpieczeństwo, że nie przeniosą parcia gruntu wywołanego pracą ciężkiego sprzętu zagęszczającego grunt. W związku z tym na końcach konstrukcji należy stosować lekkie sprzęt zagęszczający oraz dopuszcza się obniżenie wskaźnika zagęszczenia gruntu do $I_s \geq 0,95$.

Z3-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Z3-5.1. WYMAGANIA DOTYCZĄCE ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Elementom stawiane są następujące podstawowe wymagania: w układzie podłużnym powinny cechować się powtarzalnością wymiarową umożliwiającą ich łatwe połączenie.

Z3-5.2. IZOLACJA

W celu zabezpieczenia konstrukcji stalowej z blach falistych przed mogącą przedostawać się do jej wnętrza wodą opadową należy ponad jej kluczem na zasypkę o grubości około 10 cm ułożyć ekran ze spadkiem 5% od osi podłużnej obiektu z dwóch warstw geowłókniny o CBR ≥ 5 kN, w środku z geomembraną z HDPE o grubości min 1,0 mm odcinającą dopływ wody. Materiał geomembrany powinien być nie tylko hydroizolacją, ale również powinien być odporny na ewentualne niekontrolowane przebicie podczas zagęszczania zasyпки nad konstrukcją i podczas transportu technologicznego. Zaprojektowany ekran należy ułożyć luźno tak, aby podczas zasyпки i zagęszczania kolejnych warstw nie doszło do uszkodzenia. Poszczególne pasy geomembrany należy połączyć ze sobą za pomocą spawania. Zaprojektowany ekran powinien wychodzić poza skrajną krawędź konstrukcji na odległość równą min $B/2$, gdzie B to rozpiętość pozioma konstrukcji (mierzona w najszerszym jej miejscu). Można również wykonać ekran z maty bentonitowej ułożonej w analogicznym zakresie lub zabezpieczyć wszystkie połączenia śrubowe przez nałożenie nań kapturków z tworzywa sztucznego wypełnionych masą trwale elastyczną wraz z dodatkowym uszczelnieniem styków arkuszy blach tą samą masą.

W przypadku ekranów ochronnych należy również zabezpieczyć części wlotowe znajdujące się pod nachyloną skarpą nasypu ziemnego.

Z3-5.3. TECHNOLOGIA BUDOWY

Dla obiektów przedstawionych w katalogu technologia budowy polega na ułożeniu elementów na wcześniej przygotowanym podłożu lub podporach. Montaż wykonuje się z użyciem żurawia, za pomocą którego poszczególne elementy są układane w określonych lokalizacjach, a następnie łączone ze sobą łącznikami śrubowymi. Następnym krokiem jest wykonanie zasyпки inżynierskiej oraz elementów zapobiegających przeciekaniu wód opadowych.

Z3-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW

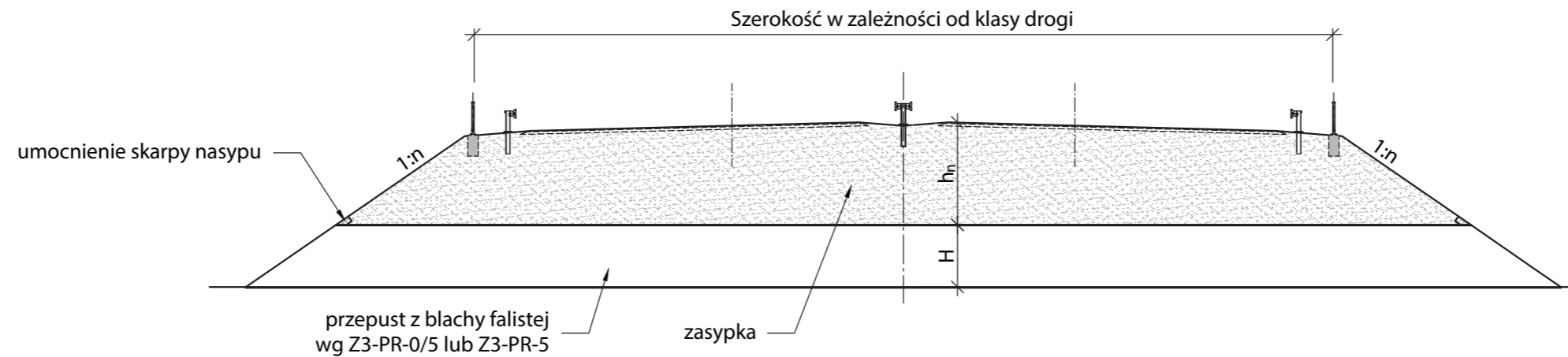
Na podstawie przeprowadzonych analiz statyczno-wytrzymałościowych otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych - stali konstrukcyjnej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe przedstawiono, podając zużycie stali o określonej korugacji w przeliczeniu na m^2 .

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

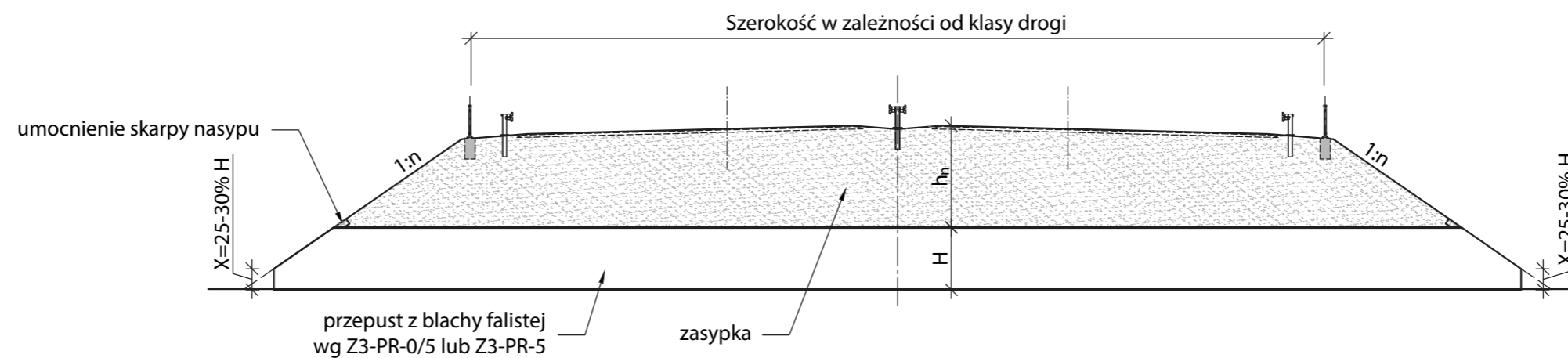
Z3-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Z3-PR-P	Typowy przekrój podłużny przepustu z blachy falistej
Z3-PR-PP	Typowy przekrój poprzeczny przepustu z blachy falistej
Z3-PR-0/5	Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju zamkniętym o rozpiętości do 5 m
Z3-PR-5	Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju zamkniętym o rozpiętości powyżej 5 m
Z3-A/S	Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy A i S
Z3-G/GP/Z	Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy G/GP/Z
Z3-L/D	Typowy przekrój podłużny obiektu z blachy falistej w ciągu drogi klasy L/D
Z3-V/SC	Typowe konstrukcje z blachy falistej o przekroju otwartym
Z3-SC-B	Typowe konstrukcje z blachy falistej o ustroju ramowym

Przekrój podłużny przepustu z blachy falistej Wariant I



Przekrój podłużny przepustu z blachy falistej Wariant II

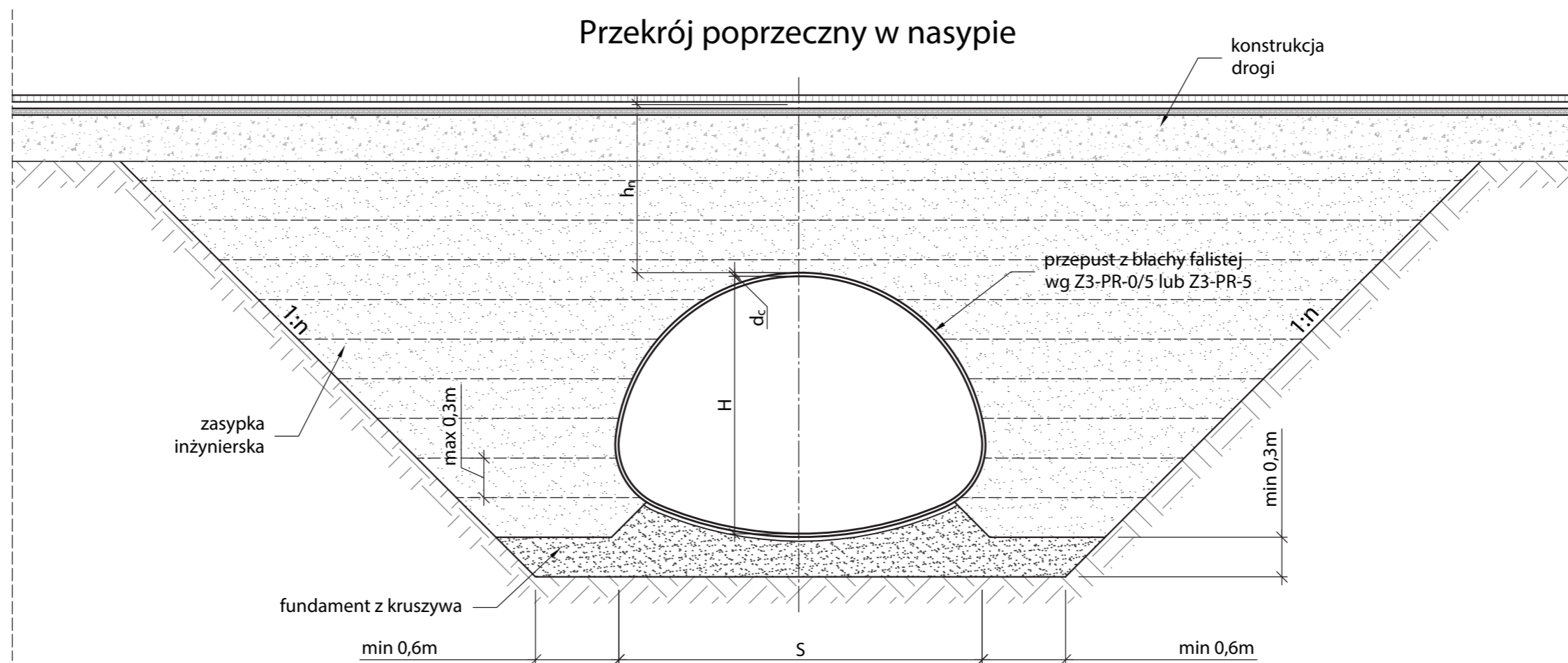


TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY PRZEPUSTU Z BLACHY FALISTEJ

Z3-PR-P

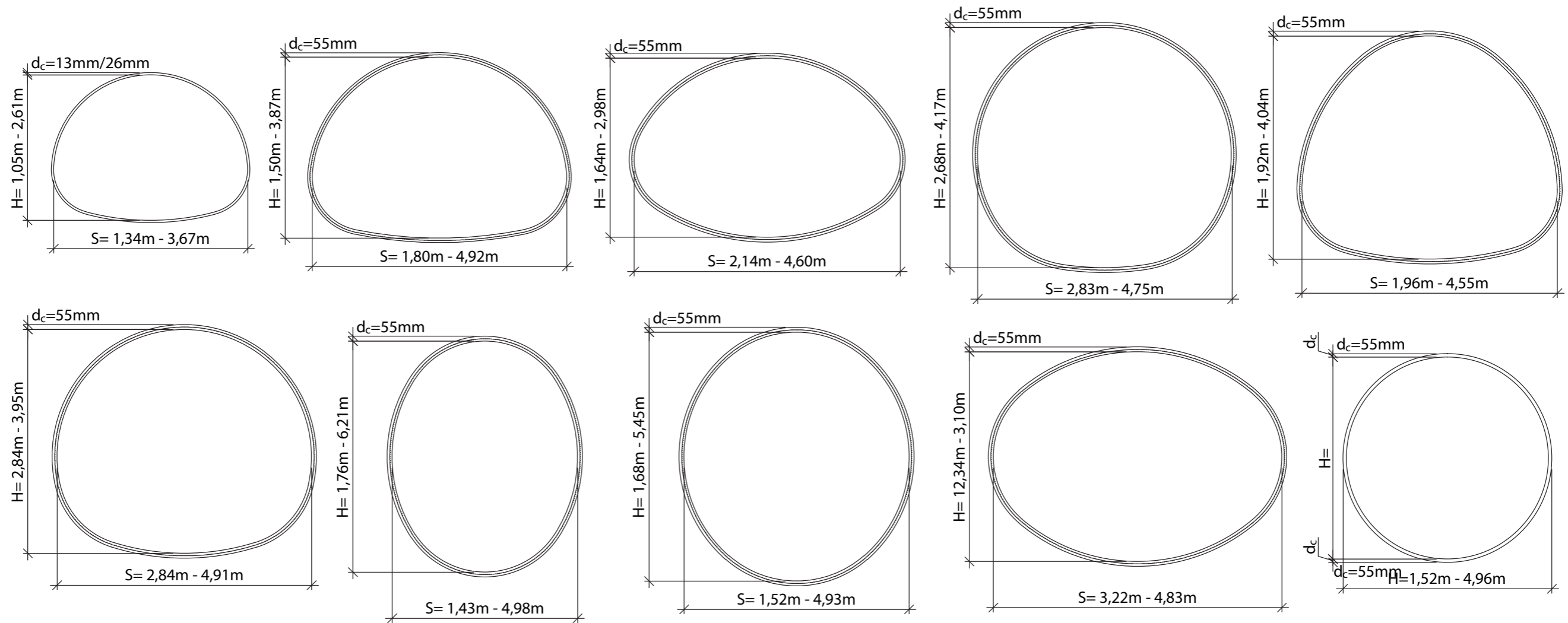
Przepust o przekroju zamkniętym - schemat

Przekrój poprzeczny w nasypie

**Z3-PR-PP**

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY PRZEPUSTU Z BLACHY FALISTEJ

Przepust łukowo-kołowy z blachy falistej Przekrój poprzeczny



Wymiary elementów - typy V		
Rozpiętość	Wysokość korugacji	Grubość blachy
S [m]	dc [mm]	t [mm]
1.50-3.99	55	3.0
4.06-4.96		3.5

Wymiary elementów - typ HCPA		
Rozpiętość	Wysokość korugacji	Grubość blachy
S [m]	dc [mm]	t [mm]
0.60-1.30	13	2.0
1.40-1.49		2.5
1.50-1.70		2.5
1.80-2.40	26	3.0
2.50-3.60		3.5

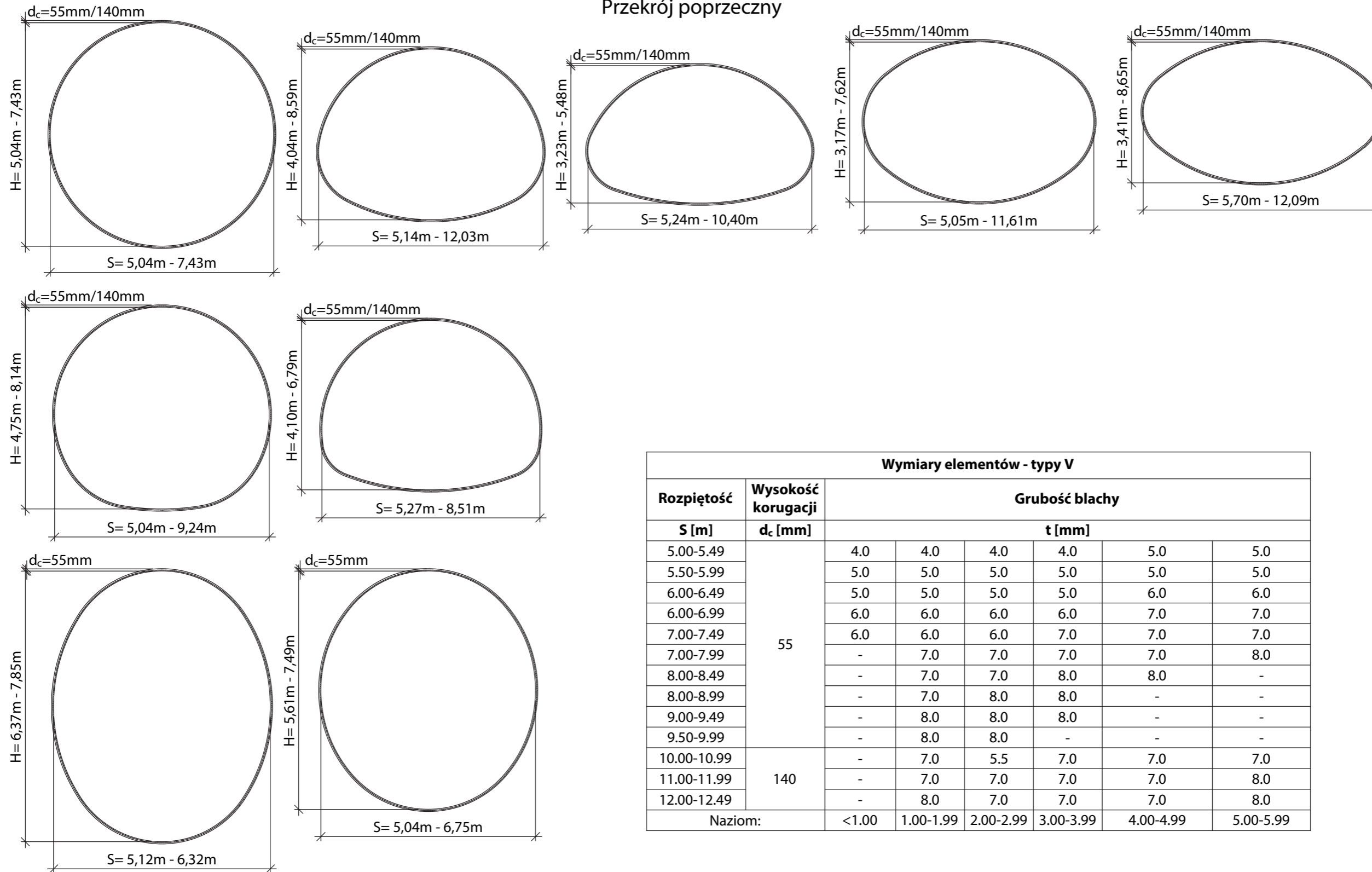
Zużycie materiałów			
Wysokość korugacji	Grubość blachy	Pole przekroju	Ciężar
dc [mm]	t [mm]	[m ²]	[kg/m ²]
13	2.0	2.16	17.8
	2.5	2.70	22.3
26	2.5	2.77	22.8
	3.0	3.32	27.4
	3.5	3.88	32.0

TYPOWE KONSTRUKCJE Z BLACHY FALISTEJ O PRZEKROJU ZAMKNIĘTYM O ROZPIĘTOŚCI DO 5M

Z3-PR-0/5

Przepust łukowo-kołowy z blachy falistej

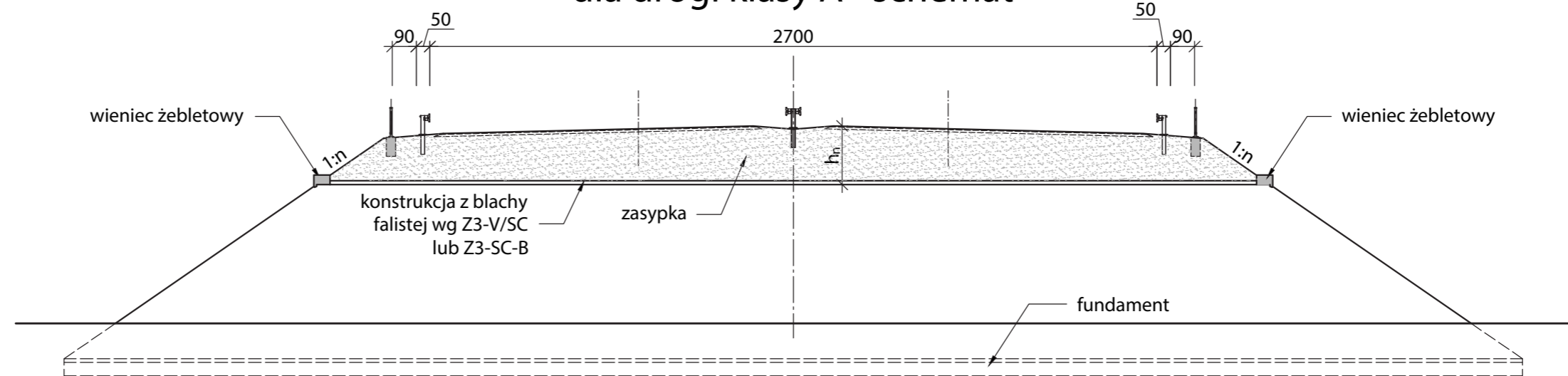
Przekrój poprzeczny



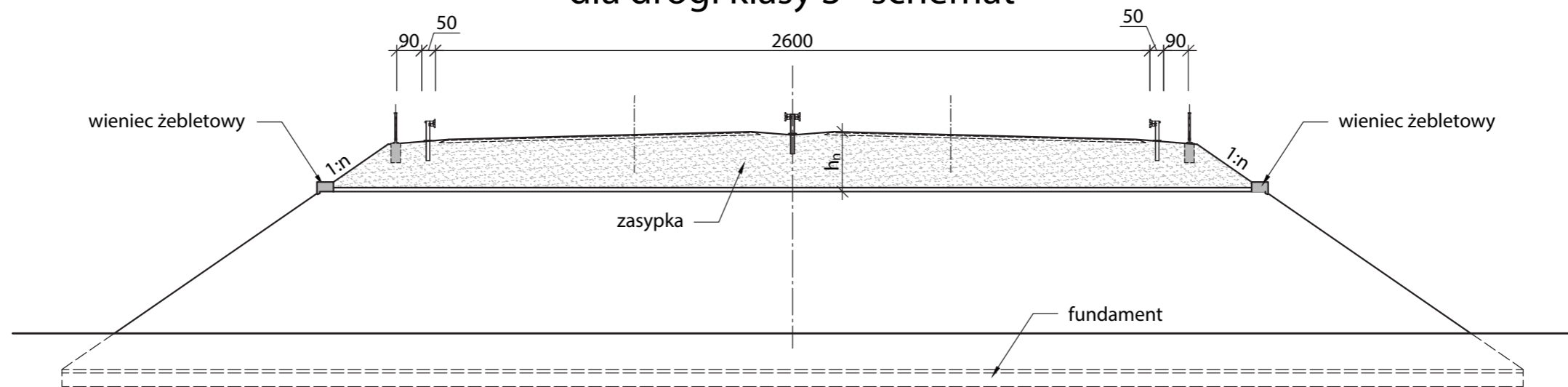
Wymiary elementów - typy V									
Rozpiętość	Wysokość korugacji	Grubość blachy							
		S [m]	d _c [mm]	t [mm]					
5.00-5.49	55			4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0
5.50-5.99				5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
6.00-6.49				5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0
6.00-6.99				6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0
7.00-7.49				6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0
7.00-7.99				-	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0
8.00-8.49				-	7.0	7.0	8.0	8.0	-
8.00-8.99				-	7.0	8.0	8.0	-	-
9.00-9.49				-	8.0	8.0	8.0	-	-
9.50-9.99				-	8.0	8.0	-	-	-
10.00-10.99	140			-	7.0	5.5	7.0	7.0	7.0
11.00-11.99				-	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0
12.00-12.49				-	8.0	7.0	7.0	7.0	8.0
Naziom:				<1.00	1.00-1.99	2.00-2.99	3.00-3.99	4.00-4.99	5.00-5.99

Z3-PR-5 TYPOWE KONSTRUKCJE Z BLACHY FALISTEJ O PRZEKROJU ZAMKNIĘTYM O ROZPIĘTOŚCI POWYŻEJ 5M

Przekrój poprzeczny dla drogi klasy A - schemat

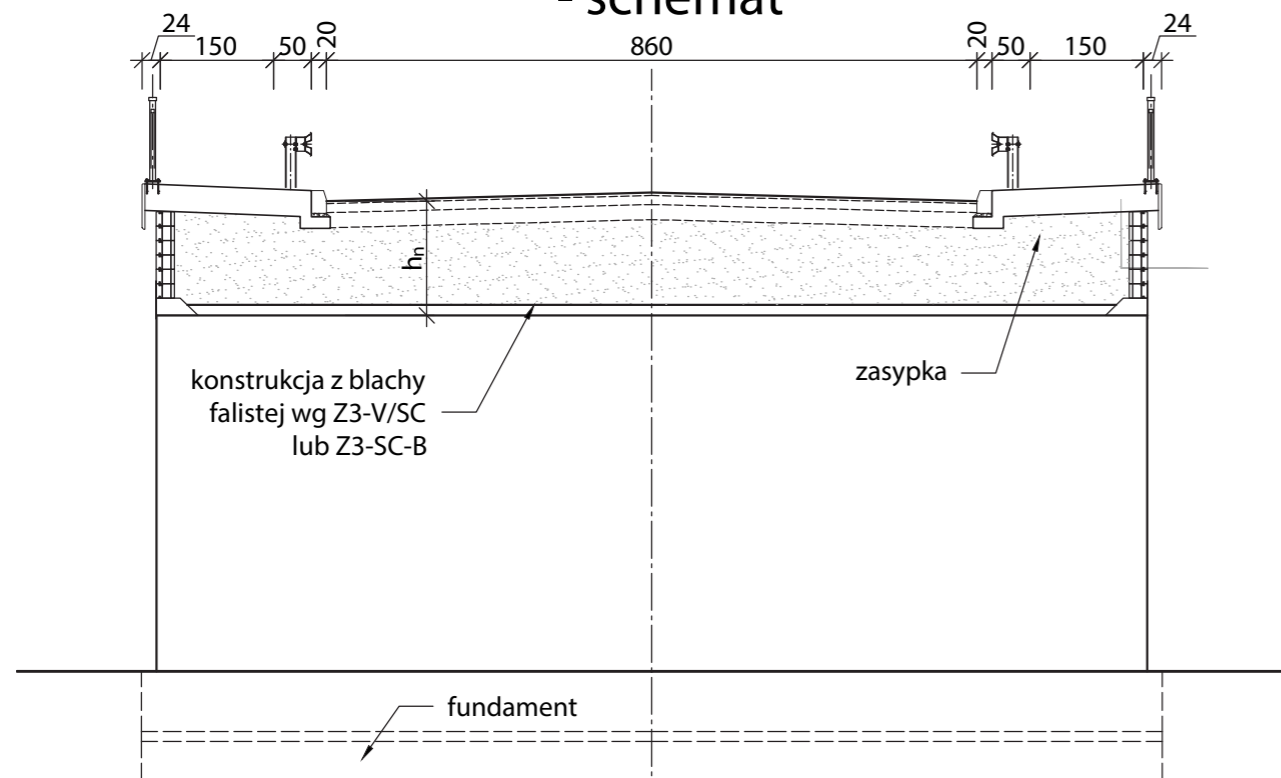


Przekrój poprzeczny dla drogi klasy S - schemat

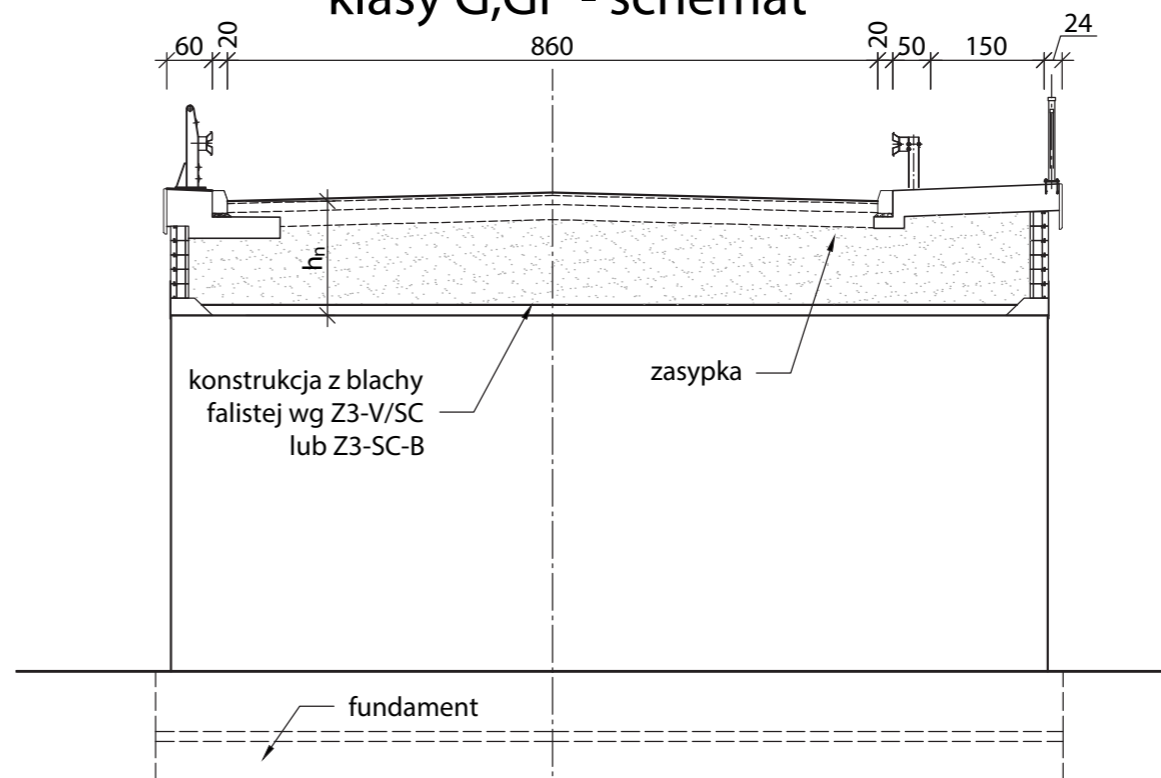


TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU Z BLACHY FALISTEJ W CIĄGU DROGI KLASY A i S **Z3-A/S**

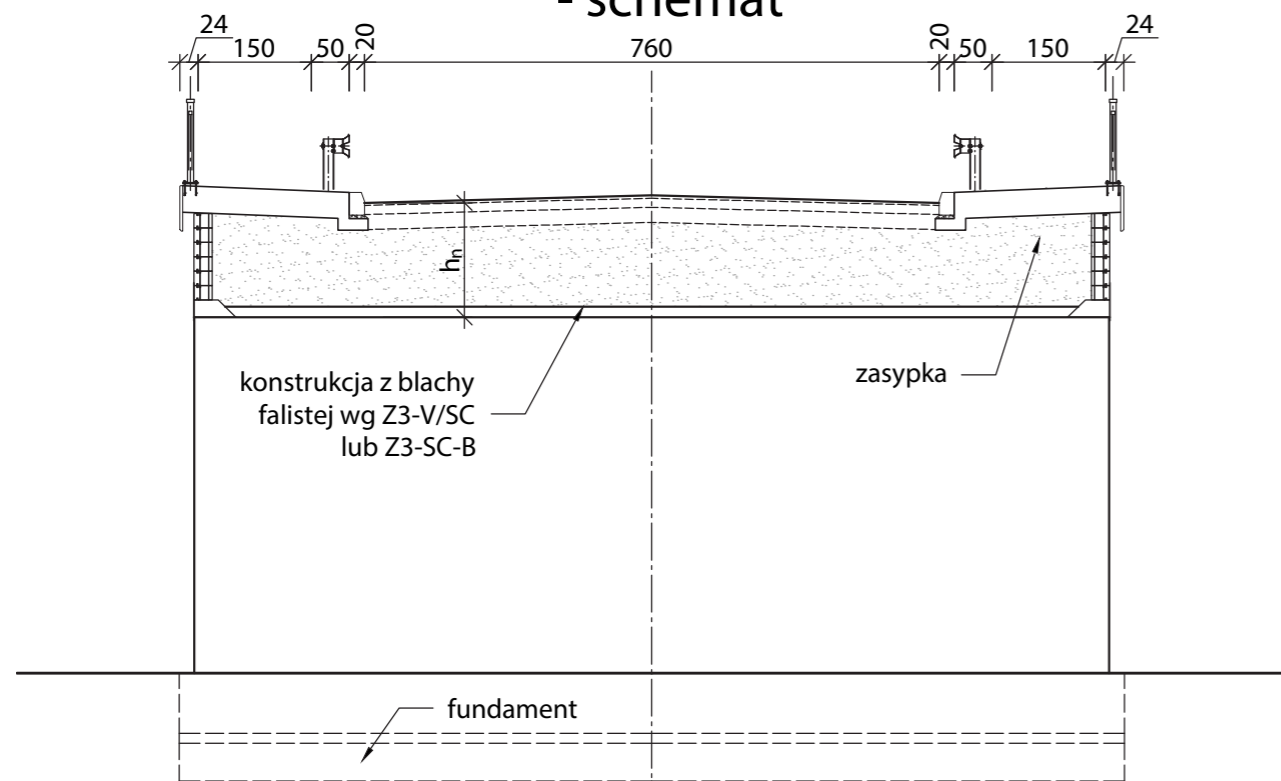
Przekrój poprzeczny dla drogi klasy G,GP
- schemat



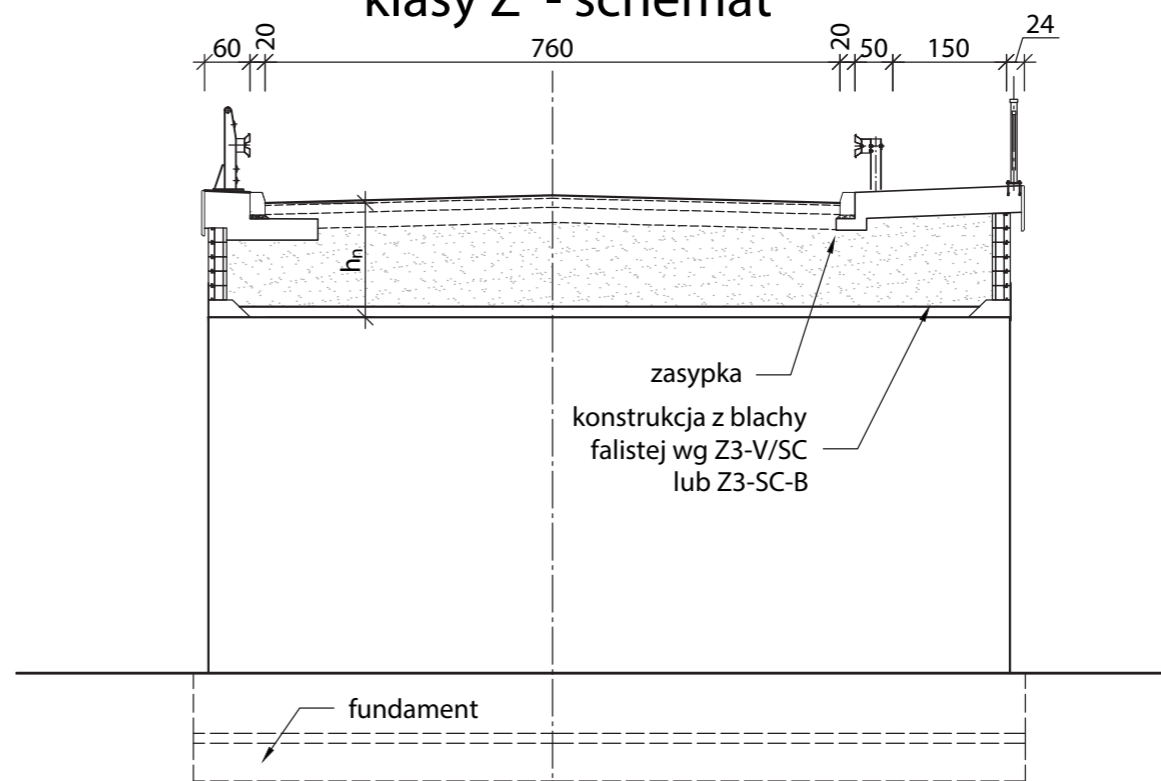
Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi
klasy G,GP - schemat



Przekrój poprzeczny dla drogi klasy Z
- schemat

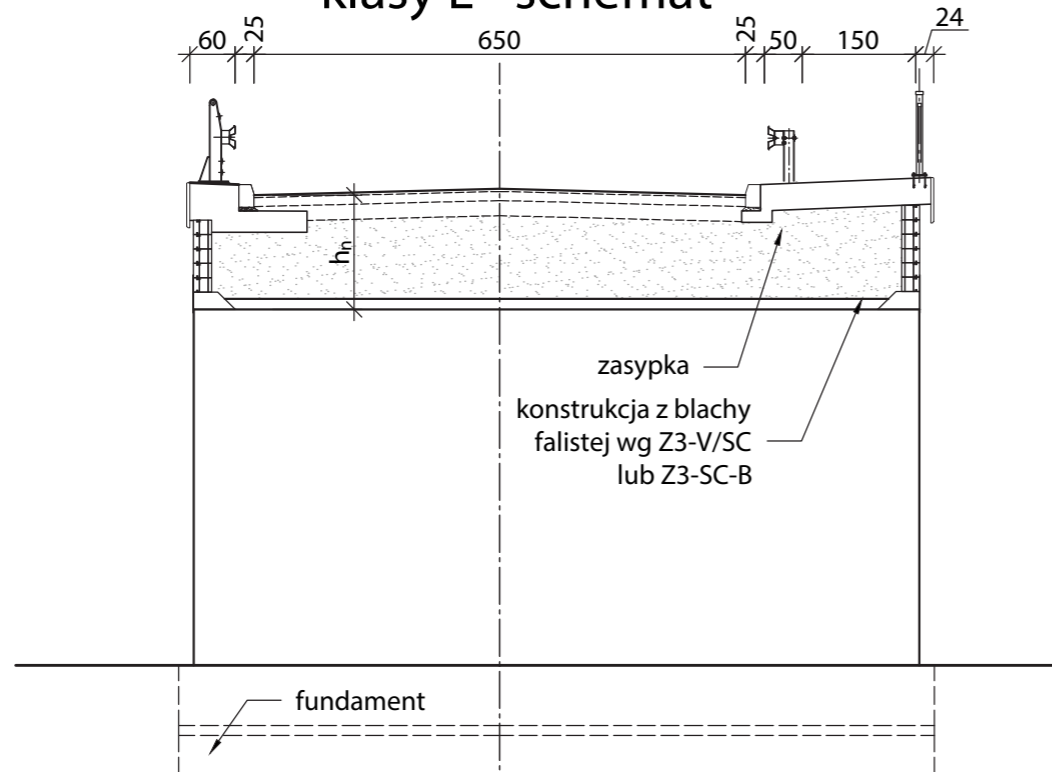


Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi
klasy Z - schemat

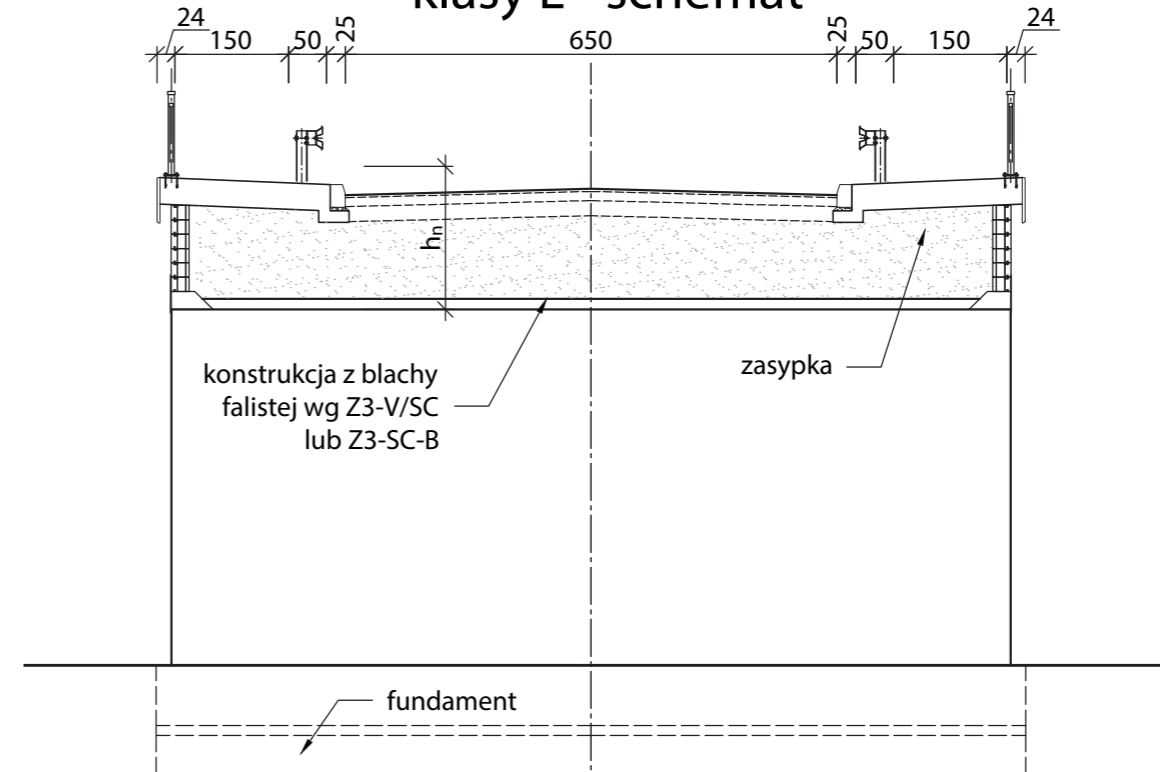


Z3-GP/G/Z TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU Z BLACHY FALISTEJ W CIĄGU DROGI KLASY G/GP/Z

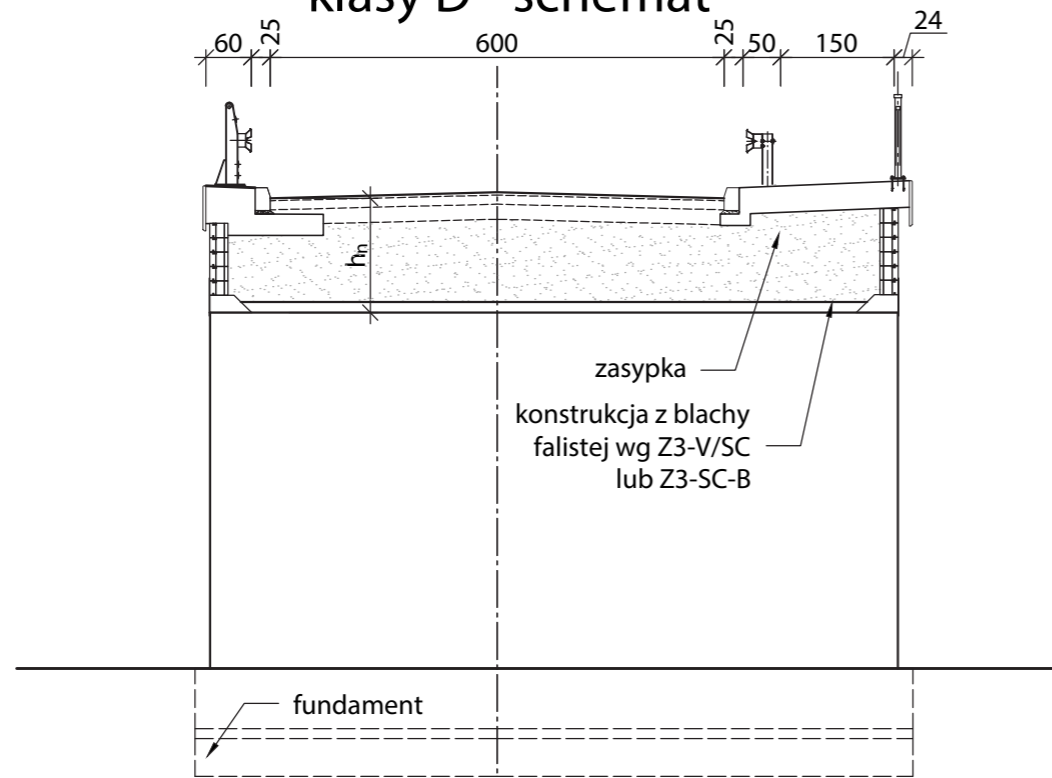
Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy L - schemat



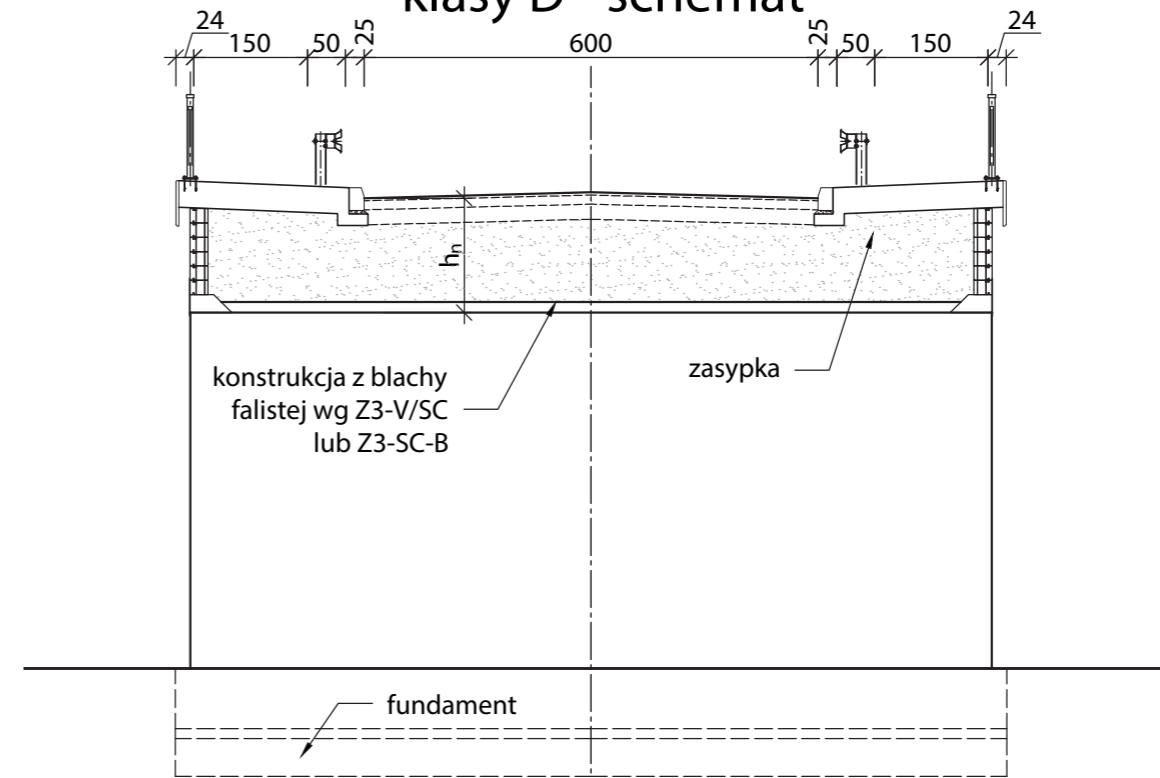
Przekrój poprzeczny dla drogi klasy L - schemat



Asymetryczny przekrój poprzeczny dla drogi klasy D - schemat

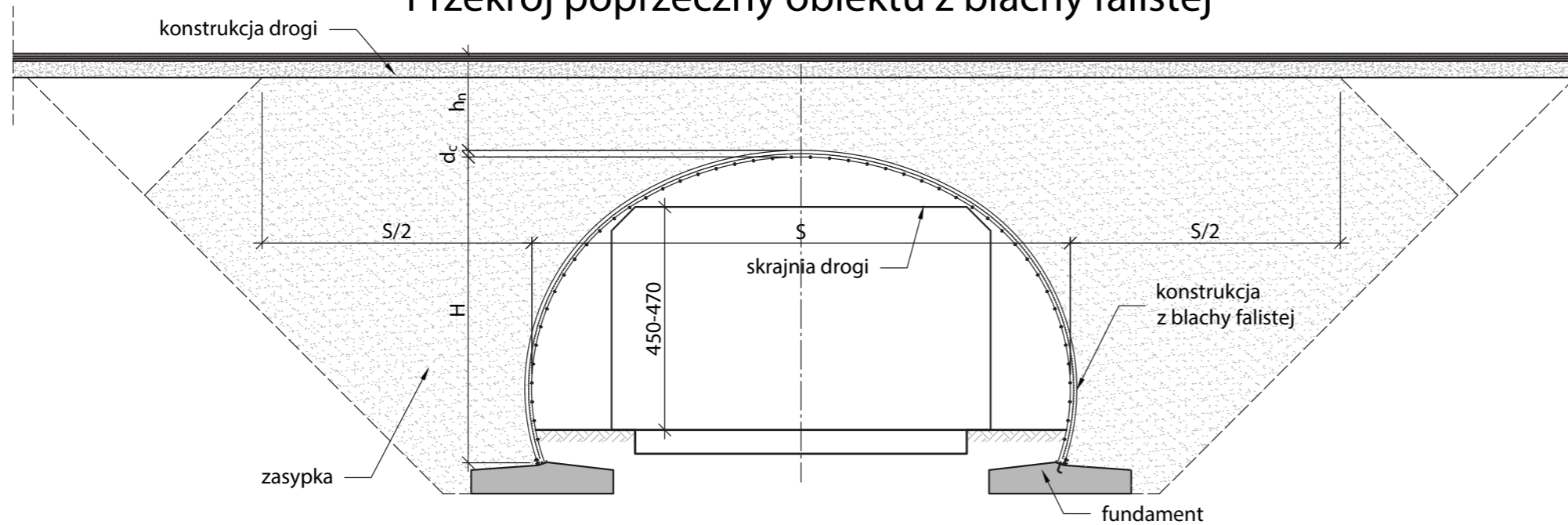


Przekrój poprzeczny dla drogi klasy D - schemat



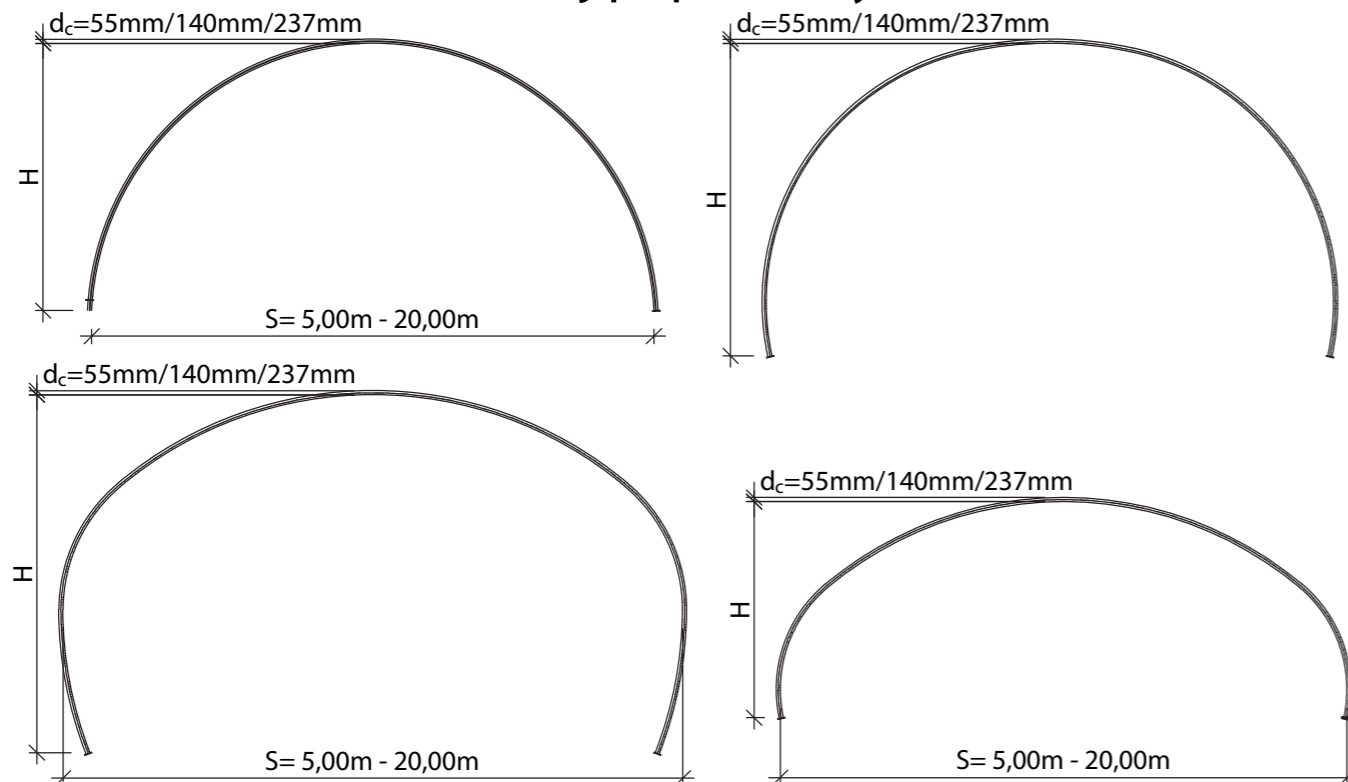
TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU Z BLACHY FALISTEJ W CIĄGU DROGI KLASY L/D **Z3-L/D**

Przekrój poprzeczny obiektu z blachy falistej



Zużycie materiałów			
Wysokość korugacji	Grubość blachy	Pole przekroju	Ciężar
d_c [mm]	t [mm]	[m ²]	[kg/m ²]
55	5.0	5.93	48.9
	6.0	7.11	58.6
	7.0	8.29	68.3
	8.0	9.37	77.2
140	7.0	8.87	73.1
	8.0	10.62	87.5
237	6.0	8.66	71.4
	7.0	10.11	83.3
	8.0	11.56	95.3
	9.0	13.01	107.2
	10.0	14.46	119.2
	11.0	15.91	131.2
	12.0	17.37	143.1

Obiekt z blachy falistej Przekrój poprzeczny

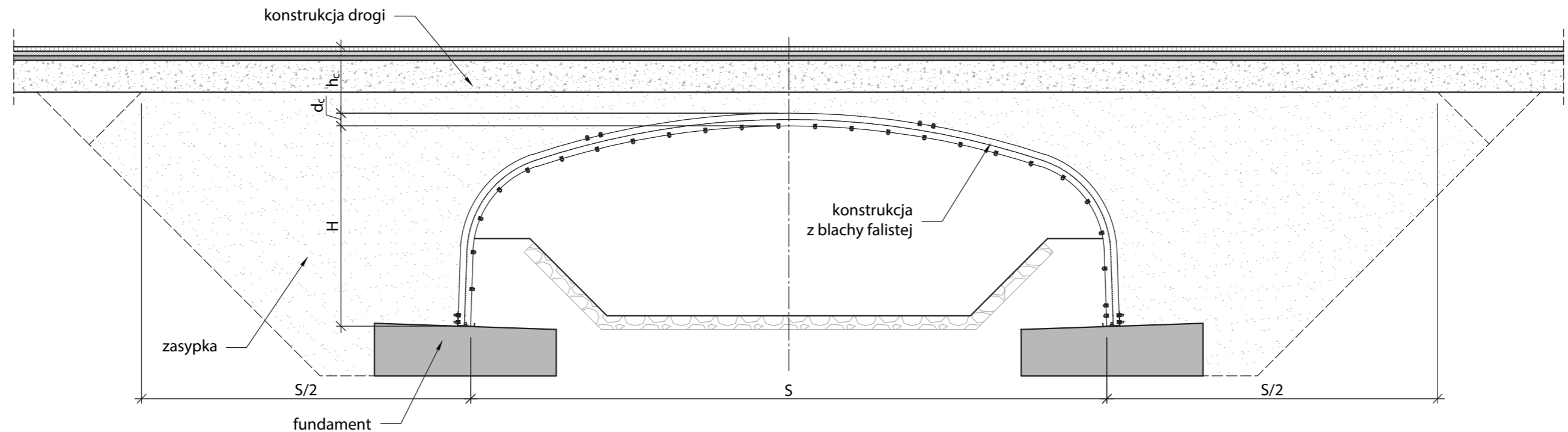


Wymiary elementów								
Rozpiętość	Wysokość korugacji	Grubość blachy						
		S [m]	d_c [mm]	t [mm]				
5.00-5.99	55	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0
6.00-6.99		-	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	8.0
7.00-7.99		-	6.0	7.0	8.0	8.0	-	-
8.00-8.50		-	7.0	8.0	-	-	-	-
8.00-8.99	140	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
9.00-9.99		-	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0
10.00-10.9		-	7.0	7.0	8.0	8.0	-	-
11.00-11.99		-	8.0	8.0	-	-	-	-
12.00-12.99	237	-	8.0	-	-	-	-	-
13.00-13.99		-	6.0	6.0	7.0	7.0	8.0	8.0
14.00-14.99		-	6.0	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0
15.00-15.99		-	6.0	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0
16.00-16.99		-	-	10.0	11.0	12.0	12.0	-
17.00-17.99		-	-	10.0	11.0	12.0	-	-
18.00-18.99		-	-	11.0	12.0	-	-	-
19.00-20.00		-	-	12.0	-	-	-	-
Naziom:		<1.00	1.00-1.49	1.50-1.99	2.00-2.49	2.50-2.99	3.00-3.49	3.50-3.99

Z3-V/SC

TYPOWE KONSTRUKCJE Z BLACHY FALISTEJ O PRZEKROJU OTWARTYM

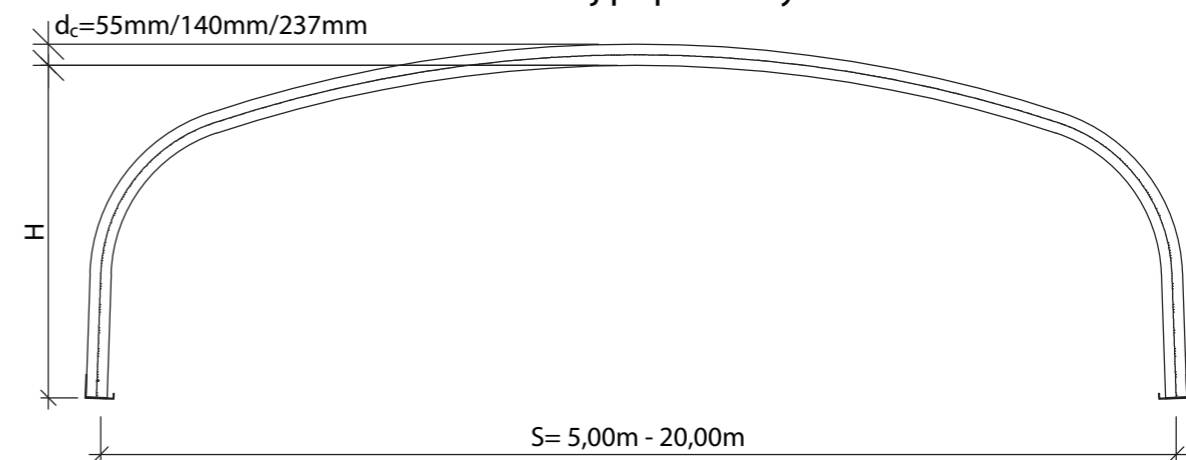
Przekrój poprzeczny obiektu z blachy falistej



Zużycie materiałów			
Wysokość korugacji	Grubość blachy	Pole przekroju	Ciężar
d_c [mm]	t [mm]	[m ²]	[kg/m ²]
140	7.0	8.87	73.1
	8.0	10.62	87.5

Wymiary elementów			
Rozpiętość	Wysokość korugacji	Grubość blachy	
S [m]	d_c [mm]	t [mm]	
5.00-5.99	140	7.0	7.0
6.00-6.99		8	8.0
7.00-7.99		-	8.0
Naziom:		<1.00	1.00-1.49

Obiekt z blachy falistej Przekrój poprzeczny

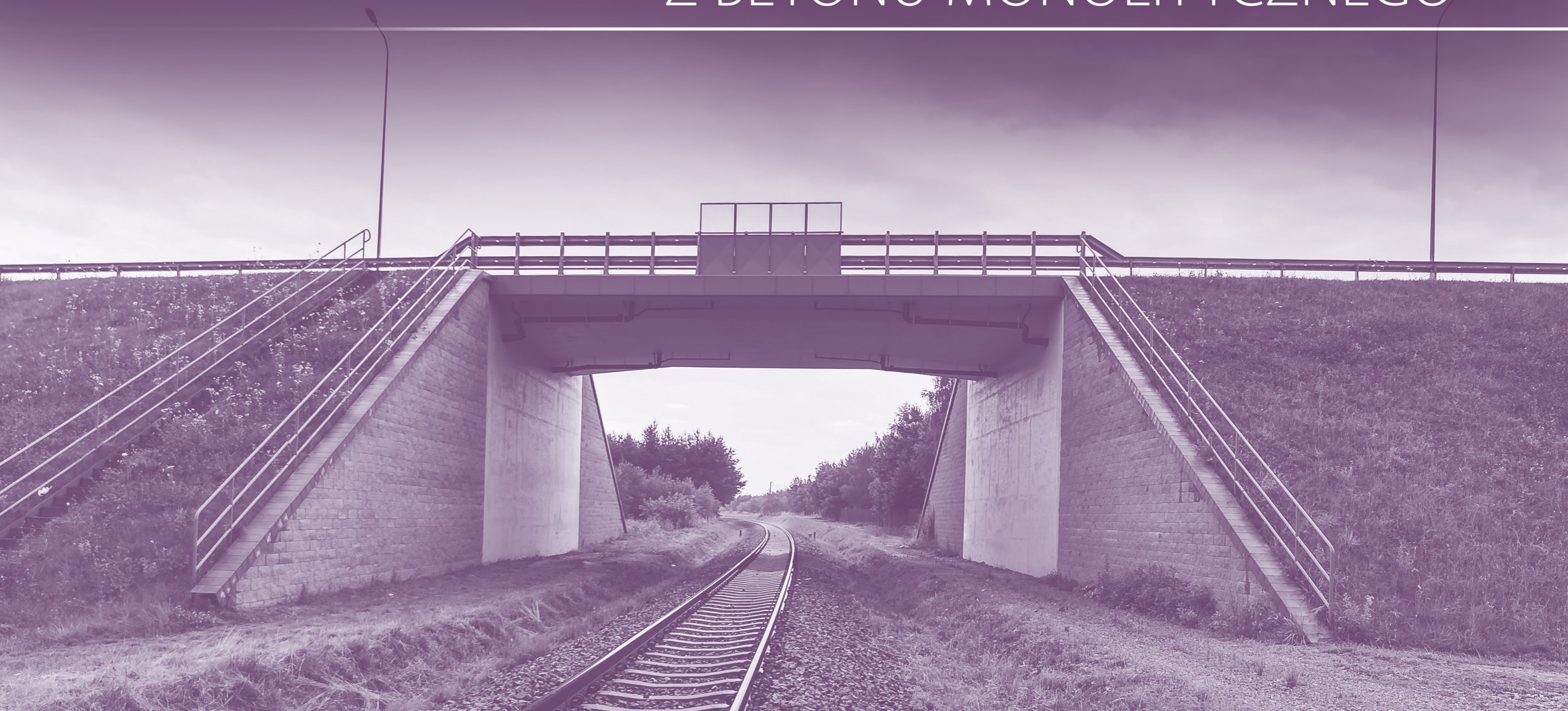


TYPOWE KONSTRUKCJE Z BLACHY FALISTEJ O USTROJU RAMOWYM **Z3-SC-B**



Zeszyt Z4

OBIEKTY RAMOWNICOWE Z BETONU MONOLITYCZNEGO





Z4 Obiekty ramownicowe z betonu monolitycznego

Z4-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe obiekty mostowe jedno- i dwuprzęsłowe o konstrukcji ramowej z betonu monolitycznego.

Z4-2. OPIS TECHNICZNY

Z4-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Obiekty będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami wodnymi i lądowymi o szerokości od 5 do 20 m oraz wysokości do 8,2 m. Zestawienie klas dróg oraz przyjętych szerokości użytkowych na obiekcie przedstawiono w Tab. Z4-1. Obciążenie obiektów mostowych przyjęto zgodnie z [7] (Tab. Z4-2).

Tab. Z4-1. Szerokości użytkowe na obiektach

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			Uwagi
	Jezdnia	Pas awaryjny	Chodniki	
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Tab. Z4-2. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi

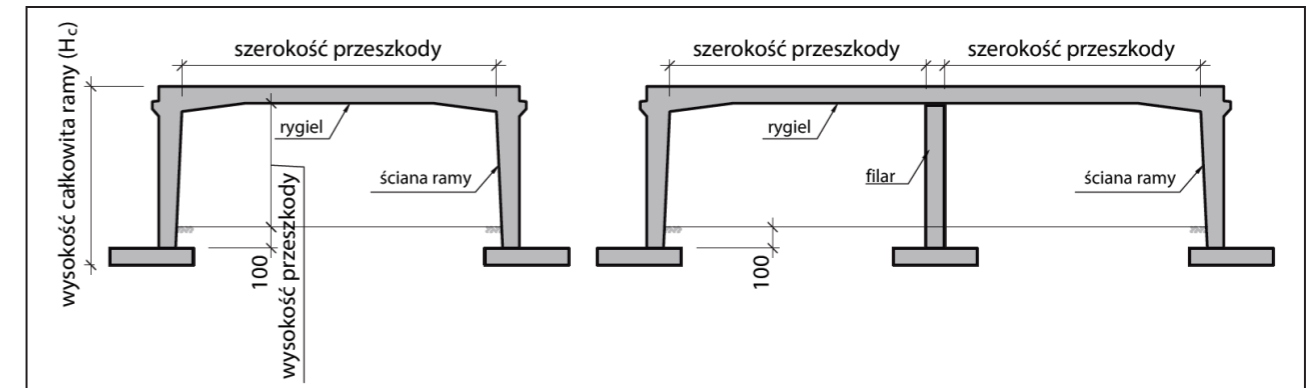
Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Klasa II

Obiekty mostowe zostały dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym LM3 według Załącznika A do [7].

Z wyjątkiem przyjętych obciążeń wszystkie pozostałe parametry techniczne obiektu oraz wyposażenia powinny być zgodne z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Z4-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania obiektów mostowych o schemacie statycznym ramownicy jedno- i dwuprzęsłowej. Są to żelbetowe konstrukcje płytowe wykonywane bezpośrednio na placu budowy.



Rys. Z4-1. Schemat ramownicowy jedno- i dwuprzęsłowej

Z4-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych w miejscu planowanego zamierzenia budowlanego. W przypadku stwierdzenia na efektywnej głębokości podłoża takich samych bądź lepszych parametrów gruntowych od przedstawionych w punkcie Z4-3.5 można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z4-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Zalecane elementy wyposażenia:

- izolacja płyty pomostu - bitumiczna o gr. 0,5–1 cm,
- warstwa ochronna + ściernalna – bitumiczna o grubości całkowitej około 10 cm zgodnie z wymaganiami [22] dla zakładanej klasy obciążenia ruchem,
- krawężniki kamienne 20 x 20 cm,
- kapy o grubości około 23 cm pokryte nawierzchnią epoksydowo-poliuretanową o grubości min. 3 mm ograniczone polimerobetonowymi deskami gzymsowymi grubości min. 4 cm,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody w zależności od długości obiektu i spadków podłużnych,
- bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczeblinkowe,
- osłony przeciwporażeń nad liniami kolejowymi.

Z4-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z4-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z4-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z4-3.

Tab. Z4-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg [7]					
	α_{Q1}	$\alpha_{Q_i, i \geq 2}$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{q_i, i \geq 2}$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z4-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9]. Podpory, rygle oraz ławy ram zostały zaprojektowane z betonu klasy C30/37 zbrojonego prętami ze stali o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [8]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji elementów konstrukcji ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z4-4.

Tab. Z4-4. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Przyjęta klasa wytrzymałości betonu
Przęsło	XC4, XD1, XF2	C30/37
Podpory	XC4, XD1, XF2	C30/37
Ławy fundamentowe	XC2, XA1	C30/37

Do wymiarowania elementów ramy przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla tych klas ekspozycji wynoszącą:

- dla przęsła $c_{min} = 30$ mm,
- dla korpusu przyczółka $c_{min} = 50$ mm,
- dla ławy fundamentowej $c_{min} = 70$ mm.

Z4-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

- obciążenia stałe
 - ciężar własny konstrukcji,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - ciężar gruntu na odsadzkach,
 - parcie i odpór gruntu,
 - nierównomierne osiadania podpór.
- obciążenia zmienne
 - parcie od obciążenia ruchomego na naziemiu,
 - pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1,
 - siły od hamowania i przyspieszania na przęśle,
 - obciążenie tłumem na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu),
 - uderzenie pojazdu w przęsło,
 - obciążenie pojazdem specjalnym LM3.

Tab. Z4-5. Wartości obciążeń stałych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie		Wartość	Jedn.	Uwagi
1.	Ciężar własny betonu		25	kN/m ³	-
2.	Wyposażenie	Nawierzchnia	23	kN/m ³	Przyjęto grubość nominalną nawierzchni równą 9 cm, przy czym w obliczeniach uwzględniono przewidywane zmiany grubości nawierzchni o +40% i -20% zgodnie z zaleceniami normy [5].
		Izolacja	14	kN/m ³	

	Kapa chodnikowa	25	kN/m ³	Grubość kap chodnikowych 23 cm.
	Deska gzymsowa	0,6	kN/m	Obciążenie dla deski o wysokości 60 cm i grubości 4 cm.
	Bariera ochronna	1,0	kN/m	-
	Balustrada	0,5	kN/m	-
3.	Ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu	18,5	kN/m ³	Przyjęto wysokość gruntu na odsadźce od strony przeszkody równą 1 m.
4.	Parcie spoczynkowe gruntu zasypki za ścianą ramy	$\sigma_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z$ $z = (0..H_c)$	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Wartość maksymalna obciążenia zależna od całkowitej wysokości ramy H_c .
5.	Parcie spoczynkowe gruntu od strony przeszkody	$\sigma_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z$ $z = (0..1m)$	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Przyjęto wysokość gruntu na odsadźce od strony przeszkody równą 1 m.
6.	Nierównomierne osiadanie podpór	10	mm	-

Tab. Z4-6. Wartości obciążeń zmiennych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jedn.	Uwagi	
1.	Parcie spoczynkowe od obciążenie ruchomego na naziemiu	$\sigma_Q = 25,8$ (A, S) $\sigma_q = 2,8$ (A, S) $\sigma_Q = 32,3$ (G, GP) $\sigma_q = 3,2$ (G, GP) $\sigma_Q = 32,3$ (Z, L, D) $\sigma_q = 2,4$ (Z, L, D)	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Wartość parcia zależna od klasy obciążenia na obiekcie i ilości pasów umownych (w nawiasie podano klasy dróg). σ_Q - uśrednione parcie od tandemu TS, σ_q - uśrednione parcie od obciążenia UDL.	
2.	Pionowe obciążenie ruchome na przęśle-model LM1	TS	pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$; pas nr 2: $\alpha_{Q3}Q_{2k} = 200$; pas nr 3: $\alpha_{Q3}Q_{3k} = 100$;	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS.
		UDL	pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = \alpha_{q1} \cdot 9$ pas nr 2: $\alpha_{q2}q_{2k} = \alpha_{q2} \cdot 2,5$ pas nr 3: $\alpha_{q3}q_{3k} = \alpha_{q3} \cdot 2,5$ obszar pozostały: $\alpha_{qr} q_{rk} = \alpha_{q1} \cdot 2,5$	kN/m ²	Obciążenie równomiernie rozłożone, wartość zależna od klasy obciążenia.
3.	Hamowanie i przyspieszanie na przęśle	TS	$Q_{lkQ} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k})$ $= 360$	kN	Hamowanie TS przyłożone do pasa nr 1.
		UDL	$Q_{lkq} = 0,1\alpha_{q1}q_{1k}$ $Q_{lkq} = 1,2$ (A, S, G, GP) $Q_{lkq} = 0,9$ (Z, L, D)	kN/m ²	Hamowanie od obciążenia UDL przyłożone do pasa nr 1 na całej długości przęsła L , wartość zależna od klasy obciążenia (w nawiasie podano klasy dróg).
4.	Obciążenie tłumem	3,0	kN/m ²	Wartość kombinacyjna obciążenia tłumem na chodniku	
5.	Temperatura	$\Delta T_{N,exp}$	33	°C	Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za wydłużenie rygla.
		$\Delta T_{N,con}$	-29		Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za skrócenie rygla.
		$\Delta T_{M,heat}$	$15 \cdot k_{sur}$ $k_{sur} = 0,7$		Powierzchnia górna rygla cieplejsza niż dolna.
		$\Delta T_{M,cool}$	$8 \cdot k_{sur}$ $k_{sur} = 1,0$		Powierzchnia dolna rygla cieplejsza niż górna.
6.	Uderzenie pojazdu w rygiel ramy	500	kN	Autostrady, drogi krajowe i główne.	

Wartości parcia spoczynkowego gruntu na ścianę ramy wyznaczono, przyjmując założenia podane w Tab. Z4-7. Współczynnik parcia spoczynkowego obliczono zgodnie z [13].

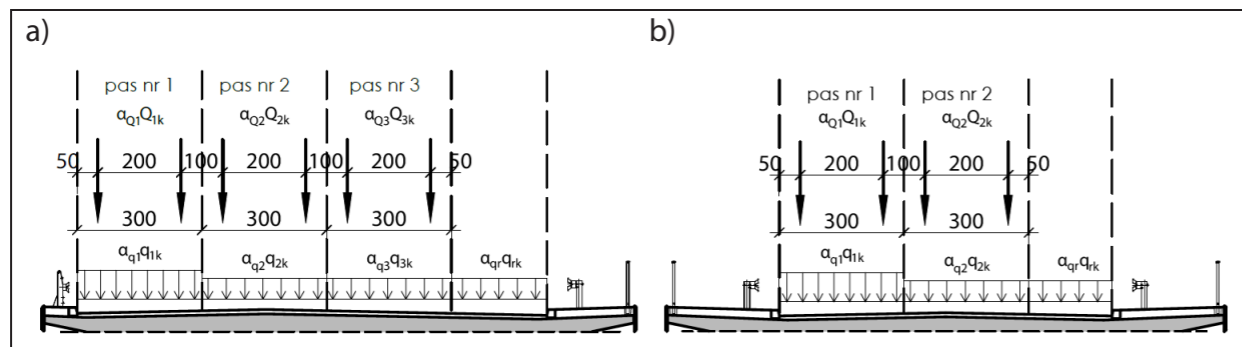
Tab. Z4-7. Parametry gruntu zasypowego ściany ramy przyjęte w obliczeniach parcia

Materiał zasypowy ściany ramy	Piasek silnie zagęszczony
Kąt tarcia wewnętrznego zasypki ściany ramy	$\varphi_n = 32^\circ$
Spójność gruntu zasypowego	$c_u = 0$
Ciężar gruntu zasypowego	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Parcie gruntu od obciążeń ruchomych obliczono, przyjmując obciążenie pionowe naziomu jako obciążenie modelem LM1. Obciążenie od układu TS rozłożono na powierzchni 2,2 x 3,0 m. Parcie od obciążenia pojazdem TS przyłożono na szerokości równej sumie szerokości pasów umownych na pomoście, natomiast parcie od obciążenia UDL przyłożono na szerokości równej szerokości jezdni na pomoście.

Zasięg głębokości parcia gruntu od tandemu TS wyznaczono, przyjmując wartość kąta rozkładu obciążeń przez zasypkę równy 30° w stosunku do pionu (według [7]). W rozkładzie obciążeń ruchomych naziomu pominięto wpływ płyty przejściowej.

Liczba pasów umownych na obiekcie zależy od szerokości jezdni (klasy drogi).



Rys. Z4-2. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1: a) na jezdniach dróg klasy A, S, b) na jezdniach dróg klasy G, GP, Z, L, D

Obciążenie równomiernie rozłożone UDL ustawiono tylko w najbardziej niekorzystnym położeniu.

W modelu obliczeniowym zostały uwzględnione przypadki położenia pasa umownego nr 1 z prawej lub z lewej strony jezdni. Hamowanie/przyspieszanie pojazdów przyjęto zgodnie z [7].

Wartości charakterystyczne minimalnej (T_{min}) i maksymalnej (T_{max}) temperatury powietrza w cieniu określono na podstawie krajowych map izotermicznych dla kilku wybranych lokalizacji. Do obliczeń przyjęto wyniki dla lokalizacji dającej największe wartości zmian składowej równomiernej temperatury mostu. Wartości składowej liniowej różnicy temperatury ($\Delta T_{M,heat}$ i $\Delta T_{M,cool}$) zredukowano przez współczynnik k_{sur} ze względu na grubość nawierzchni równą 10 cm.

Z4-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych przy założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcję ramy ze względu na wytrzymałość materiałową (STR) oraz nośność posadowienia (GEO). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowych.

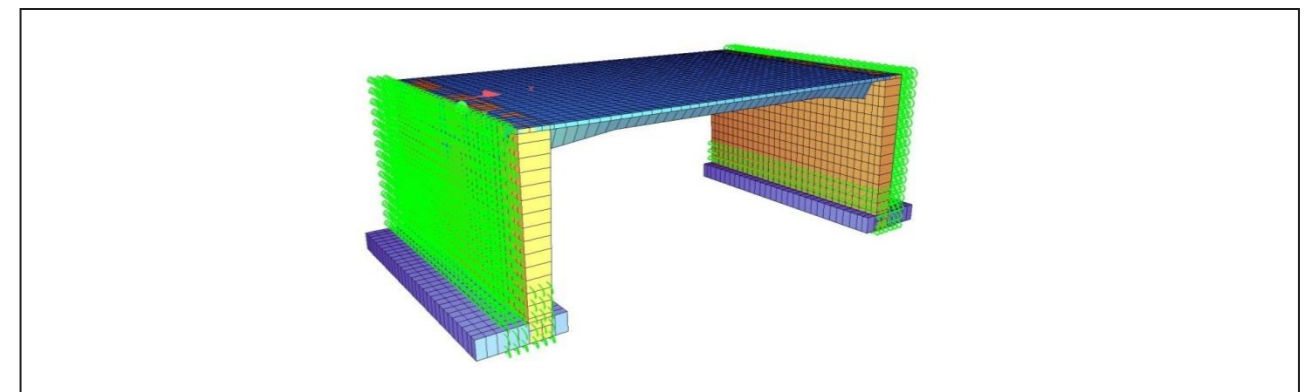
W stanach granicznych użytkowania sprawdzono konstrukcję ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie i stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne rozwarości rys.

W obliczeniach ograniczenia naprężeń zastosowano obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarcia rys z kombinacji prawie stałej.

Z4-3.3. MODEL OBLICZENIOWY

Model ram został wygenerowany za pomocą elementów dwuwymiarowych opisanych w przestrzeni trójwymiarowej (e2p3). Wszystkie elementy konstrukcji ramy zamodelowano jako płytowe (QUAD) o określonej grubości.

Oddziaływanie odporu zasypki na przyczółki odwzorowano za pomocą wartości i rozkładu parcia spoczynkowego oraz podpór sprężystych (SPRING) o sztywności podłużnej stanowiącej odwzorowanie różnicy pomiędzy parciem spoczynkowym i czynnym (oraz między parciem spoczynkowym a odporem). Przy tak zadanej sztywności sprężyny zamodelowano jako pracujące liniowo (na ściskanie i rozciąganie), a do podpór przyłożono tylko parcie spoczynkowe. W zależności od rzeczywistych przemieszczeń konstrukcji od obciążeń zewnętrznych parcie spoczynkowe zostaje (na skutek oddziaływania podpór sprężystych) zredukowane do odpowiednich wartości pośrednich, odpowiadających powstałym przemieszczeniom.



Rys. Z4-3. Wizualizacja modelu obliczeniowego ramy

Obliczenia zbrojenia, sprawdzenie rys i naprężeń wykonano, modelując obiekt posadowiony bezpośrednio na ławie fundamentowej podpartej sprężystości. Wymiary ławy fundamentowej w modelu zostały przyjęte według obliczeń posadowienia. Obciążenia fundamentu wyznaczono przy założeniu jego utwierdzenia w poziomie spodu ławy.

Grubości elementów konstrukcji zmieniają się w zależności od jej rozpiętości (podano w części rysunkowej).

Z4-3.4. KOMBINACJE

Dla każdej klasy drogi na obiekcie, rozpiętości oraz wysokości ramy przedstawionych w części rysunkowej przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO – wymiarowanie elementów ramy, zestawienie sił do obliczeń posadowienia,
- kombinacja charakterystyczna – sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $0,6f_{ck}$ oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8f_{yk}$,
- kombinacja prawie stała – ograniczenie rozwarcia rys do wartości $w_{max} = 0,3 \text{ mm}$ (według [9]),

- kombinacja wyjątkowa – wymiarowanie elementów ramy, zestawienie sił do obliczeń posadowienia.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO) obliczono według wzoru (6.10) podanego w [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono, przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B).

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono ze wzoru (6.14b) podanego w [4]. Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono ze wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z4-3.5. OBLICZENIA POSADOWIENIA

Nośność posadowienia obliczono przy założeniu posadowienia obiektu na piasku średnim o parametrach podanych w Tab. Z4-8.

Tab. Z4-8. Parametry gruntu w poziomie posadowienia ławy

Stopień zagęszczenia	$I_D = 0,50$
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 33^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)	$M_0 = 95 \text{ 000 kPa}$

Zgodnie z zaleceniami normy [4] i [13] przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności (GEO) określono:

- nośność oporu podłoża na wypieranie gruntu spod fundamentu,
- nośność podłoża na przesunięcie (poślizg), stosując podejście obliczeniowe 2 wraz z zestawem współczynników częściowych A1+M1+R2.

Ławę fundamentową sprawdzono również na obrót w stanie granicznym nośności (GEO) i stateczności (EQU). Wartości współczynników częściowych odczytano z [4] i [13].

Nośność fundamentów wyznaczono metodą analityczną według załącznika D do normy [13].

Obliczenia wykazały, że posadowienie konstrukcji ramowych przedstawionych w niniejszym katalogu spełnia wymagania stanów granicznych nośności i użytkowania.

Podczas projektowania dojazdów należy dążyć do osiągnięcia jednakowych wartości osiadań fundamentu i nasypu drogowego w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu.

Z4-3.6. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Wyniki podstawowych obliczeń zestawiono w formie tabelarycznej, uwzględniając reakcje na łożyska (Tab. Z4-9), oraz wartości ekstremalnych obliczeniowych momentów zginających na 1 m szerokości ściany/rygla w charakterystycznych przekrojach ramy (Tab. Z4-10 - Tab. Z4-17).

Tab. Z4-9. Maksymalne reakcje na łożysko filara trzysłupowego ramy dwunawowej o rozpiętości 2 x 20 m

Klasa drogi na obiekcie	Maksymalna reakcja charakterystyczna na łożysko [kN]
A	5708
S	5571
G/GP	5156
Z	4938
L	4599
D	4509

Tab. Z4-10. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 5 m

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+200/-300	+80/-300	+200/-250
Klasa II (Z, L, D)	+200/-300	+80/-300	+180/-250

Tab. Z4-11. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 10 m (nad skrajnią drogową)

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+300/-300	+200/-800	+500/-200
Klasa II (Z, L, D)	+300/-250	+200/-800	+500/-100

Tab. Z4-12. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 10 m (nad skrajnią kolejową)

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+150/-650	+150/-900	+600/-200
Klasa II (Z, L, D)	+100/-600	+150/-900	+500/-200

Tab. Z4-13. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 15 m (nad skrajnią drogową)

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+400/-200	+100/-1600	+800/-200
Klasa II (Z, L, D)	+300/-200	+80/-1600	+800/-200

Tab. Z4-14. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 15 m (nad skrajnią kolejową)

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+250/-600	+100/-1800	+900/-100
Klasa II (Z, L, D)	+250/-600	+50/-1800	+850/-100

Tab. Z4-15. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 20 m (nad skrajnią drogową)

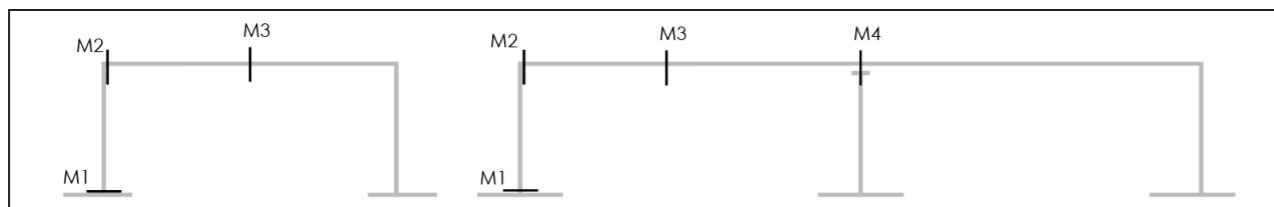
Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+300/-400	-400/-2600	+1400/0
Klasa II (Z, L, D)	+300/-400	-500/-2600	+1200/0

Tab. Z4-16. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 20 m (nad skrajnią kolejową)

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]		
	M1	M2	M3
Klasa I (A, S, GP, G)	+300/-600	-300/-3000	+1400/+60
Klasa II (Z, L, D)	+300/-600	-300/-2800	+1200/+90

Tab. Z4-17. Momenty zginające w ramie o rozpiętości 2 x 20 m

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający max/min [kNm/m]			
	M1	M2	M3	M4
Klasa I (A, S, GP, G)	+400/-400	0/-2600	+1600/-200	+100/-2200
Klasa II (Z, L, D)	+400/-400	0/-2600	+1400/0	+100/-2200



Rys. Z4-4. Oznaczenia momentów zginających dla ramy jedno- i dwunawowej

W zależności od długości całkowitej rygla ramy zaleca się zastosowanie następujących urządzeń dylatacyjnych [23]:

- dla długości do 15 m – uciąglenie nawierzchni,
- dla długości od 16 do 40 m – bitumiczne przykrycie dylatacyjne.

Z4-3.7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Obliczone obiekty spełniają wymagania normowe w zakresie stanów granicznych nośności i użyteczności dla odpowiadających klas obciążeń.

Z4-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z4-4.1. BETON

Wymagania materiałowe dla betonów przeznaczonych do wykonania elementów żelbetowych monolitycznych obiektów ramowych należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu. Poniższe wymagania co do materiałów, z których jest wykonywany obiekt, należy traktować jako wymagania minimalne. Beton, z którego wykonane są elementy konstrukcyjne, powinien spełniać wymagania podane w Tab. Z4-18.

Tab. Z4-18. Wymagania betonu elementów monolitycznych

Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania
Beton			
1.	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu	-	≥C30/37
2.	Nasiąkliwość betonu	% (m/m)	≤5
3.	Odporność betonu na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	F150

Z4-4.2. OTULINA BETONU

Otulinę nominalną elementów żelbetowych monolitycznych należy przyjmować według [8], uwzględniając trwałość konstrukcji i klasy ekspozycji dla warunków środowiskowych.

Z4-4.3. KRUSZYWO

Kruszywo do betonu powinno być zgodne z [15] o stopniu mrozoodporności F1. Uziarnienie kruszywa powinno być ustalone w receptce laboratoryjnej mieszanki betonowej przy założonych parametrach wymaganych dla produkowanego wyrobu.

Z4-4.4. STAL ZBROJENIOWA

Stal zbrojeniowa użyta w elementach żelbetowych monolitycznych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z4-4.5. ZASYPKA INŻYNIERSKA

Na obiektach należy wykonać zasypkę inżynierską z materiału zagęszczanego (mieszanka piaskowo-żwirowa). Grunt zasypki powinien być przepuszczalny, niewysadzinowy, możliwie jednorodny. W Tab. Z4-19 podano parametry, jakie powinna spełniać zasypka inżynierska.

Tab. Z4-19. Wymagania dla zasypki inżynierskiej

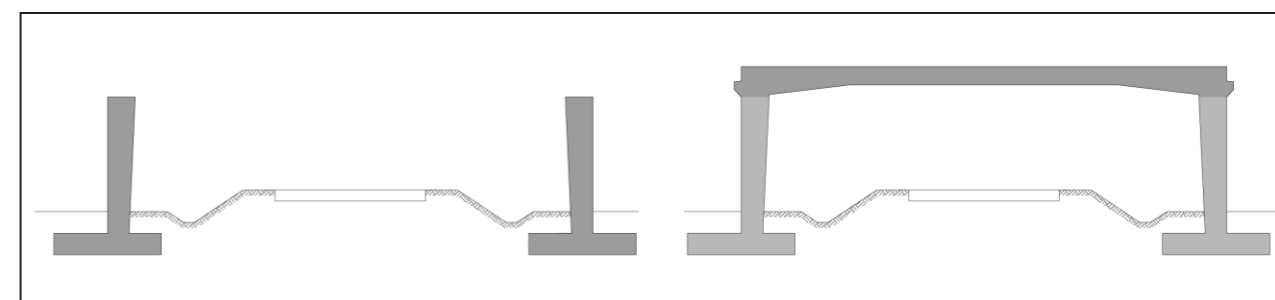
Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania
Zasypka inżynierska			
1.	Ciężar objętościowy	kN/m ³	≤19
2.	Kąt tarcia wewnętrznego	stopnie	≥34
3.	Wskaźnik zagęszczenia	-	≥0,97
4.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności	m/s	≥6x10 ⁻⁵
5.	Odczyn pH	-	4<pH<9
6.	Wskaźnik różnoziarnistości gruntu	-	≥5

Z4-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Z4-5.1.1. TECHNOLOGIA BUDOWY

Typową technologią budowy dla tych obiektów jest wznoszenie przęseł na rusztowaniach stacjonarnych pełnych lub otwartych. Drogowe obiekty o schemacie statycznym ramownicowym należy wykonać według następującej kolejności robót:

- wykonać fundamenty i korpusy podpór,
- zabetonować węzły ramy oraz płytę pomostu po uzyskaniu przez beton korpusów podpór odpowiedniej wytrzymałości (zwykle po upływie 7 dni). W przypadku gdy proces betonowania przęsła przekraczałby 12 godzin, należy wyodrębnić strefę przęsłową oraz podporowe obejmujące około 15% rozpiętości przęsła. W pierwszej kolejności należy wykonać betonowanie w strefie przęsłowej, a po jego zakończeniu przystąpić do betonowania węzłów ramy-przykładowy schemat betonowania przedstawiono na Rys. Z4-5,
- po uzyskaniu wymaganej minimalnej wytrzymałości betonu można przystąpić do układania gruntu zasypkowego za przyczółkami obiektu,
- po uzyskaniu wymaganej minimalnej wytrzymałości betonu można przystąpić do montażu i układania typowych elementów wyposażenia.



Rys. Z4-5. Kolejność betonowania obiektu ramowego

Z4-5.2. IZOLACJA

Izolacja obiektu powinna być dostosowana indywidualnie do każdego obiektu. Powinna spełniać wymogi specyfikacji technicznych oraz zapewniać szczelność konstrukcji.

Z4-5.3. WYKONANIE ZASYPKI INŻYNIERSKIEJ

Do zasypania obiektu musi zostać użyty materiał zgodny z wymaganiami materiałowymi. Zasyпка powinna być wykonywana równomiernie, warstwami grubości 20-40 cm, zagęszczanymi do osiągnięcia stopnia zagęszczenia zgodnego z dokumentacją projektową. Różnica wysokości zasyпки po obu stronach obiektu nie powinna przekraczać 2 m.

Z4-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW (WSKAŹNIKI)

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu-kg, t, m³,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu m² rzutu płyty pomostu-kg/m², m³/m² itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

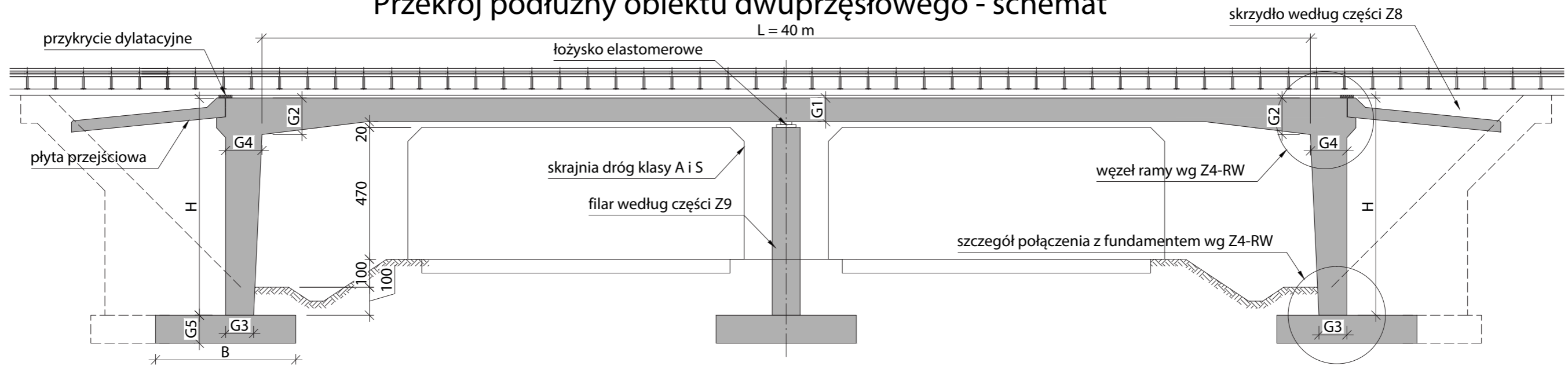
W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres +/-5%.

W przypadku przekrojów niesymetrycznych (z chodnikiem jednostronnym) zużycie materiałów należy określić na podstawie podanych w tabelach wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabelach należy interpolować.

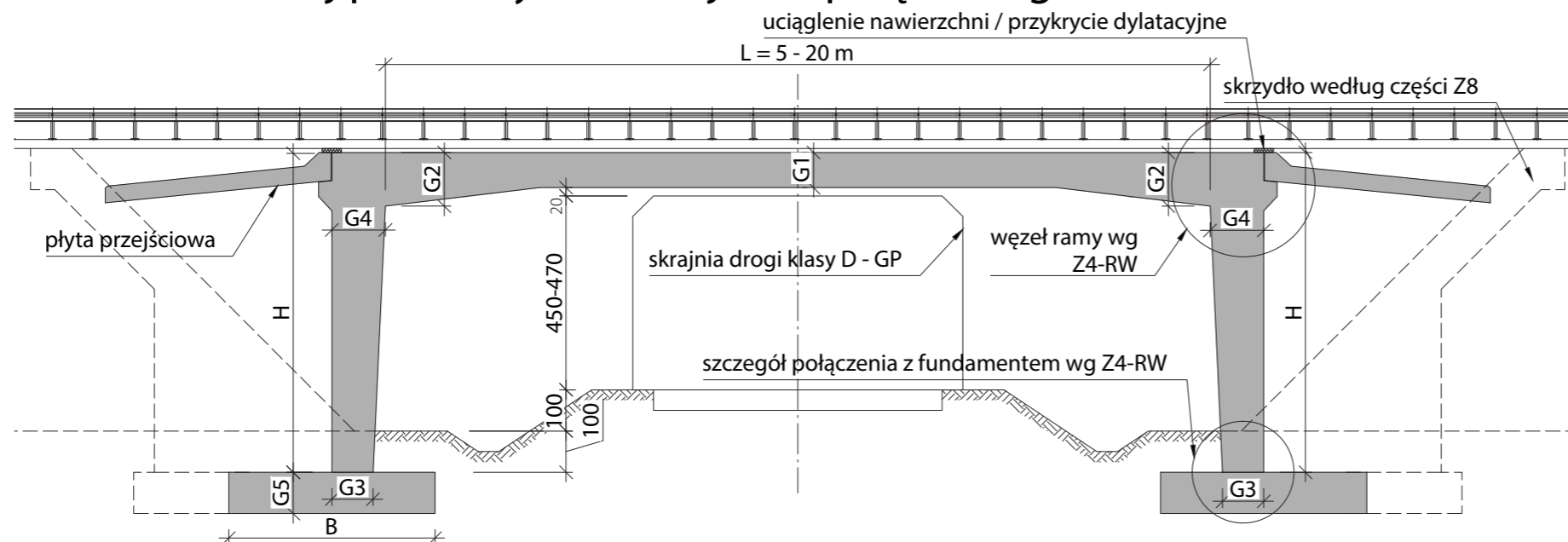
Z4-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Z4-RPD	Typowy przekrój podłużny obiektu nad skrajnią drogową
Z4-RPK	Typowy przekrój podłużny obiektu nad skrajnią kolejową
Z4-RA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A
Z4-RS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy S
Z4-RG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP
Z4-RZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy Z
Z4-RL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy L
Z4-RD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy D
Z4-RW	Typowe węzły ramy-zasady zbrojenia

Przekrój podłużny obiektu dwuprzęsłowego - schemat



Przekrój podłużny obiektu jednoprzęsłowego - schemat

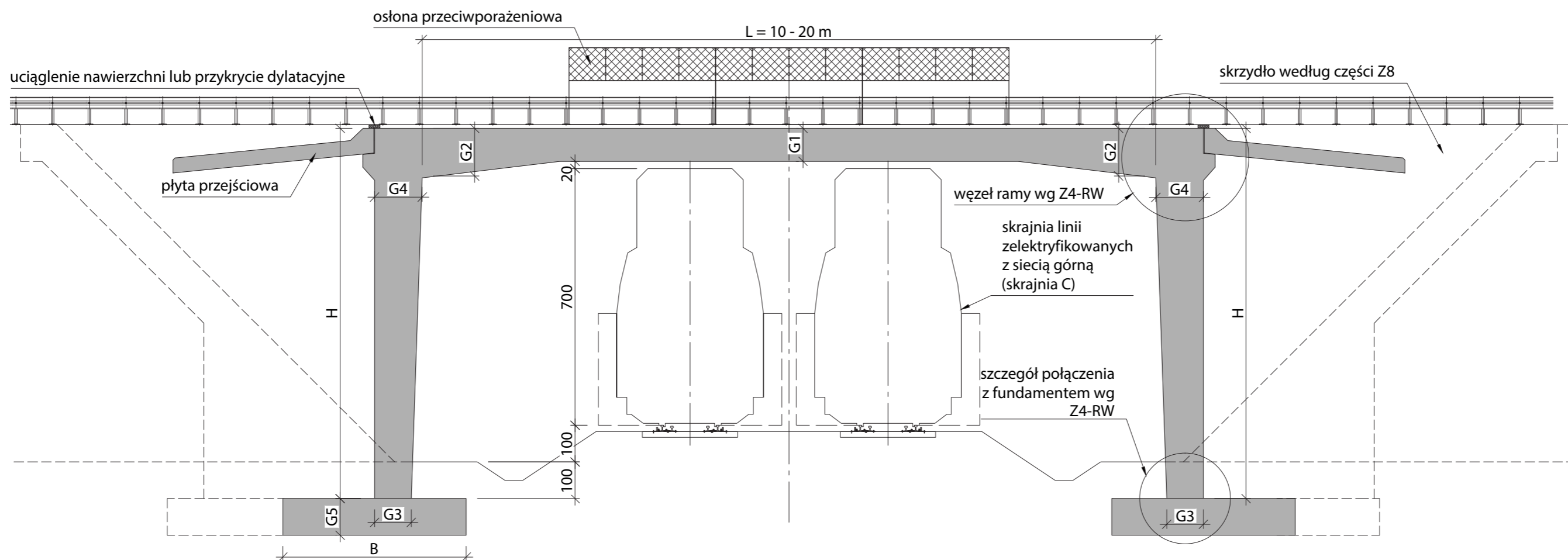


UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW oraz rysunkami przekrojów poprzecznych.
2. Wymiary G, B i H oraz wskaźniki materiałowe dla obiektów podano na rysunkach przekrojów poprzecznych Z4-RA, Z4-RS, Z4-RG/GP, Z4-RZ, Z4-RL, Z4-RD.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.

PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU NAD SKRAJNIĄ DROGOWĄ **Z4-RPD**

Przekrój podłużny obiektu nad kolejją - schemat



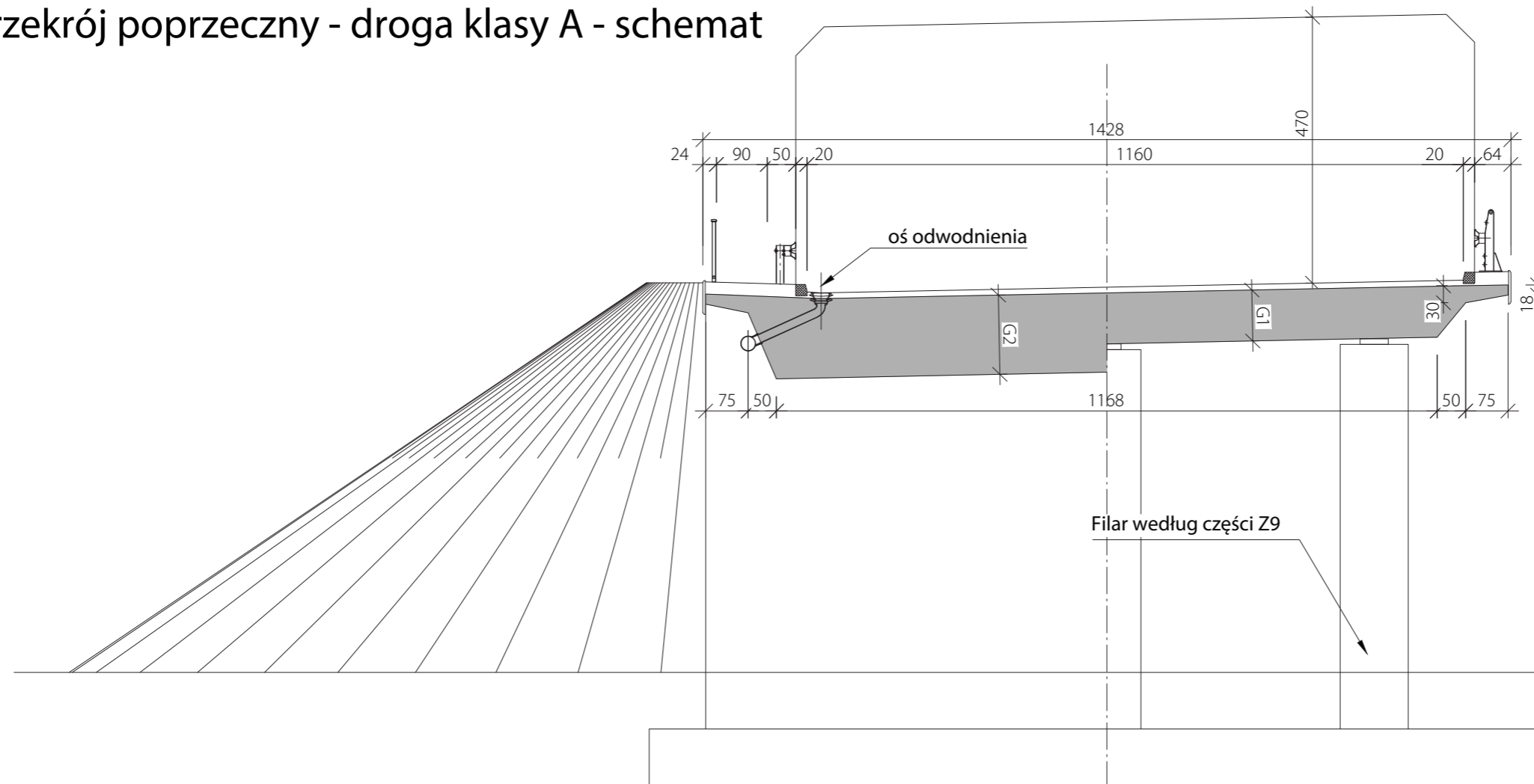
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW oraz rysunkami przekrojów poprzecznych.
2. Wymiary G, B i H oraz wskaźniki materiałowe dla obiektów podano na rysunkach przekrojów poprzecznych Z4-RA, Z4-RS, Z4-RG/GP, Z4-RZ, Z4-RL, Z4-RD.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.

Z4-RPK

PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU NAD SKRAJNIĄ KOLEJOWĄ

Przekrój poprzeczny - droga klasy A - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

Zużycie materiałów - wiadukt drogowy - klasa A							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]		
5	85	112	1.31	227	173	78	105
10	162	247	1.53	174	114	91	93
15	244	378	1.55	160	103	104	87
20	320	506	1.58	165	104	104	98
2x20	604	738	1.22	144	118	116	106

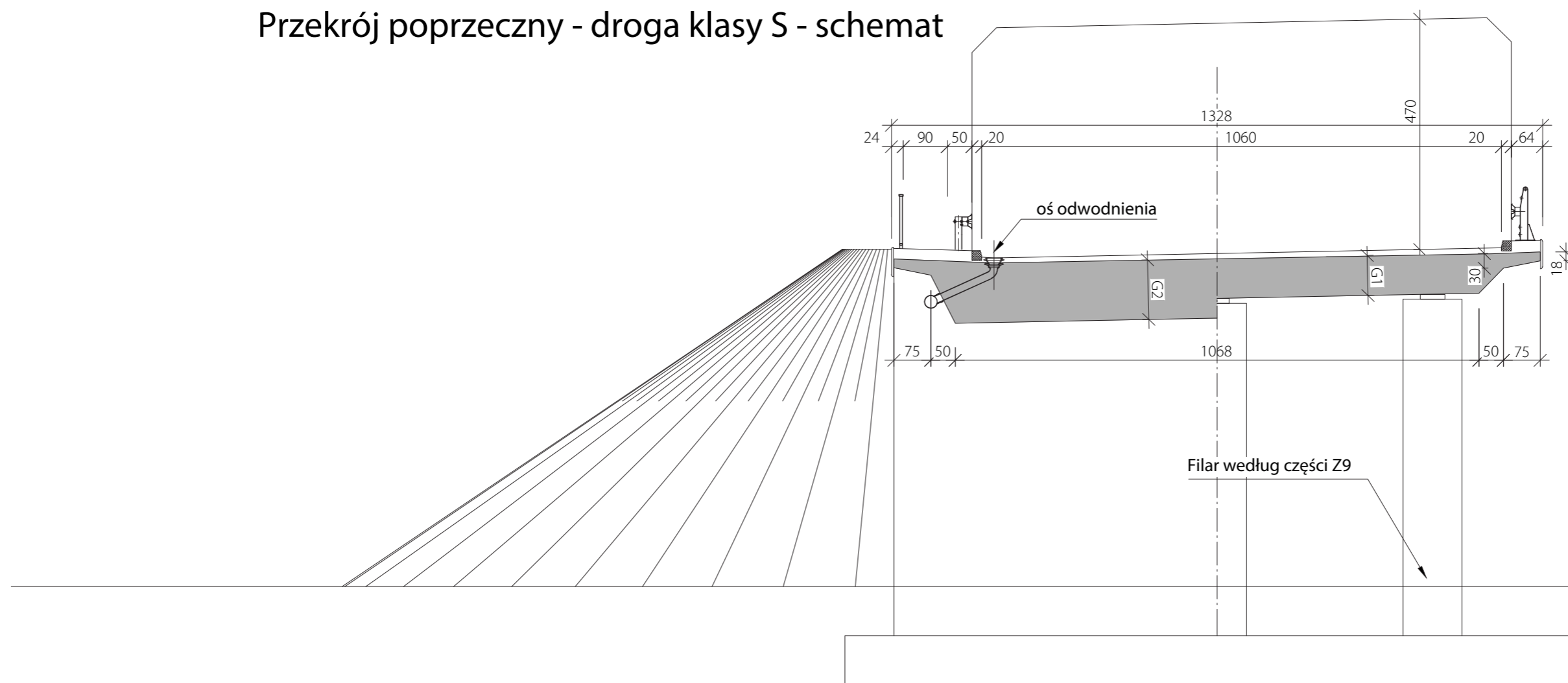
Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją - klasa A							
Rozp. obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]		
10	162	293	1.81	211	116	91	104
15	244	440	1.81	190	105	104	109
20	320	581	1.81	198	109	104	117

Wymiary elementów - wiadukt drogowy - klasa A							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		H [m]	G5 [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0

Wymiary elementów - wiadukt nad koleją - klasa A							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		H [m]	G5 [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY A **Z4-RA**

Przekrój poprzeczny - droga klasy S - schemat



Zużycie materiałów - wiadukt drogowy - klasa S							
Rozp. obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
5	79	104	1.31	245	187	73	124
10	150	229	1.53	177	116	85	122
15	227	350	1.54	157	101	97	112
20	298	468	1.57	170	108	97	149
2x20	561	682	1.21	147	121	109	136
Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją - klasa S							
Rozp. obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
10	150	272	1.81	218	120	85	191
15	227	408	1.80	194	108	97	206
20	298	538	1.81	196	109	97	198

Wymiary elementów - wiadukt drogowy - klasa S							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0
Wymiary elementów - wiadukt nad koleją - klasa S							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

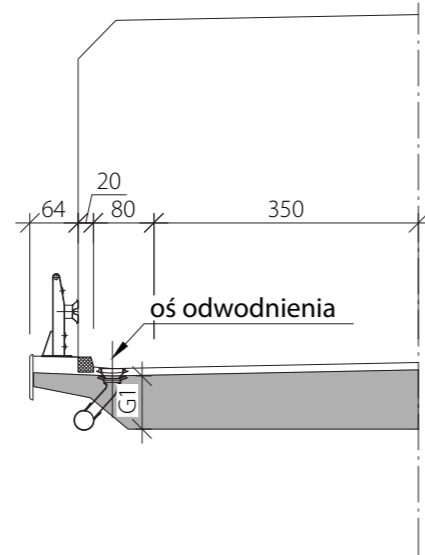
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

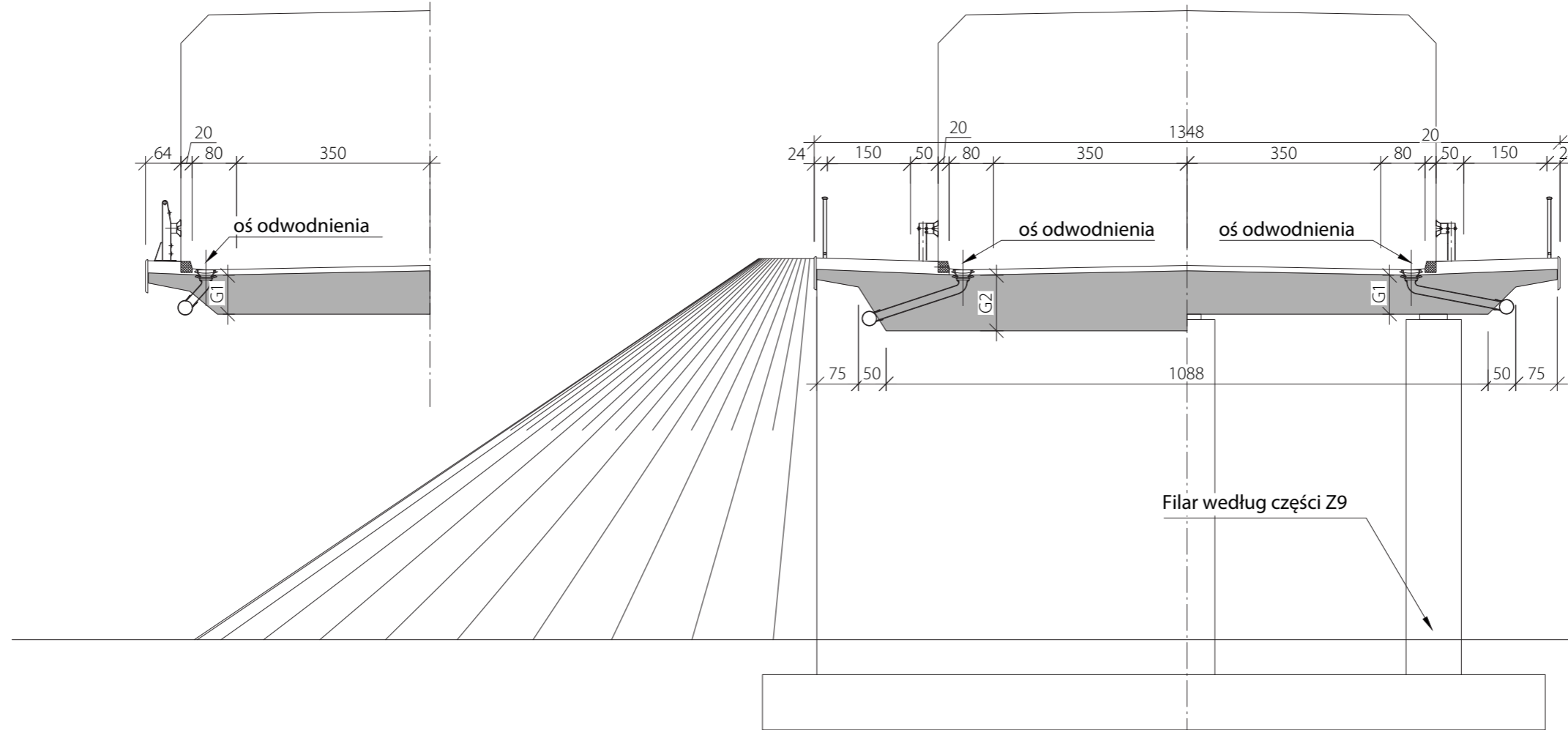
Z4-RS

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY S

Przekrój asymetryczny - schemat



Przekrój symetryczny - droga klasy G/GP - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

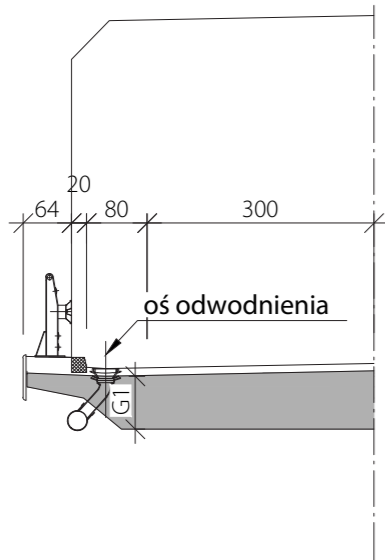
Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
5	80	105	1.31	222	169	74	124
10	153	233	1.53	171	112	86	118
15	230	356	1.55	152	98	98	131
20	302	476	1.57	168	106	98	152
2x20	570	693	1.22	145	119	111	137
Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
10	153	276	1.81	208	115	86	194
15	230	414	1.80	186	103	98	189
20	302	547	1.81	201	111	98	195

Wymiary elementów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0
Wymiary elementów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

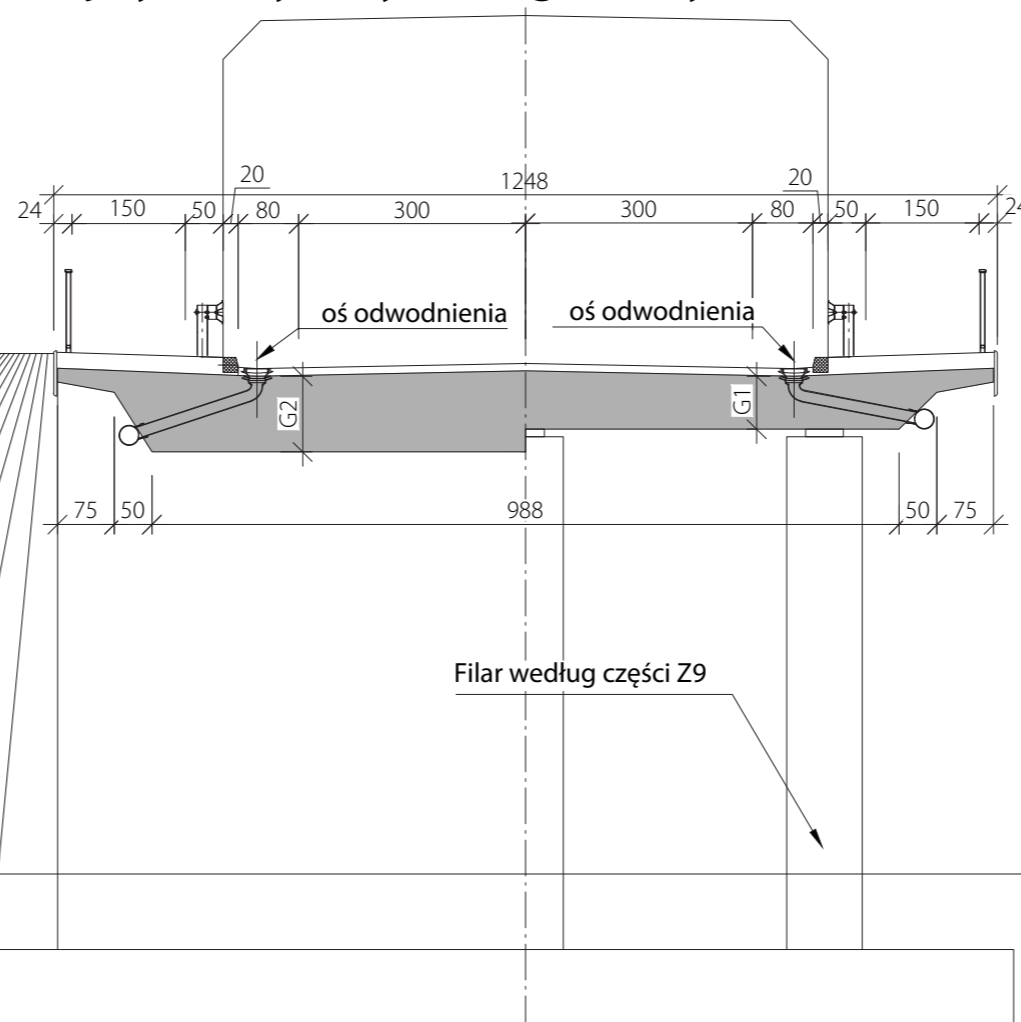
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY G/GP

Z4-RG/GP

Przekrój asymetryczny - schemat



Przekrój symetryczny - droga klasy Z - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m³]	[m³/m²]	[kg/m²]	[kg/m³]	[m³]	[kg/m³]
5	74	97	1.31	229	176	69	124
10	141	215	1.52	174	115	81	132
15	213	328	1.54	155	101	92	125
20	280	438	1.57	175	112	92	149
2x20	527	637	1.21	147	122	104	136

Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m³]	[m³/m²]	[kg/m²]	[kg/m³]	[m³]	[kg/m³]
10	141	255	1.80	210	117	81	204
15	213	382	1.79	182	102	92	178
20	280	503	1.80	196	109	92	206

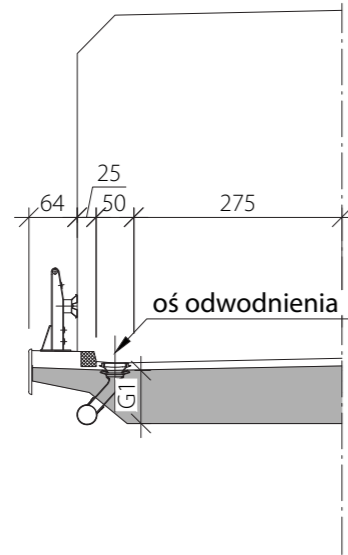
Wymiary elementów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		G5 [m]	B [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0

Wymiary elementów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		G5 [m]	B [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

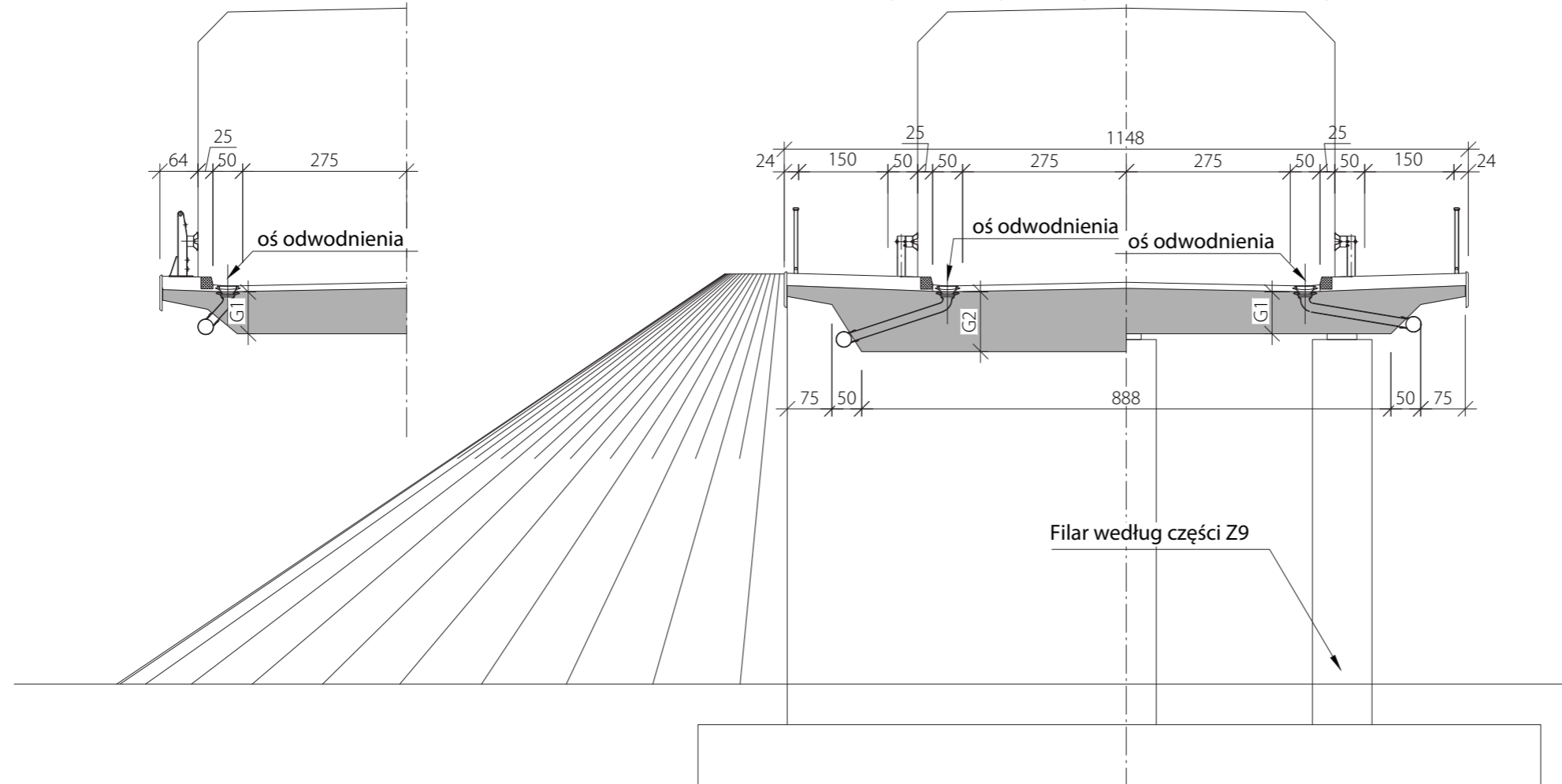
Z4-RZ

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY Z

Przekrój asymetryczny - schemat



Przekrój symetryczny - droga klasy L - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m³]	[m³/m²]	[kg/m²]	[kg/m³]		
5	68	89	1.30	223	172	64	123
10	130	196	1.51	179	118	75	131
15	196	299	1.53	153	100	86	123
20	257	400	1.56	164	105	86	144
2x20	485	581	1.20	149	124	96	131

Wymiary elementów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		H [m]	G5 [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0

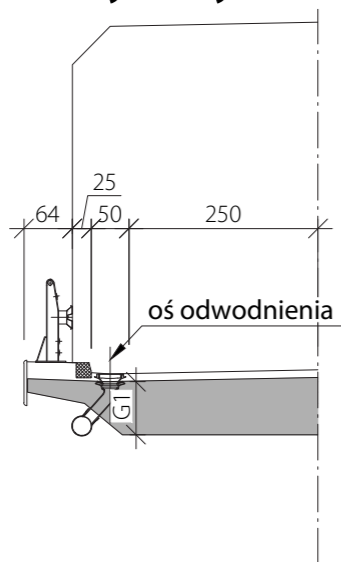
Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton płyty i przyczółków C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
		[m³]	[m³/m²]	[kg/m²]	[kg/m³]		
10	130	233	1.80	211	118	75	192
15	196	349	1.78	183	102	86	176
20	257	460	1.79	194	108	86	200

Wymiary elementów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty		Grubość podpory		Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]		H [m]	G5 [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

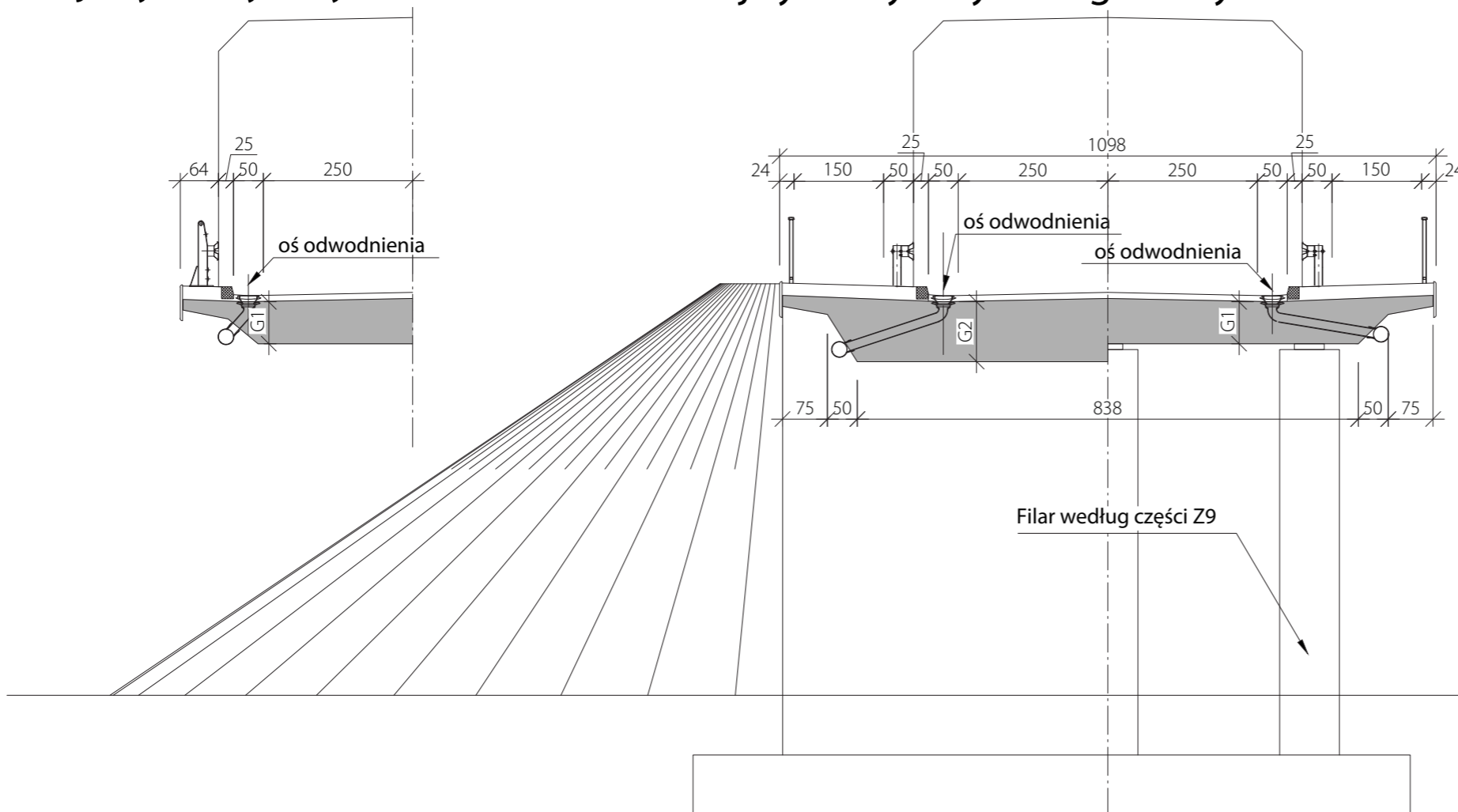
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY L

Z4-RL

Przekrój asymetryczny - schemat



Przekrój symetryczny - droga klasy D - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Dla przeszkody drogowej, rysunek czytać łącznie z przekrojem podłużnym - Z4-RPD, w przypadku przeszkody kolejowej - Z4-RPK.
2. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z4-RW.
3. W przypadku rozbieżności w parametrach gruntów, w stosunku do podanych w części obliczeniowej, posadowienie należy zaprojektować indywidualnie.
4. W przypadku przekroju o innej szerokości, zużycie materiałów należy określić na bazie podanych w tabeli wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.
5. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabeli należy interpolować.

Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Pow. płyty pomostu		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
5	65	85	1.30	221	170	62	122
10	124	187	1.51	167	110	72	130
15	187	285	1.52	153	100	82	123
20	246	381	1.55	167	107	82	157
2x20	463	553	1.19	137	115	93	134

Zużycie materiałów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie płyty i przyczółków		Beton ław C30/37	Zbrojenie ław
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
10	124	222	1.79	203	113	72	158
15	187	333	1.78	178	100	82	149
20	246	439	1.78	189	106	82	178

Wymiary elementów - wiadukt drogowy							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty				Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
5	0.5	1.0	0.5	0.5	4.4	0.6	4.0
10	0.7	1.0	0.7	0.7	6.6	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	6.5	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.8	4.0
2x20	0.9	1.4	1.0	1.3	6.5	0.9	4.0

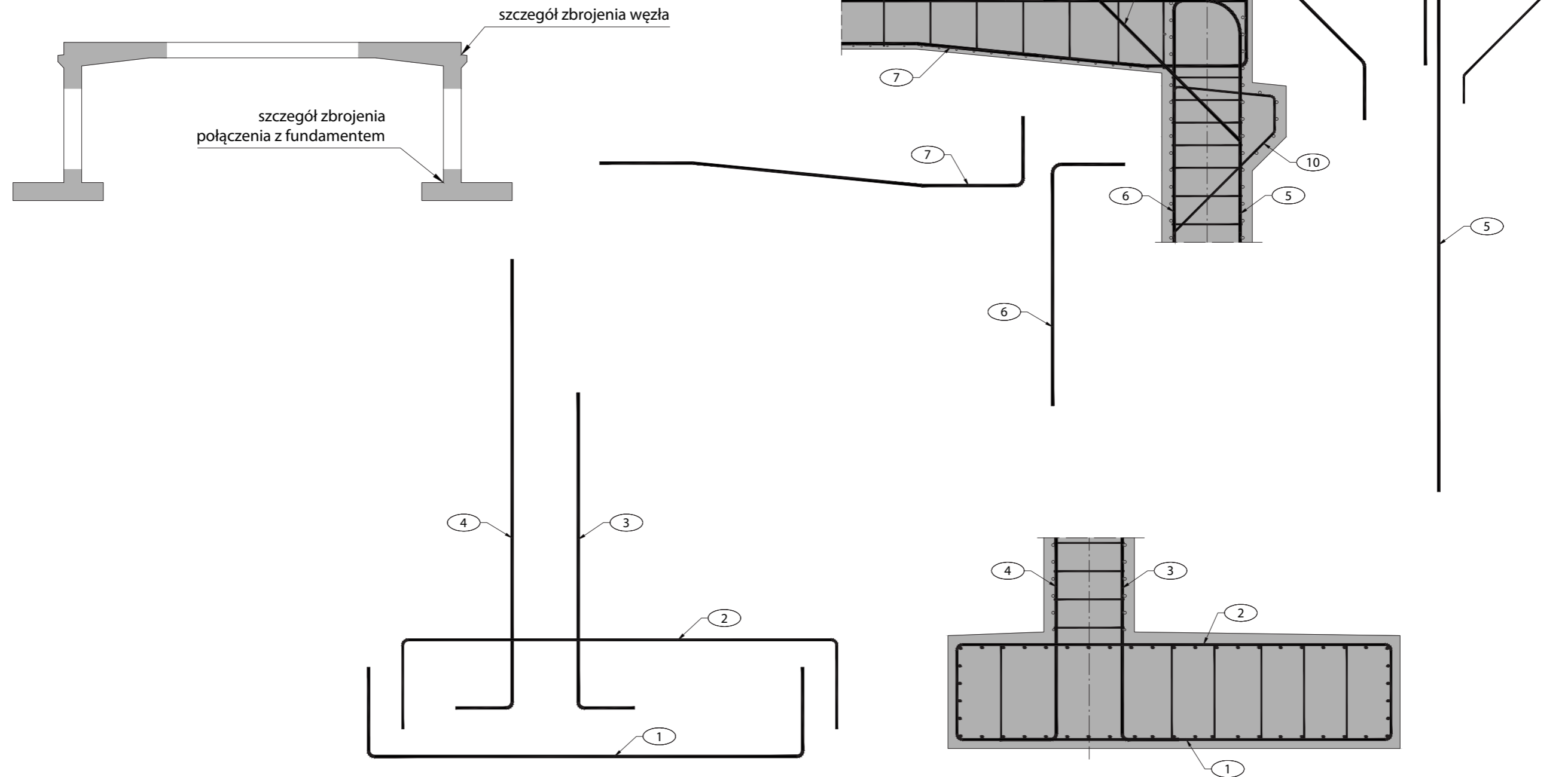
Wymiary elementów - wiadukt nad koleją							
Rozpiętość obiektu (w świetle)	Grubość płyty				Wysokość przyczółka	Wymiary ławy fundamentowej	
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]	G4 [m]	H [m]	G5 [m]	B [m]
10	0.7	1.0	0.7	0.7	8.9	0.7	4.0
15	0.8	1.2	0.8	1.1	8.8	0.8	4.0
20	0.9	1.4	1.0	1.3	8.8	0.8	4.0

Z4-RD

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU W CIĄGU DROGI KLASY D

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Gięcie i łączenie prętów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w [9].
2. Ilość zbrojenia głównego i poprzecznego należy określić na podstawie klasy drogi na obiekcie oraz rozpiętości obiektu.
3. Wymagania materiałowe i technologiczne dla betonu i stali zbrojeniowej podano w części II katalogu.
4. Umieszczenie szczegółów zbrojenia przedstawiono na poniższym schemacie:



TYPOWE WĘZŁY RAMY - ZASADY ZBROJENIA

Z4-RW



Zeszyt Z5

OBIEKTY BELKOWE Z PREFABRYKATÓW STRUNOBETONOWYCH





Z5 Obiekty belkowe z prefabrykatów strunobetonowych

Z5-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są przęsła obiektów mostowych wykonywanych z belek prefabrykowanych strunobetonowych, w układach jedno-, dwu- i trójprzęsłowych.

Z5-2. OPIS TECHNICZNY

Z5-2.1. PRZEZNACZENIE I PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Przedmiotowe obiekty mostowe będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami komunikacyjnymi, wodnymi i terenowymi o szerokościach mieszczących się w zakresie przyjętych rozpiętości teoretycznych obiektów (8 -27 m) w układzie jedno-, dwu- i trójprzęsłowym.

Typowe obiekty mostowe będące przedmiotem opracowania są przeznaczone do stosowania w ciągach dróg klas A, S, G, GP, Z, L, D według [2]. Szerokości użytkowe obiektów przyjęto według Tab. Z5-1.

Tab. Z5-1. Szerokości użytkowe przęseł

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			
	Jezdnie	Pas awaryjny	Chodniki	Uwagi
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	-
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	-
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	-
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	-

Nośność obiektów zaprojektowano na dwie klasy obciążenia taborem samochodowym w zależności od klasy drogi na obiekcie, zgodnie z Tab. Z5-2. Obciążenia ruchome wyznaczono na podstawie [7] i wytycznych [21]. Współczynniki dostosowawcze przyjęte w zależności od klasy obciążenia omówiono w punkcie Z5-3.1.1.

Tab. Z5-2. Klasy drogi i obciążenia

Klasa drogi	Klasa obciążenia taborem samochodowym
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Klasa II

Z5-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY I SCHEMATY STATYCZNE

Zeszyt zawiera koncepcje obiektów mostowych o schemacie statycznym belki jedno-, dwu- lub trójprzęsłowej i wariantach rozpiętości przedstawionych w Tab. Z5-3.

Tab. Z5-3. Rozpiętości obiektów i typy belek

Obiekty jednoprzęsłowe	
Rozpiętości obiektu L [m]	Typ belki
26	T27
23	T24
20	T21
17	T18
14	⊥15
11	⊥12
8	⊥12
Obiekty dwuprzęsłowe	
Rozpiętości obiektu L [m]	Typ belki
27 + 27	T27
24 + 24	T24
21 + 21	T21
18 + 18	T18
15 + 15	⊥15
Obiekty trójprzęsłowe	
Rozpiętości obiektu L [m]	Typ belki
24 + 27 + 24	T24, T27
21 + 24 + 21	T21, T24
18 + 21 + 18	T18, T21

Z5-2.3. PODPORY, WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Podpory, warunki i sposób posadowienia należy dobrać na podstawie części Z8 i Z9.

Z5-2.4. ZASADNICZE ELEMENTY WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz wytycznymi projektowania.

Zalecane elementy wyposażenia:

- izolacja płyty pomostu-bitumiczna o grubości 0,5-1 cm,
- warstwa ochronna + ścierna-bitumiczna o grubości całkowitej około 10 cm zgodnie z wymaganiami wytycznych WT dla zakładanej klasy obciążenia ruchomego,
- krawężniki kamienne 20 x 20 cm,
- kapy o grubości ~23 cm pokryte warstwą epoksydowo-poliuretanową o grubości min. 3 mm, ograniczone polimerobetonowymi deskami gzymsowymi grubości 4 cm,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody w zależności od długości obiektu i spadków podłużnych,
- bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczelinowe, $h = 1,1/1,3$ m,
- osłony przeciwporażeniowe nad liniami kolejowymi.

Sposób odwodnienia obiektu należy zaprojektować zgodnie z wymaganiami [3]. W przęsłach obiektów drogowych z belek prefabrykowanych zaleca się prowadzić rury kanalizacyjne ukryte między belkami, a otwory w półkach belek na rury spustowe i sączki wykonywać w wytwórni. Aby uniknąć możliwej kolizji wpustów, sączków i rur spustowych ze średnikami belek, proponuje się następujące zalecenia:

- wykonanie otworów w półkach belek,
- stosowanie wpustów z odpływem bocznym lub wpustów krawężnikowych,
- wykonanie wnęk na kolektor odwodnieniowy przez rozsuniecie belek.

W opracowaniu przyjęto oś odwodnienia w odległości 30 cm od krawędzi krawężnika i realizację odwodnienia obiektów przez wykonanie otworów w półkach belek typu T oraz wnęki na kolektor odwodnieniowy-zastosowanie belek typu „odwrócone T”. Parametry barier należy dobierać zgodnie z wymaganiami [3].

Z5-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z5-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z5-3.1.1. ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE

Przyjęto współczynniki dostosowawcze dla modelu obciążenia ruchomego LM1 według [7] dla dwóch klas obciążenia taborem samochodowym zgodnie z [21] i Tab. Z5-4. Klasy obciążeń taborem samochodowym obiektów inżynierskich zależne od klasy drogi zostały dobrane zgodnie z Tab. Z5-2.

Tab. Z5-4. Współczynniki dostosowawcze modelu obciążenia ruchomego LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze				
	α_{Qi} $i \geq 1$	α_{q1}	α_{q2}	α_{qiv} $i \geq 2$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z5-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9]. Belki zostały zaprojektowane z betonu klasy C50/60, a płyta pomostu i poprzecznice z betonu klasy C30/37. Sprężeniem belek są sploty siedmiodrutowe ze stali Y1860S7 klasy 2 (o niskiej relaksacji) i charakterystycznej wytrzymałości na rozciąganie $f_{pk} = 1860$ MPa. Jako zbrojenie elementów nośnych betonu należy stosować stal zbrojeniową o wysokiej ciągliwości klasy C według [8] i [9]. Przyjęto gatunek stali B500SP o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa. Współczynniki częściowe dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [8]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali sprężającej i zbrojeniowej $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji elementów konstrukcji przęsła ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8]. Dla pomostu przyjęto klasy XC4, XD1, XF2.

W obliczeniach zbrojenia płyty pomostu i poprzecznic przyjęto minimalne wymagane otulenie betonem dla powyższych klas ekspozycji wynoszące dla $c_{min} = 30$ mm dla powierzchni płyty i poprzecznic. Dla belek strunobetonowych przyjęto otulenie zgodnie z założeniami katalogów belek [24] i [25] wynoszące $c_{min} = 40$ mm, które spełnia wymagania [8].

Z5-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W obliczeniach obiektów z belek prefabrykowanych założono, że belki będą montowane na podwalinach (poprzecznicach podporowych) bez użycia podpór tymczasowych. Do obliczeń efektów reologicznych przyjęto następujące czasy występowania kolejnych etapów budowy, licząc od momentu betonowania belki prefabrykowanej:

- $t_0 = 1$ dzień – sprężenie (w obliczeniach przyjęto zmodyfikowany wiek betonu, uwzględniając wpływ rodzaju cementu i podwyższonej temperatury w okresie dojrzewania równym 8 dni),
- $t_1 = 30$ dni – obciążenie betonem płyty pomostu,
- $t_2 = 90$ dni – obciążenie elementami wyposażenia,
- $t_3 = 210$ dni – oddanie obiektu do użytkowania,
- $t_n = 100$ lat – zakończenia projektowego okresu eksploatacji.

W obliczeniach uwzględniono fazowanie budowy i odpowiednie dla poszczególnych faz obciążenia. Wyróżniono następujące układy obciążeń:

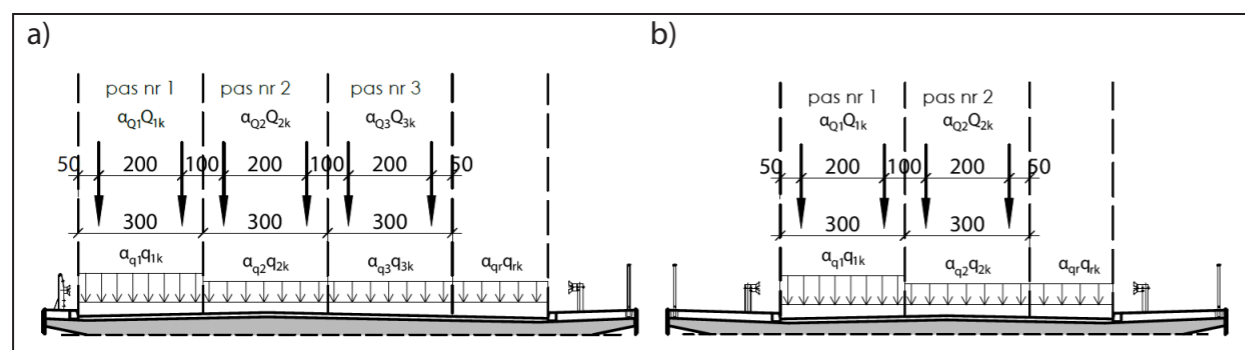
- obciążenia stałe
 - ciężar własny belek prefabrykowanych,
 - sprężenie,
 - ciężar mokrej betonowej płyty pomostu i deskowania,
 - różnica ciężaru własnego mokrego i suchego betonu płyty pomostu,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - efekty reologiczne (pełzanie i skurcz betonu),
 - nierównomierne osiadania podpór,
- obciążenia zmienne
 - pionowe obciążenie ruchome – model LM1,
 - siły od hamowania i przyspieszania,
 - obciążenie tłumem pieszych na chodniku,
 - oddziaływania termiczne.

Tab. Z5-5. Wartości obciążeń stałych

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	Ciężar mokrego betonu: 26 kN/m ³	
2.	Wyposażenie	Nawierzchnia	23	kN/m ³	Przyjęto grubość nominalną nawierzchni 9 cm, przy czym w obliczeniach uwzględniono przewidywane zmiany grubości nawierzchni o +40% i -20%.
		Izolacja	14	kN/m ³	Grubość izolacji 1 cm.
		Kapa chodnikowa	25	kN/m ³	Grubość kap chodnikowych 23 cm.
		Deska gzymsowa	25 · 0,6 · 0,04	kN/m	Obciążenie dla deski o wysokości 60 cm i grubości 4 cm.
		Bariera ochronna	1,0	kN/m	-
	Balustrada	0,5	kN/m	-	
3.	Nierównomierne osiadanie podpór	10	mm	-	

Tab. Z5-6. Wartości obciążeń zmiennych

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1	Pionowe obciążenie ruchome na prześle – model LM1	TS pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$; pas nr 2: $\alpha_{Q3}Q_{2k} = 200$; pas nr 3: $\alpha_{Q3}Q_{3k} = 100$;	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS.	
		UDL pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = \alpha_{q1} \cdot 9$ pas nr 2: $\alpha_{q2}q_{2k} = \alpha_{q2} \cdot 2,5$ pas nr 3: $\alpha_{q2}q_{3k} = \alpha_{q3} \cdot 2,5$ obszar pozostały: $\alpha_{qr}q_{rk} = \alpha_{q1} \cdot 2,5$	kN/m ²	Obciążenie równomiernie rozłożone, wartość zależna od klasy obciążenia.	
3	Hamowanie i przyspieszanie na prześle	TS $Q_{lkQ} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) = 360$	kN	Hamowanie pojazdu TS przyłożone do pasa nr 1.	
		UDL $Q_{lkq} = 0,1\alpha_{q1}q_{1k}$ $Q_{lkq}=1,2 (A, S, G, GP)$ $Q_{lkq}=0,9 (Z, L, D)$	kN/m ²	Hamowanie od obciążenia UDL przyłożone do pasa nr 1 na całej długości przęsła L, wartość zależna od klasy obciążenia.	
4	Obciążenie tłumem	3,0	kN/m ²	Wartość kombinacyjna obciążenia tłumem na chodniku.	
5	Temperatura	$\Delta T_{N,exp}$	37	°C	Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za wydłużenie przęsła.
		$\Delta T_{N,con}$	-39		Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za skrócenie przęsła.
		$\Delta T_{M,heat}$ at	15 · k _{sur} k _{sur} = 0,7		Powierzchnia górna płyty cieplejsza niż dolna.
		$\Delta T_{M,cool}$ ol	8 · k _{sur} k _{sur} = 1,0		Powierzchnia dolna płyty cieplejsza niż górna.



Rys. Z5-1. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1 a) na jezdniach dróg klasy A, S, b) na jezdniach dróg klasy G, GP, Z, L, D

Liczba pasów umownych na obiekcie w zależności od szerokości jezdni (klasy drogi). Obciążenie równomiernie rozłożone UDL ustawiono tylko w niekorzystnym położeniu. W modelu zostały uwzględnione przypadki położenia pasa nr 1 z prawej lub z lewej strony jezdni. Hamowanie i przyspieszanie na prześle uwzględniono tylko na pasie nr 1, przyjmując jego położenie z prawej lub z lewej strony.

Wartości charakterystyczne temperatury powietrza w cieniu minimalnej (T_{min}) i maksymalnej (T_{max}) określono na podstawie krajowych map izotermicznych dla lokalizacji, w których występują temperatury ekstremalne. Do obliczeń przyjęto maksymalne

i minimalne wartości składowej równomiernej temperatury mostu. Wartości składowej liniowej różnicy temperatury ($\Delta T_{M,heat}$ i $\Delta T_{M,cool}$) zredukowano przez współczynnik k_{sur} ze względu na grubość nawierzchni 10 cm.

Z5-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- obliczenia obiektów betonowych z belek prefabrykowanych przeprowadzono dla układów najbardziej niekorzystnych jedno- i dwuprzęsłowych opisanych w punkcie Z5-2.2,
- analizie poddano obiekty o przekrojach poprzecznych według części rysunkowej,
- do konstruowania obiektów wykorzystano typowe, prefabrykowane belki strunobetonowe obecne na polskim rynku: typu „T” według [24] i „odwrócone T” według [25],
- przekroje poprzeczne belek, parametry sprężenia i zbrojenie przyjęto według [24] i [25],
- nie wprowadzono istotnych zmian w konstrukcji belek i parametrach sprężenia w stosunku do przyjętych w [24] i [25].

Głównym celem obliczeń było sprawdzenie, w jakim zakresie mogą być stosowane obecne na polskim rynku prefabrykowane belki mostowe w warunkach wymagań [7] i [8]. Zakres obliczeń ograniczono do sprawdzenia stanów granicznych nośności i użyteczności w trzech charakterystycznych przekrojach na długości obiektów:

- A – w środku rozpiętości przęsła,
- B’ – podporowy, w styku prefabrykatu z poprzeczną,
- B – podporowy, w osi poprzecznej.

W analizowanych przekrojach wyznaczono ekstremalne wartości sił wewnętrznych, naprężeń oraz szerokości rys i przeprowadzono sprawdzenie stanów granicznych elementów konstrukcji przęsła. W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcje ze względu na wytrzymałość materiałową (STR). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowej. W stanach granicznych użytkowania sprawdzono elementy sprężone ze względu na możliwość wystąpienia dekompresji, ograniczenie naprężeń w betonie oraz stali sprężającej, a elementy żelbetowe ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie i stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne szerokości rys. W obliczeniach warunku dekompresji zastosowano obciążenia z kombinacji częstej, w obliczeniach ograniczenia naprężeń obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarcia rys z kombinacji prawie stałej. Dodatkowo wyznaczono wartości reakcji na łożyska, przemieszczeń poziomych i ugięć od obciążeń ruchomych.

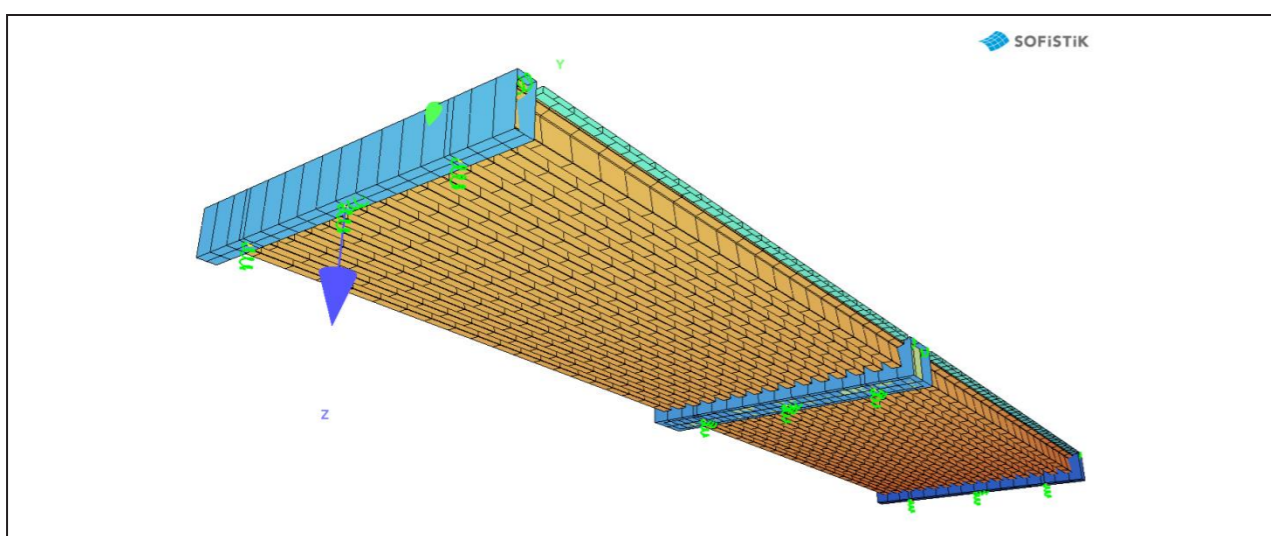
Sprawdzenia przeprowadzono w miarodajnych fazach budowy i eksploatacji:

- w czasie sprężenia,
- po oddaniu obiektu do użytkowania,
- przed zakończeniem przewidywanego okresu eksploatacji.

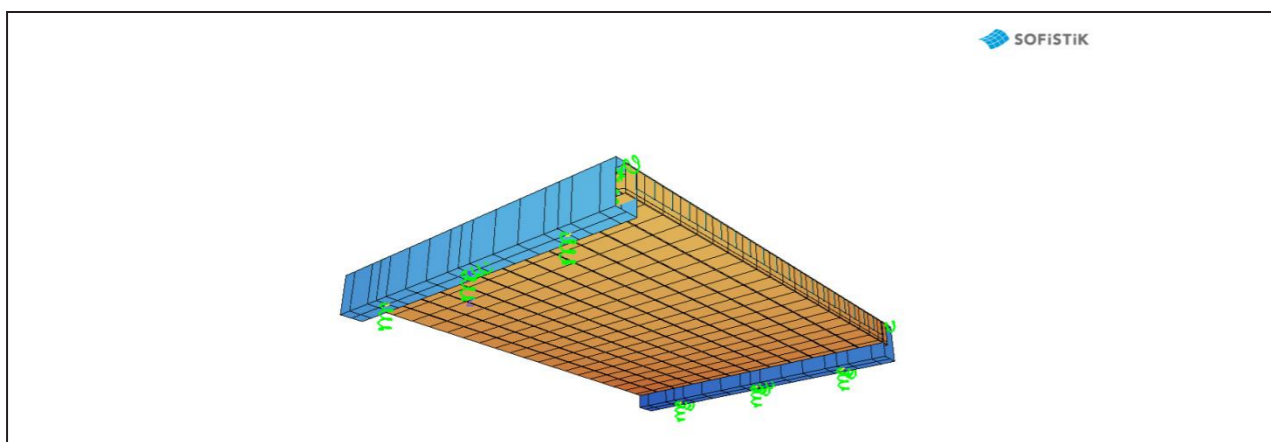
Z5-3.3. MODEL OBLICZENIOWY KONSTRUKCJI

Modele obliczeniowe konstrukcji obiektów opracowano z zastosowaniem metody elementów skończonych. Do uwzględnienia faz budowy i wyznaczenia efektów reologicznych wykorzystano wbudowany moduł CSM (Construction Stage Manager). Opracowano modele numeryczne wykonane z elementów prętowych w przestrzeni trójwymiarowej (klasy e^1, p^3), przy czym przęsło odwzorowane jest przez płaski ruszt belkowy (e^1, p^2). Elementy podłużne reprezentują belki strunobetonowe o przekroju odpowiednim dla danej fazy pracy konstrukcji (niezespalone lub zespolone z płytą pomostu). Elementy

poprzeczne reprezentują pasma płytowe pracujące w tym kierunku. W modelu uwzględniono fazę montażu belek w której pracują one, jako elementy swobodnie podparte, oparte na podwalinach. Sprężenie odwzorowano w postaci układów obciążeń równoważnych reprezentujących oddziaływanie poszczególnych grup cięgien w belkach. Uwzględniono wyłączenia cięgien na końcach belek T zgodnie z danymi w [24]. Następnie przyłożono obciążenie w postaci mokrego betonu płyty i uwzględniono zespolenie płyty z belkami prefabrykowanymi po związaniu betonu oraz zmianę miejsca podparcia. W dalszych etapach przykładano kolejne obciążenia do układu uciągłonego i rozpatrywano przekrój zespolony belki z płytą żelbetową. Ponadto w modelach układów ciągłych wzięto pod uwagę zmianę sztywności betonu węzła uciągającego ze względu na zarysowanie. Przęsła oparto na podatnych łożyskach z uwzględnieniem rzeczywistego punktu podparcia (w poziomie dolnych krawędzi poprzecznic). Przykładowe wizualizacje modeli numerycznych konstrukcji przedstawiono na Rys. Z5-2 i Rys. Z5-3.



Rys. Z5-2. Wizualizacja modelu obliczeniowego – obiekt dwuprzęsłowy z belek typu „T”



Rys. Z5-3. Wizualizacja modelu obliczeniowego – obiekt jednoprzęsłowy z belek typu „odwrócone T”

Z5-3.4. UKŁADY OBCIĄŻEŃ, KOMBINACJE

Dla każdej klasy drogi na obiekcie i rozpiętości przęsła obiektów w układzie jedno- i dwuprzęsłowym przedstawionych w części rysunkowej przeprowadzono obliczenia dla następujących układów obciążeń:

- kombinacja obliczeniowa
 - ciężar własny konstrukcji,
 - sprężenie,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - nierównomierne osiadania podpór,
 - pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1,
 - obciążenie tłumem na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu).
- kombinacja częsta
 - ciężar własny konstrukcji,
 - sprężenie,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - nierównomierne osiadania podpór,
 - pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1,
 - obciążenie tłumem na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu).
- kombinacja charakterystyczna
 - ciężar własny konstrukcji,
 - sprężenie,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - nierównomierne osiadania podpór,
 - pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1,
 - obciążenie tłumem na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu).
- kombinacja prawie stała
 - ciężar własny konstrukcji,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - nierównomierne osiadania podpór,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu).

Podczas wyznaczania reakcji podpór uwzględniono dodatkowo w kombinacjach obciążenia poziome od hamowania i przyspieszania. Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR) obliczono ze wzoru (6.10) [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR wyznaczono, przyjmując współczynniki γ według [4], zgodnie z Tab. Z5-7.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono ze wzorów (6.14b) i (6.15b) [4]. Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono według wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto zgodnie z [4] i tak jak w Tab. Z5-8.

Tab. Z5-7. Współczynniki γ

Lp.	Obciążenie	Oddziaływania stałe		Oddziaływania zmienne	
		Niekorzystne $\gamma_{G,sup}$	Korzystne $\gamma_{G,inf}$	Niekorzystne γ_Q	Korzystne γ_Q
1	Ciążar własny konstrukcji	1,35	1,0	-	-
2	Sprężenie	1,0	1,0		
3	Ciążar własny elementów wyposażenia	1,35	1,0	-	-
5	Nierównomierne osiadania podpór	1,0	1,0	-	-
7	Pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1 + obciążenie tłumem	-	-	1,35	0,0
8	Siły poziome od hamowania/przyspieszania	-	-	1,35	0,0
11	Temperatura	-	-	1,50	0,0
11	Reologia	1,0	1,0	-	-

Tab. Z5-8. Wartości współczynników jednoczesności

Oddziaływanie	Symbol/opis	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Pionowe obciążenie ruchome na przęśle – model LM1	TS	0,75	0,75	0
	UDL	0,40	0,40	0
	Obciążenie tłumem	0,40	0,40	0
Siły poziome od hamowania na przęśle	Gr 2	0	0	0
Oddziaływania termiczne	T_k	0,6	0,6	0,5

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu komputerowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz im towarzyszące.

Z5-3.5. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Dla każdego typu belki, spośród wszystkich przypadków obliczeniowych (obiekty jedno- i dwuprzęsłowe dla poszczególnych klas dróg) wyznaczono najbardziej niekorzystne wartości efektów oddziaływań w trzech analizowanych przekrojach.

Tab. Z5-9. Sprawdzenie stanów granicznych nośności

Typ belki	Przekrój	Zginanie		Ścinanie	
		M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]
T27	A	4133	4412	-	-
	B'	-2059	2161	712	812
	B	-2823	3105	746	1283
T24	A	3271	3516	-	-
	B'	-1682	1967	613	743
	B	-2363	2920	660	1210
T21	A	2541	2671	-	-
	B'	-1323	1442	538	665
	B	-1923	2205	580	1136
T18	A	1846	1939	-	-
	B'	-1003	1022	459	555
	B	-1518	1663	497	1025
⊥15	A	1564	2325	-	-
	B'	-690	841	291	477
	B	-1166	1466	476	907
⊥12	A	906	1636	-	-
	B'	-	-	263	406
	B	-	-	266	833

Ekstremalne wartości sił wewnętrznych (M_{Ed} , V_{Ed}), naprężeń i szerokości rys wyznaczone dla odpowiednich kombinacji obciążeń porównano z odpowiadającymi im wartościami nośności przekrojów (M_{Rd} , V_{Rd}) i granicznymi wartościami naprężeń oraz szerokości rys. Porównania te zestawiono w Tab. Z5-9 ÷ Tab. Z5-12. Wyniki sprawdzenia stanów granicznych użyteczności przedstawiono w Tab. Z5-10 ÷ Tab. Z5-12.

Tab. Z5-10. Warunek dekompresji-kombinacja częsta

Typ belki	Przekrój	Naprężenia w betonie [MPa]	
		Belka	Płyta
T27	A	0,99	4,15
T24		1,12	3,60
T21		0,40	3,13
T18		0,30	2,67
⊥15		0,56	4,57
⊥12		2,40	3,16
Wartości graniczne		0,00	

Tab. Z5-11. Ograniczenie naprężeń-kombinacja charakterystyczna

Typ belki	Przekrój	Naprężenia w betonie [MPa]		Naprężenia w cięgnach [MPa]	Naprężenia w zbrojeniu [MPa]
		Belka	Płyta/Węzeł		
T27	A	13,4	8,5	-1227	-
	B'	22,9	-	-	-296
	B	-	9,1	-	-327
T24	A	12,5	8,1	-1225	-
	B'	22,8	-	-	-271
	B	-	9,1	-	-293
T21	A	12,5	8,0	-1230	-
	B'	23,8	-	-	-293
	B	-	9,3	-	-320
T18	A	14,3	8,4	-1228	-
	B'	26,5	-	-	-294
	B	-	9,2	-	-306
⊥15	A	18,3	8,1	-874	-
	B'	18,8	-	-	-241
	B	-	8,9	-	-255
⊥12	A	15,6	6,3	-870,1	-
	B'	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
Wartości graniczne		30,0	18,0	-1395	-400

Tab. Z5-12. Ograniczenie naprężeń i szerokości rys-kombinacja prawie stała

Typ belki	Przekrój	Naprężenia w betonie		Szerokość rysy [mm]
		Belka [MPa]	Płyta [MPa]	
T27	A	9,6	3,0	-
	B'	11,3	-	0,07
	B	-	4,3	0,11
T24	A	10,4	2,7	-
	B'	11,5	-	0,06
	B	-	3,9	0,10
T21	A	10,4	2,6	-
	B'	12,1	-	0,06
	B	-	4,0	0,11
T18	A	11,9	2,7	-
	B'	13,7	-	0,05
	B	-	3,9	0,10
⊥15	A	14,3	3,2	-
	B'	12,7	-	0,09
	B	-	4,7	0,10
⊥12	A	11,7	1,1	-
	B'	-	-	-
	B	-	-	-
Wartości graniczne		22,5	13,5	0,30

Wartości maksymalnych reakcji pionowych i poziomych od kombinacji charakterystycznej i obliczeniowej obciążeń zestawiono osobno dla obiektów jedno i dwuprzęsłowych. Wyznaczone wartości zestawiono w Tab. Z5-13÷Tab. Z5-16.

Tab. Z5-13. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości reakcji-objekty jednoprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Reakcje pionowe [kN]							
Przyczółek							
26	T27	2676	2508	2247	1982	1817	1782
23	T24	2394	2244	1982	1747	1600	1566
20	T21	2125	1998	1735	1531	1400	1366
18	T18	1856	1740	1478	1303	1199	1158
14	⊥15	1845	1731	1480	1332	1254	1193
11	⊥12	1541	1442	1236	1131	1070	1010
8	⊥12	1317	1245	1053	971	924	883
Reakcje poziome podłużne (oś x) [kN]							
Przyczółek							
26	T27	222	213	192	173	164	158
23	T24	220	211	189	170	154	151
20	T21	219	187	173	158	153	150
18	T18	223	213	186	159	153	150
14	⊥15	214	204	181	166	157	152
11	⊥12	229	218	188	172	162	156
8	⊥12	249	238	199	183	171	164

Tab. Z5-14. Zestawienie maksymalnych obliczeniowych wartości reakcji-objekty jednoprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Reakcje pionowe [kN]							
Przyczółek							
26	T27	3613	3386	3034	2676	2453	2406
23	T24	3232	3030	2675	2358	2160	2113
20	T21	2869	2697	2342	2067	1890	1844
18	T18	2505	2349	1996	1759	1618	1563
14	⊥15	2491	2337	1998	1798	1693	1610
11	⊥12	2081	1947	1668	1526	1444	1364
8	⊥12	1777	1681	1421	1311	1247	1192
Reakcje poziome podłużne (oś x) [kN]							
Przyczółek							
26	T27	300	288	259	233	221	213
23	T24	297	285	255	230	218	210
20	T21	296	284	252	228	215	207
18	T18	301	287	252	228	215	207
14	⊥15	289	276	244	224	212	206
11	⊥12	310	295	254	233	219	211
8	⊥12	337	321	269	247	230	222

Tab. Z5-15. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości reakcji-objekty dwuprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Reakcje pionowe [kN]							
Przyczółek							
27 + 27	T27	2701	2535	2271	2015	1846	1815
24 + 24	T24	2432	2280	2017	1789	1640	1609
21 + 21	T21	2178	2045	1783	1582	1448	1417
18 + 18	T18	1901	1784	1524	1353	1243	1205
15 + 15	⊥15	1943	1820	1569	1427	1341	1279
Filar							
27 + 27	T27	5249	4927	4663	4075	3757	3684
24 + 24	T24	4652	4367	4104	3584	3303	3236
21 + 21	T21	4101	3848	3589	3136	2887	2827
18 + 18	T18	3532	3312	3053	2667	2452	2397
15 + 15	⊥15	3529	3294	3049	2692	2478	2440
Reakcje poziome podłużne (oś x) [kN]							
Filar							
27 + 27	T27	337	332	322	301	297	295
24 + 24	T24	333	327	316	296	292	290
21 + 21	T21	329	323	311	292	288	285
18 + 18	T18	328	321	307	290	284	282
15 + 15	⊥15	323	316	302	286	280	278

Tab. Z5-16. Zestawienie maksymalnych obliczeniowych wartości reakcji-objekty dwuprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Reakcje pionowe [kN]							
Przyczółek							
27 + 27	T27	3643	3419	3063	2718	2490	2448
24 + 24	T24	3279	3074	2719	2411	2210	2168
21 + 21	T21	2933	2755	2401	2129	1949	1907
18 + 18	T18	2558	2401	2050	1819	1672	1621
15 + 15	⊥15	2609	2445	2106	1915	1800	1716
Filar							
27 + 27	T27	7093	6657	6302	5507	5078	4977
24 + 24	T24	6285	5899	5545	4842	4462	4369
21 + 21	T21	5534	5193	4844	4231	3896	3812
18 + 18	T18	4760	4463	4113	3593	3303	3226
15 + 15	⊥15	4735	4421	4091	3611	3324	3270
Reakcje poziome podłużne (oś x) [kN]							
Filar							
27 + 27	T27	455	449	435	406	401	398
24 + 24	T24	449	442	427	400	394	391
21 + 21	T21	444	436	420	395	389	385
18 + 18	T18	443	434	415	391	384	380
15 + 15	⊥15	436	427	407	386	379	375

Maksymalne całkowite charakterystyczne przemieszczenia poziome krawędzi szczelin dylatacyjnych obliczono dla kombinacji charakterystycznej obciążeń z uwzględnieniem zakresu zmiany składowej równomiernej temperatury przy wydłużaniu i skracaniu konstrukcji równego $(\Delta T_{N,exp} + 20)^\circ$ i $(\Delta T_{N,con} + 20)^\circ$. Przyjęto współczynnik rozszerzalności termicznej betonu $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} [1/^\circ C]$. Wartości przemieszczeń podano w Tab. Z5-17 i Tab. Z5-18.

Tab. Z5-17. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości przemieszczeń poziomych-objekty jednoprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Przemieszczenia poziome [mm]
26	T27	22
23	T24	20
20	T21	17
18	T18	14
14	⊥15	12
11	⊥12	9
8	⊥12	8

Tab. Z5-18. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości przemieszczeń poziomych-objekty dwuprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Przemieszczenia poziome [mm]
7+27	T27	25
24+24	T24	22
21+21	T21	20
18+18	T18	17
15+15	⊥15	14

Maksymalne ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych wartości obciążeń ruchomych w środku rozpiętości przęsła i zestawiono w Tab. Z5-19 i Tab. Z5-20.

Tab. Z5-19. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości ugięcia-objekty jednoprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Ugięcia od obciążeń ruchomych [mm]					
		Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
26	T27	21	20	15	13	13	13
23	T24	18	17	13	11	12	11
20	T21	15	15	11	10	10	10
18	T18	14	13	11	9	9	9
14	⊥15	7	7	6	5	5	5
11	⊥12	5	5	4	4	4	4
8	⊥12	2	2	2	2	2	2

Tab. Z5-20. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości ugięcia-objekty dwuprzęsłowe

Rozpiętość teoretyczna [m]	Typ belki	Ugięcia od obciążeń ruchomych [mm]					
		Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
27 + 27	T27	17	17	13	11	11	11
24 + 24	T24	15	15	11	10	10	10
21 + 21	T21	13	13	10	9	9	9
18 + 18	T18	12	12	9	8	8	8
15 + 15	⊥15	7	7	5	5	5	5

Z5-3.6. PODSUMOWANIE

W przypadku projektowania obiektów z belek sprężonych według [7] i [8] najczęściej decydujące okazuje się sprawdzenie warunku dekompresji w stanie granicznym użyteczności wykonywane dla obciążeń według kombinacji częstej. Ze względu na ten warunek w obliczeniach wykazano, że belki typu „T” i „odwrócone T” w wersji przedstawionej w [24] i [25] bez uwzględniania modyfikacji ich przekroju poprzecznego i układu sprężenia, mogą być stosowane w obiektach o rozpiętościach teoretycznych przęsła, tak jak w Tab. Z5-21.

Tab. Z5-21. Zalecane stosowanie belek w zależności od rozpiętości przęsła L [m]

Schemat statyczny obiektu	Rodzaj belki prefabrykowanej						
	T27	T24	T21	T18	⊥15	⊥12	⊥12
Jednoprzęsłowy	26	23	20	17	14	11	<11
Wieloprzęsłowy	27	24	21	18	15	-	-

Dla rozpiętości poniżej 10 m zaleca się stosowanie belek „odwrócone T” 12 o odpowiednio zmniejszonej liczbie cięgien sprężających. Przedstawione rozpiętości belek nie zawsze stanowią graniczne dla nich wartości. Poziom wykorzystania nośności belek oraz wartości występujących w poszczególnych stanach granicznych naprężeń przedstawiono w tabelach w punkcie Z5-3.5. Taki dobór zmienności rozpiętości wynika po części z chęci przedstawienia w katalogu rozwiązań dla modularnie zmieniającej się wartości tego parametru (3 m).

Należy zaznaczyć, że przedstawione w katalogu rozwiązania nie wyczerpują możliwości wykorzystania belek strunobetonowych typu „T”, „odwrócone T” i innych do kształtowania drogowych obiektów mostowych. Istnieje wiele rozwiązań, w których takie belki mogą być i z powodzeniem są stosowane. Jako przykłady można podać m.in. ich

wykorzystanie w układach ramowych czy obiektach z uciążeniem pozornym lub ciągach belek prefabrykowanych (w przypadku budowy na terenach szkód górniczych). Podobna dowolność zachodzi w przypadku kształtowania węzłów uciążających i połączeń przęseł z podporami. Projektowanie obiektów betonowych wykonywanych z prefabrykowanych belek strunobetonowych jest procesem złożonym i wymaga uwzględnienia wielu zmiennych parametrów. Zaleca się więc stosowanie indywidualnego podejścia do projektowania tego typu obiektów i każdorazowej optymalizacji parametrów konstrukcji, zarówno w zakresie doboru układu konstrukcyjnego, przekroju belek, jak i parametrów sprężenia.

Z5-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z5-4.1. BETON

Wymagania materiałowe dla betonów przeznaczonych do wykonania elementów żelbetowych monolitycznych i sprężonych prefabrykowanych obiektów belkowych należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu. Poniższe wymagania co do materiałów, z których jest wykonywany obiekt należy traktować jako wymagania minimalne. Beton, z którego wykonane są elementy konstrukcyjne powinien, spełniać wymagania podane w Tab. Z5-22

Tab. Z5-22. Wymagania betonu elementów monolitycznych i prefabrykowanych

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wymagania
Beton			
1	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu – płyta pomostu, poprzecznicze	-	≥C30/37
2	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu – belki sprężone prefabrykowane	-	≥C40/50
3	Nasiąkliwość betonu	% (m/m)	≤5
4	Odporność betonu na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	F150

Z5-4.2. OTULINA BETONU

Otulinę nominalną elementów żelbetowych monolitycznych i sprężonych prefabrykowanych należy przyjmować według [8], uwzględniając trwałość konstrukcji i klasy ekspozycji dla warunków środowiskowych.

Z5-4.3. KRUSZYWO

Kruszywo do betonu powinno być zgodne z [15] o stopniu mrozoodporności F1. Uziarnienie kruszywa powinno być ustalone w receptie laboratoryjnej mieszanki betonowej przy założonych parametrach wymaganych dla produkowanego wyrobu.

Z5-4.4. STAL ZBROJENIOWA

Stal zbrojeniowa użyta w elementach żelbetowych monolitycznych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z5-4.5. STAL SPRĘŻAJĄCA

Stal sprężająca użyta w elementach sprężonych prefabrykowanych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z5-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Z5-5.1. WYMAGANIA DOTYCZĄCE PREFABRYKATU

Podstawowe wymagania stawiane prefabrykatom belkowym sprężonym:

- prefabrykaty powinny być wbudowane do 180 dni od momentu wytworzenia, zalecanym czasem jest wbudowanie pomiędzy 30. a 120. dniem od momentu wytworzenia,
- belki podczas składowania powinny być podparte w dwóch punktach, możliwie najbliższych końców,
- prefabrykaty przeznaczone do jednego obiektu powinny mieć podobną, wysoką wilgotność względną i takie same warunki w miejscu składowania,
- w okresie zimowym wymagana jest ochrona przed zamakaniem belek składowanych.

Z5-5.2. TECHNOLOGIA BUDOWY

Wymagania technologiczne dla elementów obiektów sprężonych półprefabrykowanych należy dobierać jak dla typowych robót budowlanych zgodnie z częścią II katalogu. Prefabrykowane elementy konstrukcyjne przęseł mostowych (belki sprężone typu „odwrócone T” oraz typu „T”) są powszechnie stosowane do budowy mostów płytowych i belkowych. W przypadku belek prefabrykowanych sprężonych technologia budowy polega najczęściej na montażu sekcji (elementów wysyłkowych) realizowanych za pomocą dźwigów na podporach docelowych lub/i podporach montażowych. W przypadku belek prefabrykowanych typu „odwrócone T” i typu „T” deskowanie spodu płyty pomostu nie jest konieczne. Podpory wykonywane są w tradycyjnej metodzie deskowania na mokro.

Z5-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH WSKAŹNIKÓW MATERIAŁOWYCH

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu, stali zbrojeniowej i stali sprężającej. Zostały one zestawione w odniesieniu do wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu-kg, t, m³,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu m² rzutu płyty pomostu-kg/m², m³/m² itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

Przedstawione wskaźniki wynikają z założeń przyjętych w modelu obliczeniowym. W zależności od przyjętych przez Projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres +/-5%.

W przypadku przekrojów niesymetrycznych (z chodnikiem jednostronnym) zużycie materiałów, należy określić na bazie podanych w tabelach wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabelach należy interpolować. Zużycie materiałów dla obiektów wieloprzęsłowych należy określić proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.

Z5-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

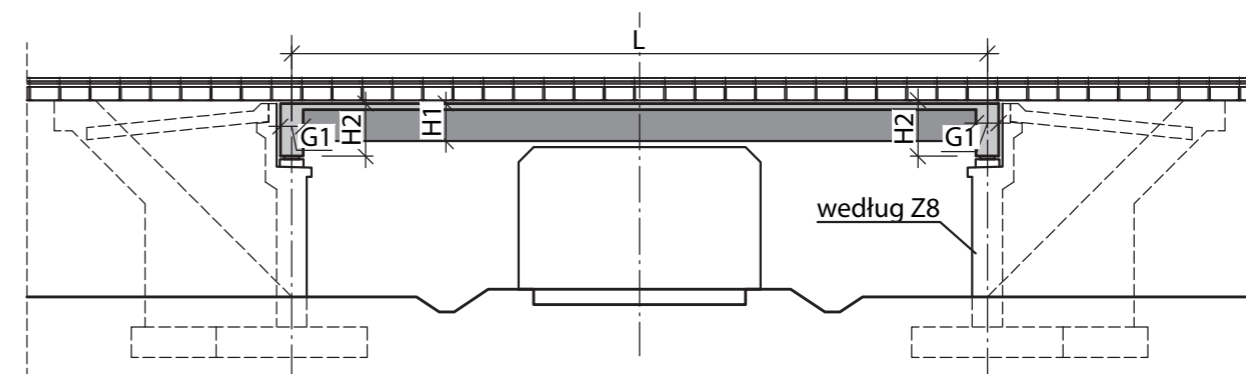
Z5-P	Typowe przekroje podłużne obiektów
Z5-PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z5-2PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z5-WPA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z5-PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z5-2PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z5-WPS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z5-PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z5-2PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z5-WPG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z5-PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-2PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-WPZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z5-PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-2PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-WPL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z5-PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-2PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-WPD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z5-WPP	Typowy schemat oparcia belek na podporach

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Wysokość konstrukcyjna	Wysokość poprzecznic
L [m]	-	H1 [m]	H2 [m]
Obiekty jednoprzęsłowe (L)			
26	T27	1.34	1.84
23	T24	1.24	1.74
20	T21	1.14	1.64
17	T18	0.99	1.49
14	⊥15	0.77	1.27
11	⊥12	0.67	1.17
8	⊥12	0.67	1.17
Obiekty dwuprzęsłowe (L + L)			
27+27	T27	1.34	1.84
24+24	T24	1.24	1.74
21+21	T21	1.14	1.64
18+18	T18	0.99	1.49
15+15	⊥15	0.77	1.27
Obiekty trójprzęsłowe (L1 + L2 + L1)			
24+27+24	T24, T27	1.34	1.84
21+24+21	T21, T24	1.24	1.74
18+21+18	T18, T21	1.14	1.64

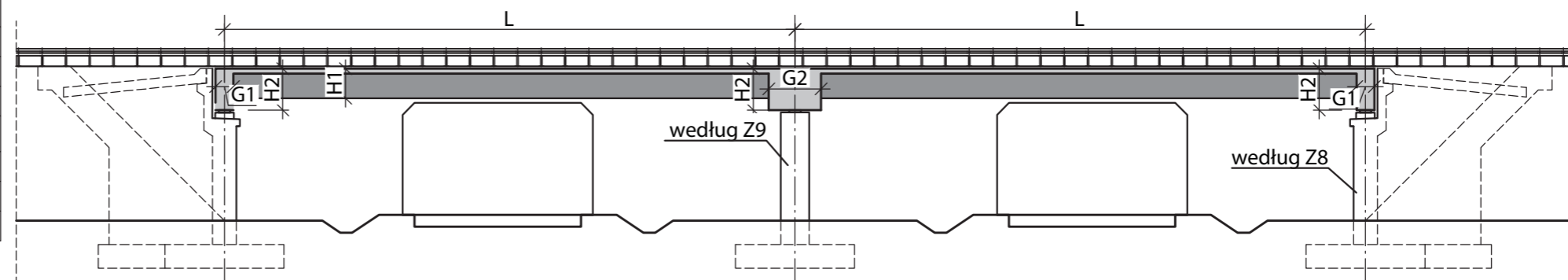
UWAGI I WYJAŚNIENIA.

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.
2. Grubość płyty pomostu wynosi 0,21 m w obiektach z belek T i 0,12 m w obiektach z belek ⊥.
3. Szerokość poprzecznic wynosi: G1 = 0,75 m oraz G2 = 2,20 m, odpowiednio dla poprzecznic na podporach skrajnych i pośrednich.
4. Wysokość poprzecznic w każdym przypadku jest większa o 0,5 m od wysokości belki.

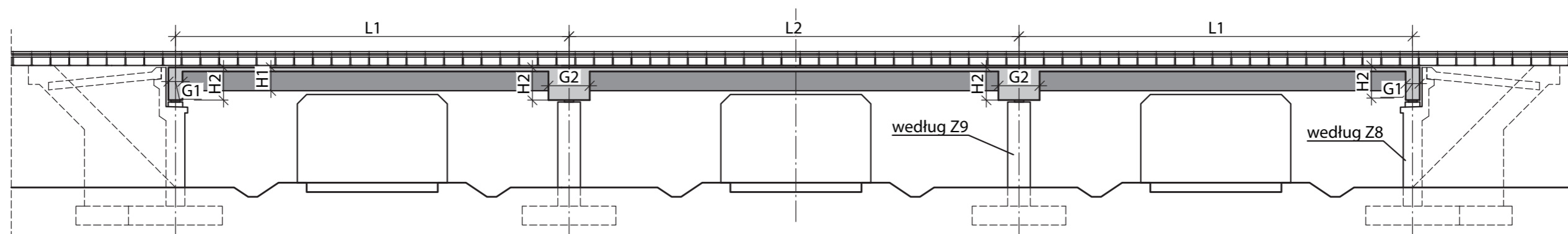
Przekrój podłużny obiektu jednoprzęsłowego - schemat



Przekrój podłużny obiektu dwuprzęsłowego - schemat

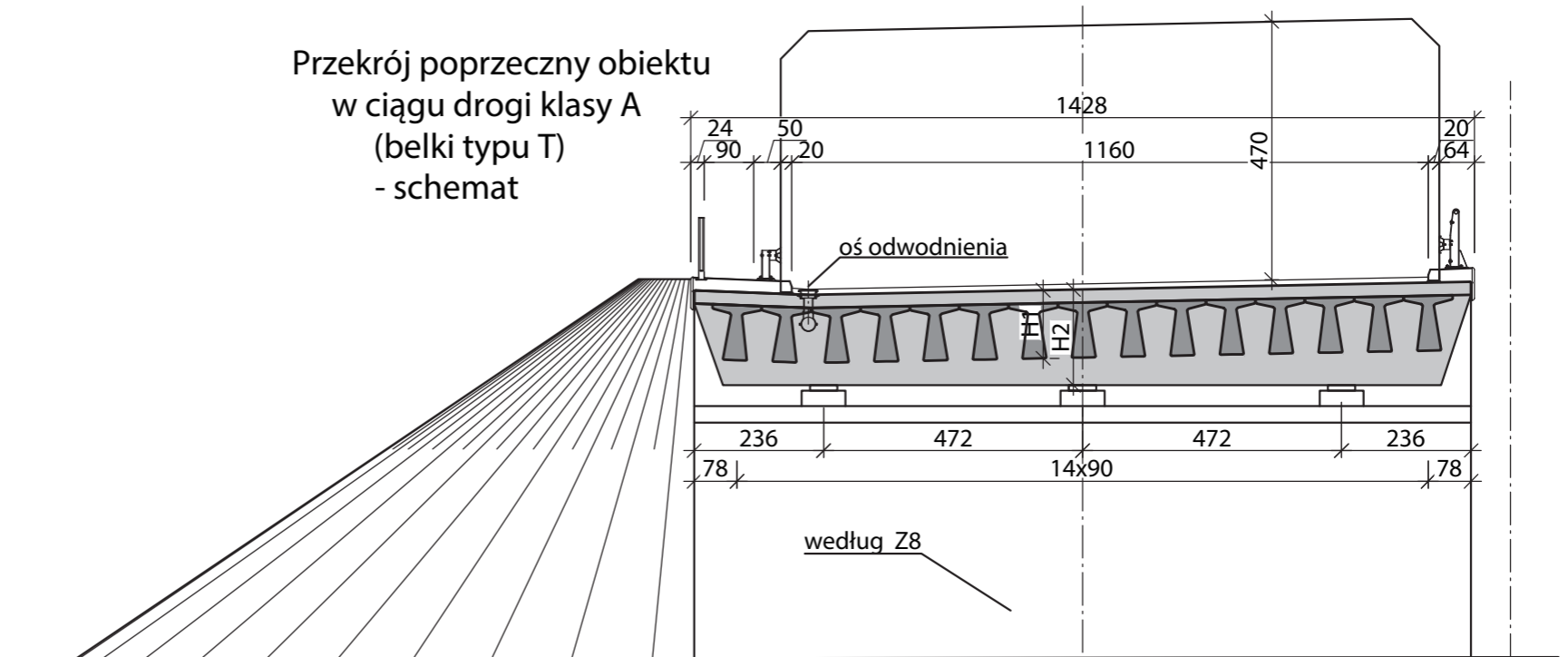


Przekrój podłużny obiektu trójprzęsłowego - schemat



Z5-P TYPowe PRZEKROJE PODŁUŻNE OBIEKTÓW

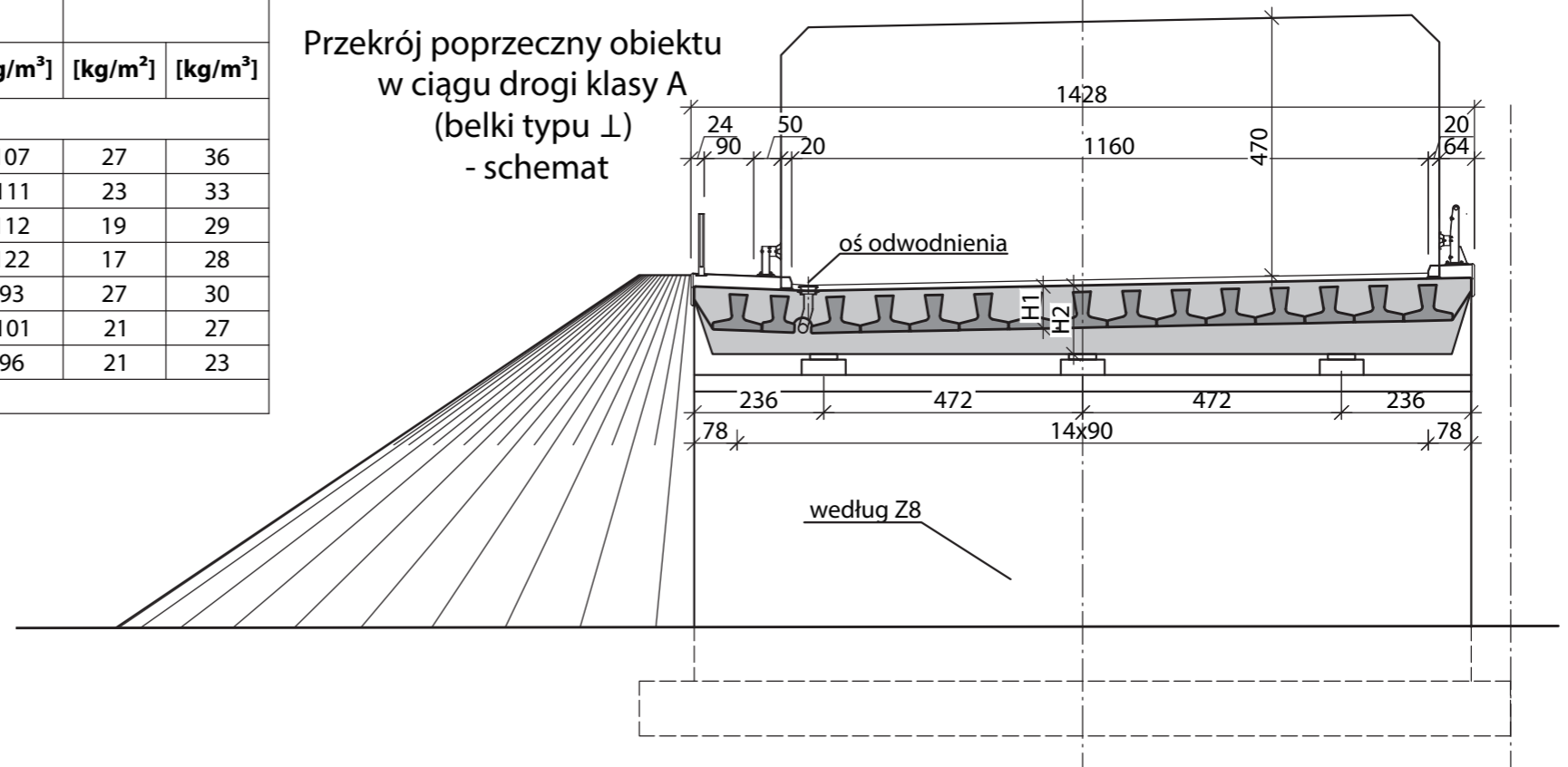
Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A (belki typu T) - schemat



Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	383	284	0.74	79	107	27	36
23	T24	341	240	0.70	78	111	23	33
20	T21	298	197	0.66	74	112	19	29
17	T18	256	154	0.60	73	122	17	28
14	⊥15	213	187	0.88	82	93	27	30
11	⊥12	170	136	0.80	81	101	21	27
8	⊥12	128	118	0.92	88	96	21	23

Liczba belek w przekroju : 15

Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A (belki typu ⊥) - schemat



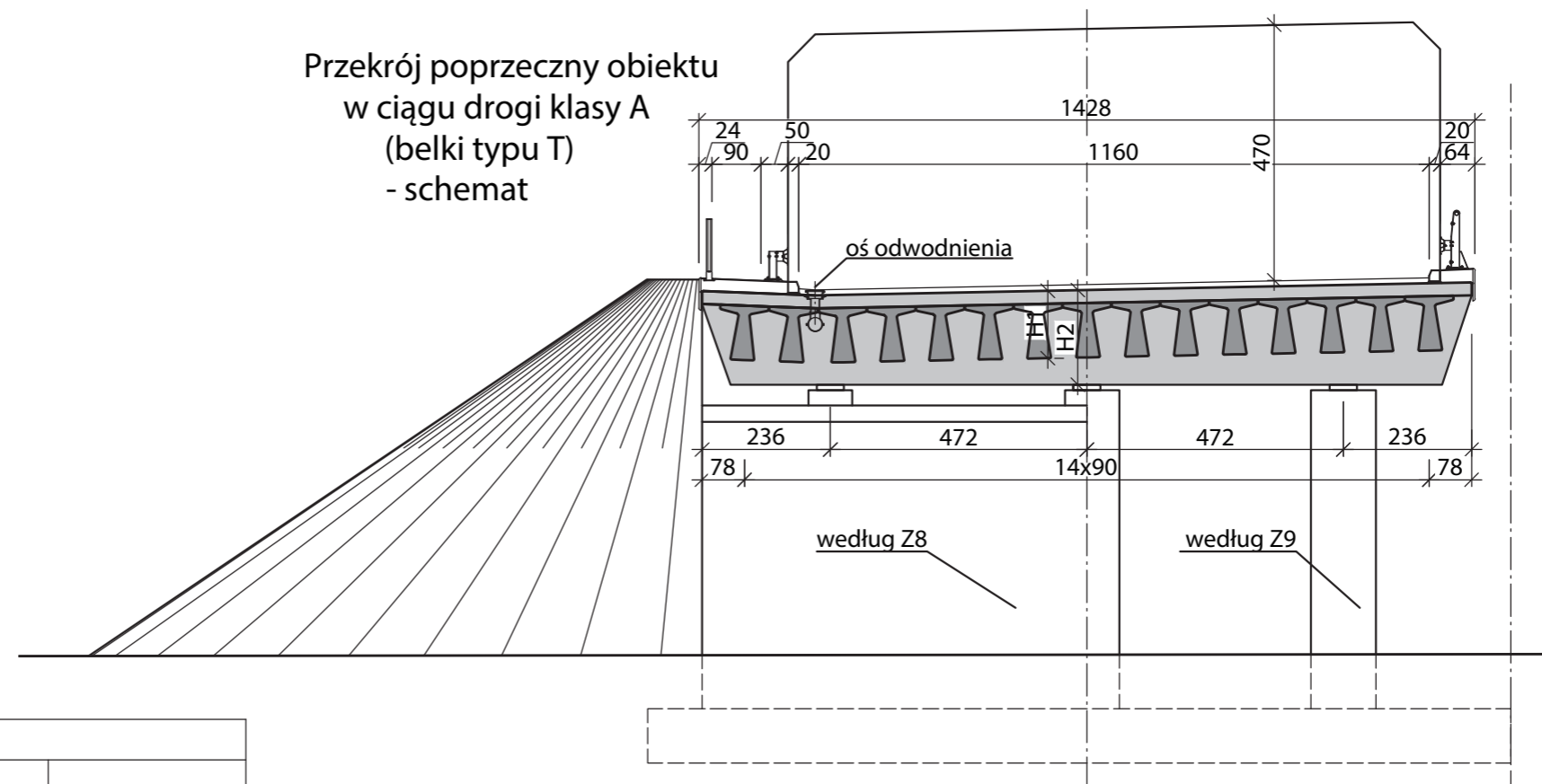
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

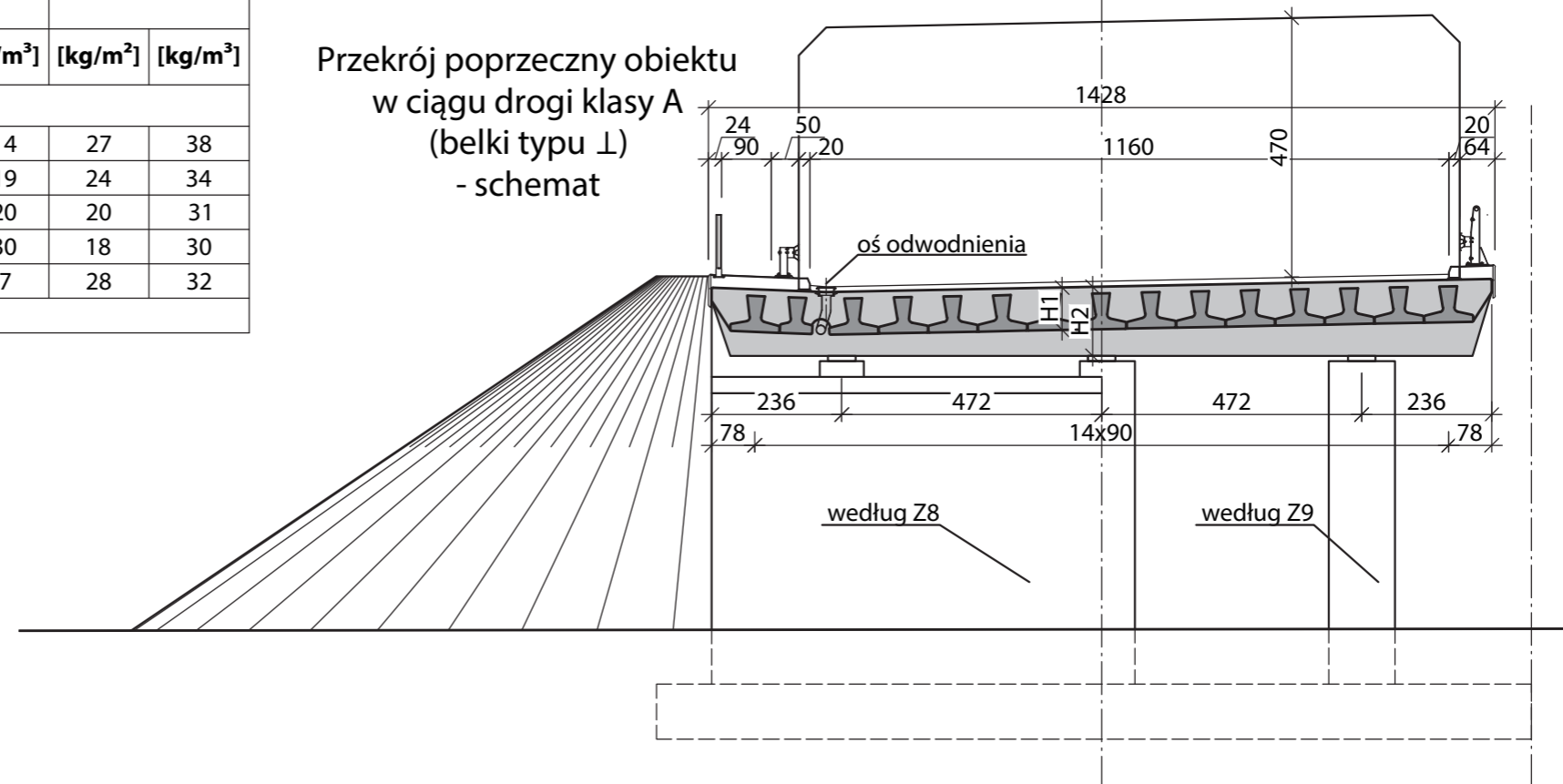
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

Z5-PA

Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A (belki typu T) - schemat



Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy A (belki typu L) - schemat



Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	781	569	0.73	83	114	27	38
24 + 24	T24	696	481	0.69	82	119	24	34
21 + 21	T21	611	396	0.65	78	120	20	31
18 + 18	T18	525	309	0.59	76	130	18	30
15 + 15	L15	440	380	0.86	84	97	28	32

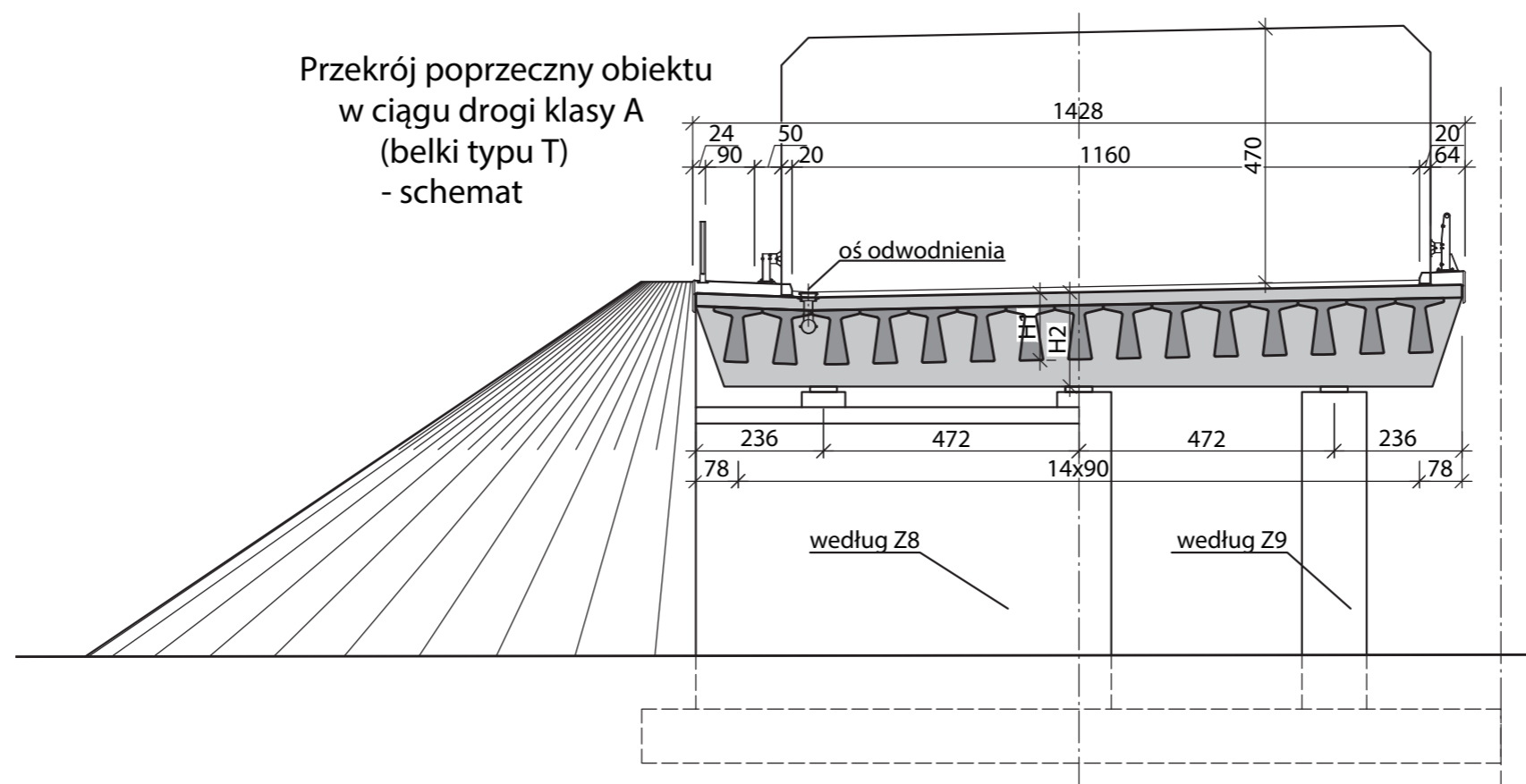
Liczba belek w przekroju : 15

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-2PA

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

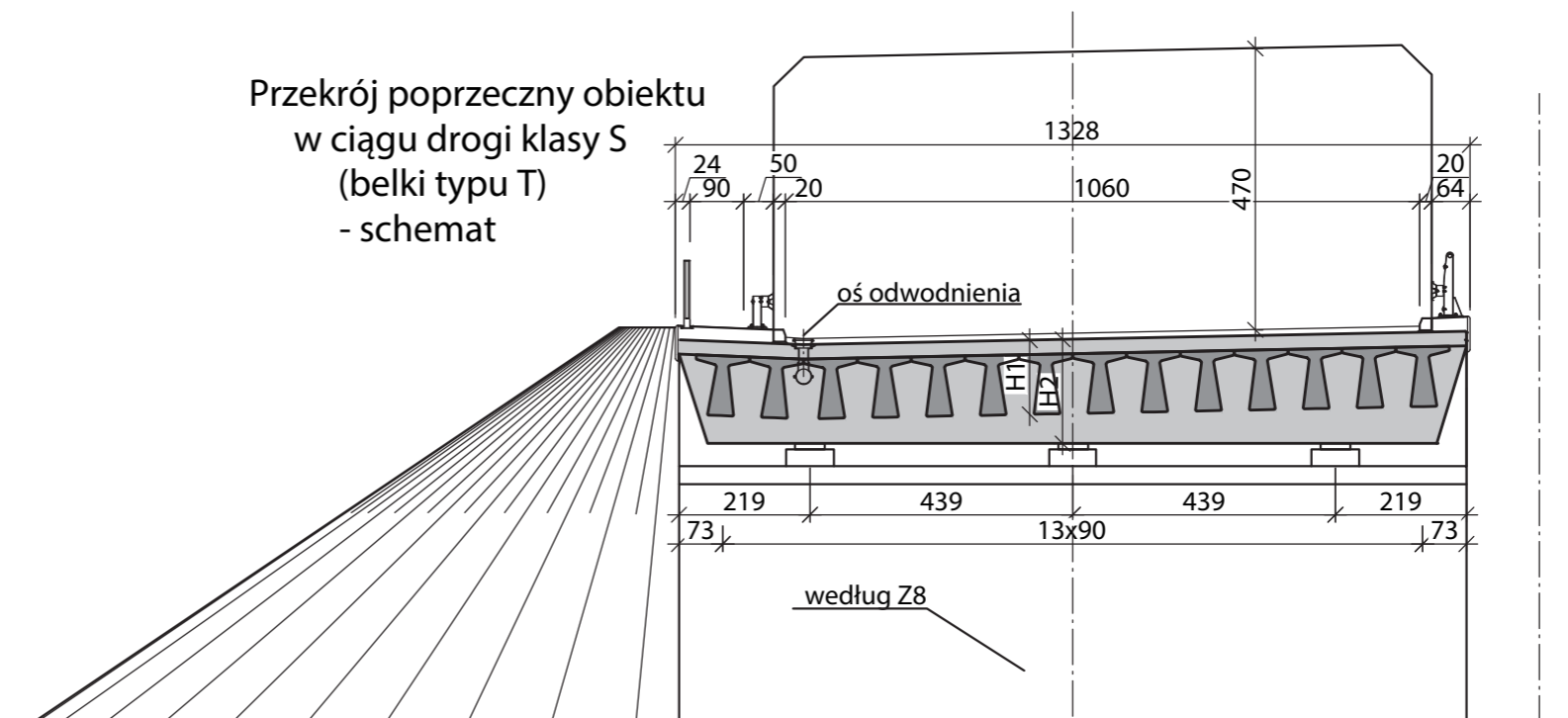


Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	1079	761	0.70	84	120	25	36
21 + 24 + 21	T21, T24	966	588	0.61	82	135	21	35
18 + 21 + 18	T18, T21	838	635	0.76	78	103	18	24
Liczba belek w przekroju: 15								

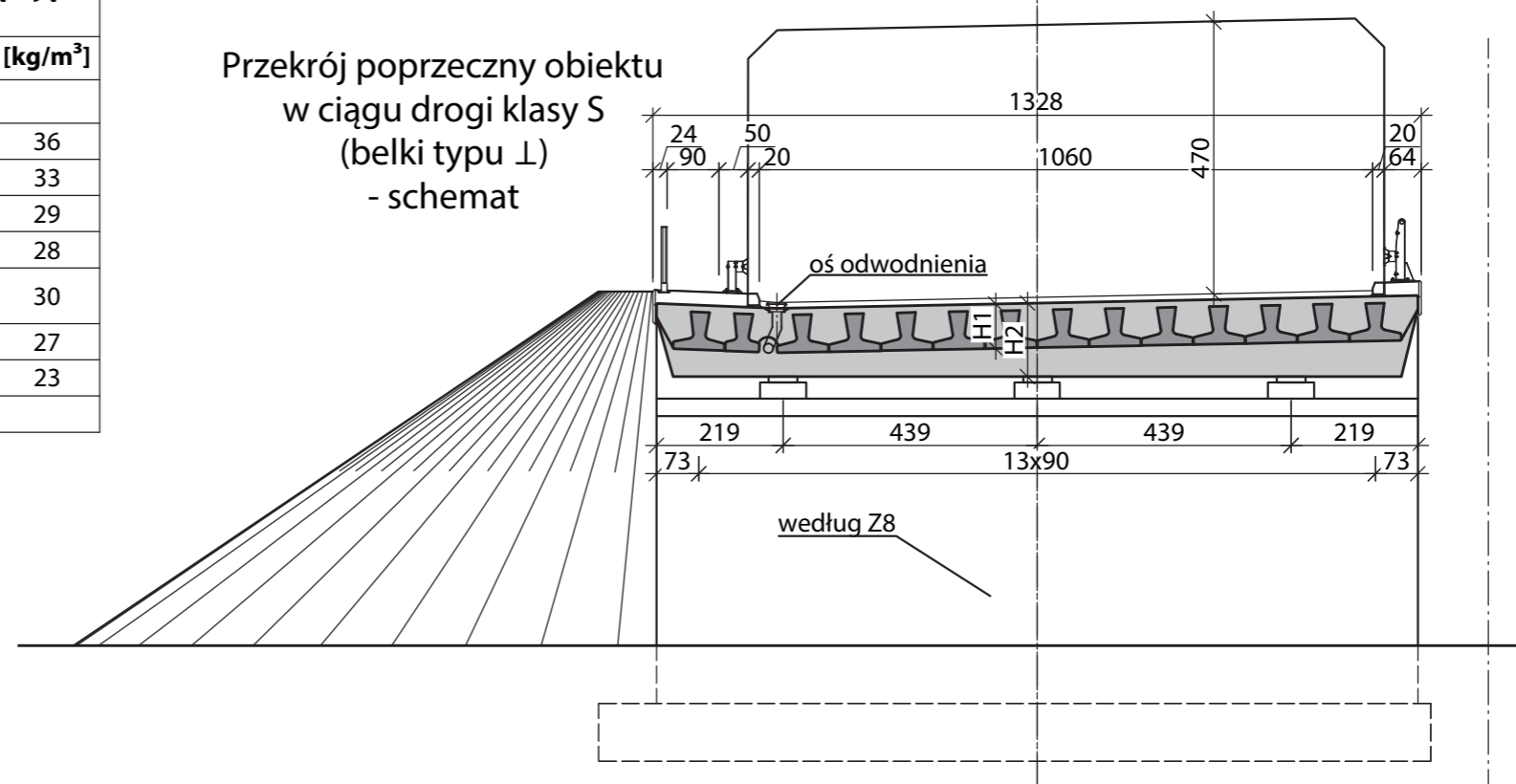
UWAGI I WYJAŚNIENIA
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A **Z5-WPA**

Przekrój poprzeczny obiektu
w ciągu drogi klasy S
(belki typu T)
- schemat



Przekrój poprzeczny obiektu
w ciągu drogi klasy S
(belki typu ⊥)
- schemat



Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	356	265	0.74	79	107	27	36
23	T24	317	224	0.71	78	111	23	33
20	T21	277	184	0.66	75	112	20	29
17	T18	238	143	0.60	74	122	17	28
14	⊥15	198	174	0.88	82	93	27	30
11	⊥12	158	126	0.80	81	102	22	27
8	⊥12	119	109	0.92	88	96	21	23

Liczba belek w przekroju: 14

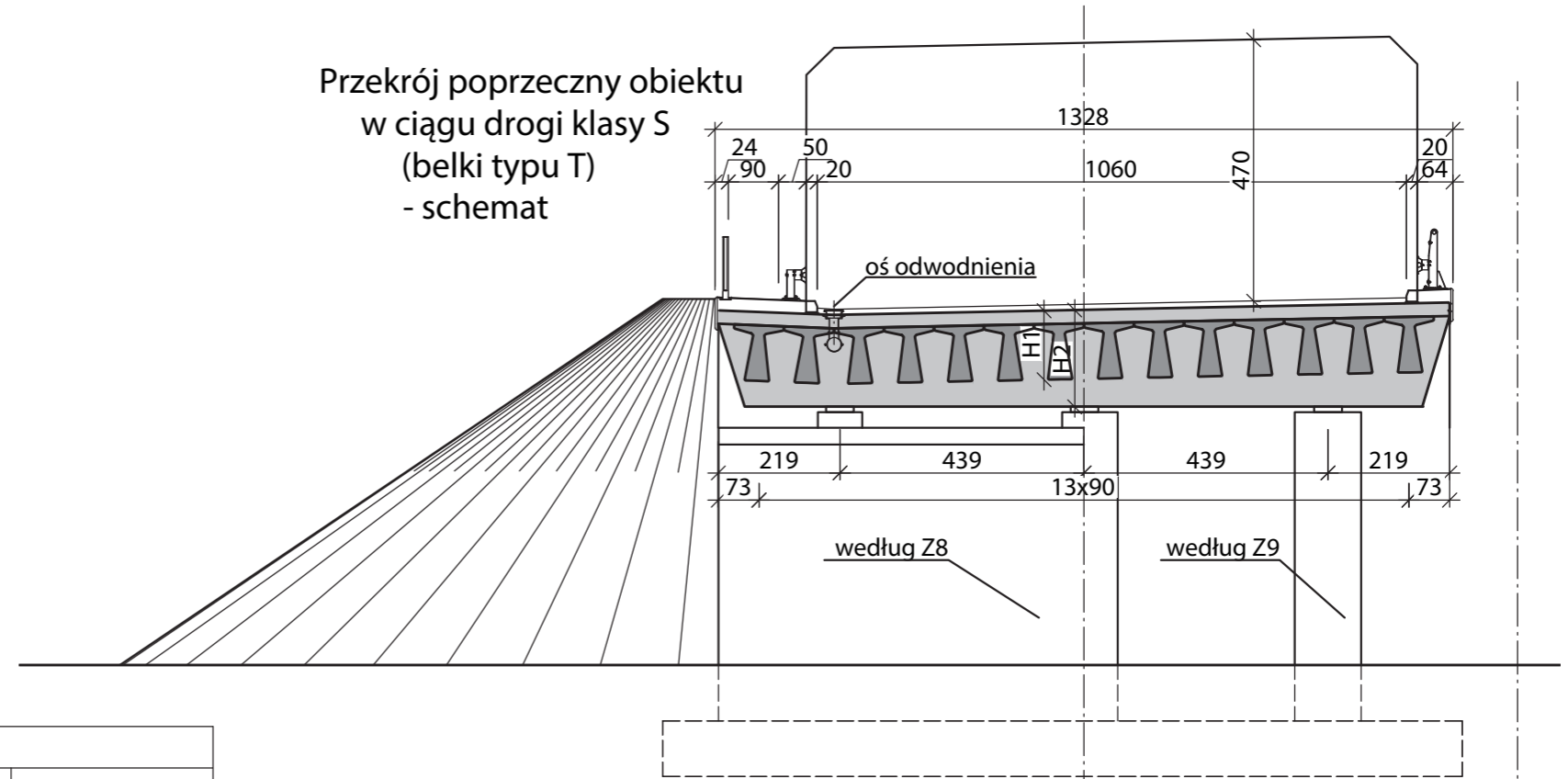
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-PS

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S

Przekrój poprzeczny obiektu
w ciągu drogi klasy S
(belki typu T)
- schemat



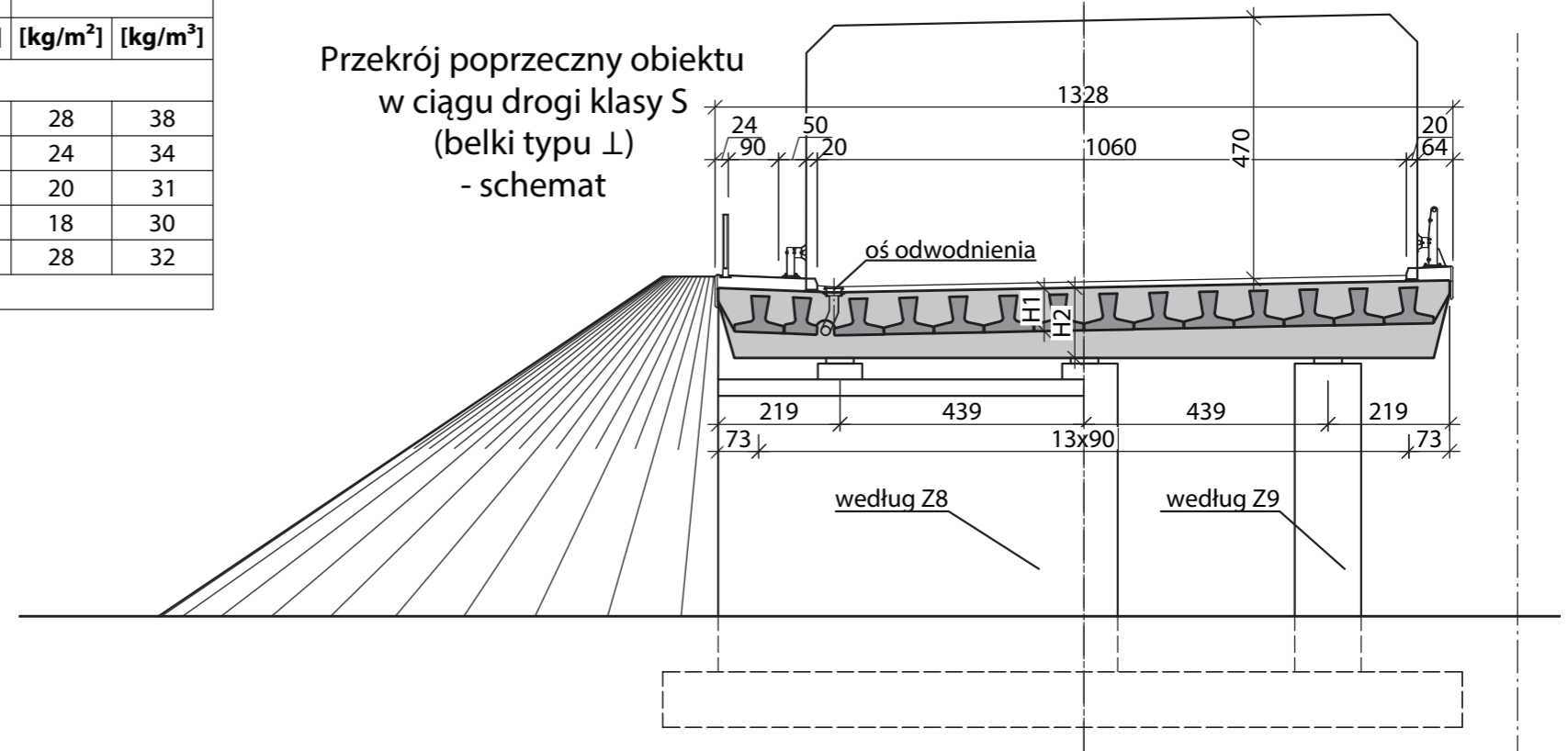
Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	726	530	0.73	83	114	28	38
24 + 24	T24	647	448	0.69	82	119	24	34
21 + 21	T21	568	369	0.65	78	120	20	31
18 + 18	T18	488	288	0.59	76	130	18	30
15 + 15	⊥15	409	353	0.86	84	97	28	32

Liczba belek w przekroju: 14

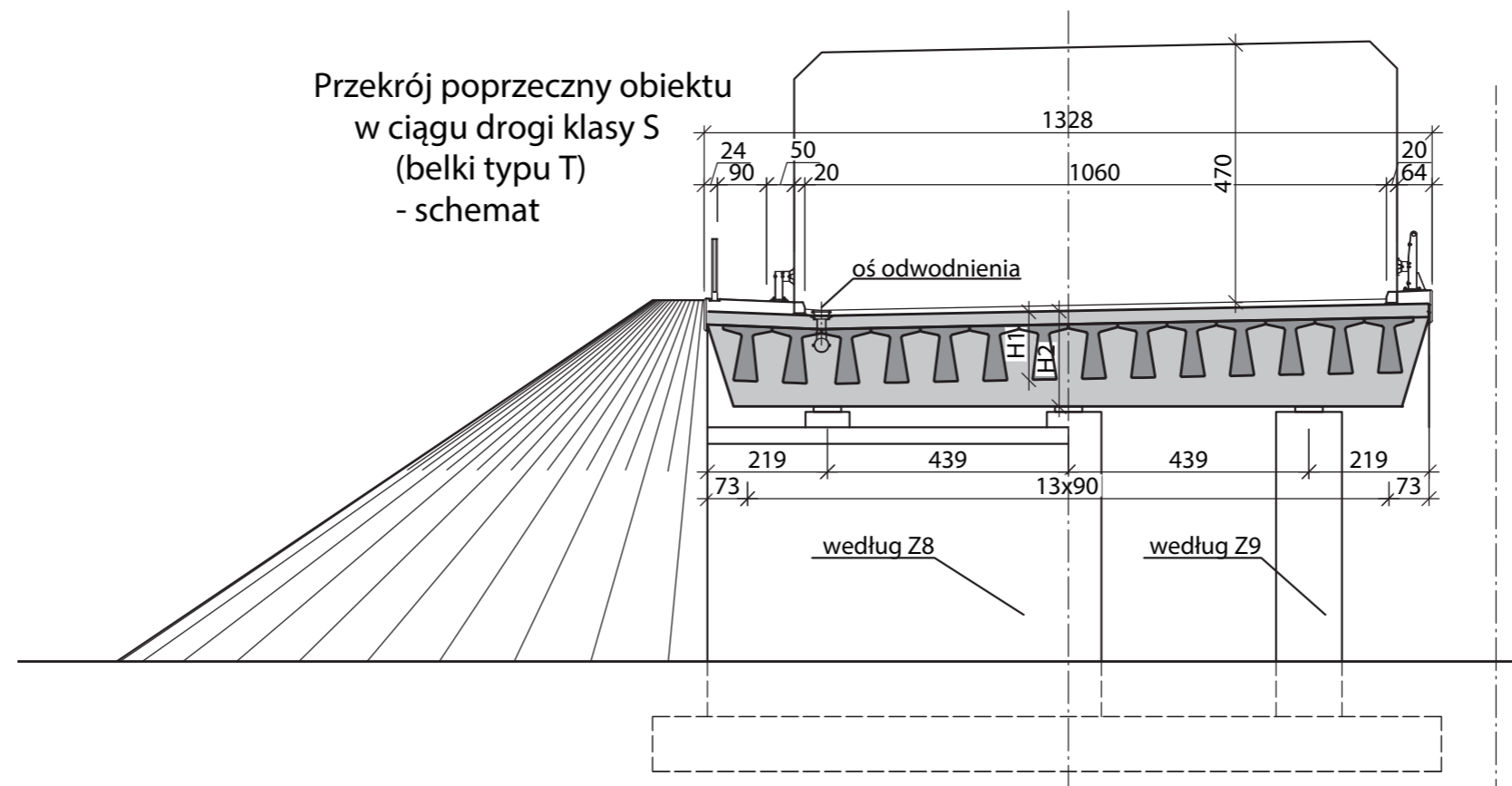
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Przekrój poprzeczny obiektu
w ciągu drogi klasy S
(belki typu ⊥)
- schemat



TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S **Z5-2PS**



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Zużycie materiałów								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	1003	709	0.71	85	120	25	36
21 + 24 + 21	T21, T24	898	548	0.61	82	135	21	35
18 + 21 + 18	T18, T21	779	591	0.76	78	103	18	24

Liczba belek w przekroju: 14

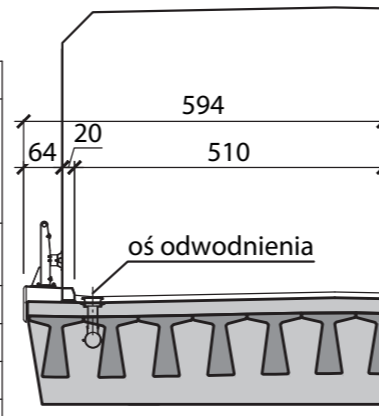
Z5-WPS

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S

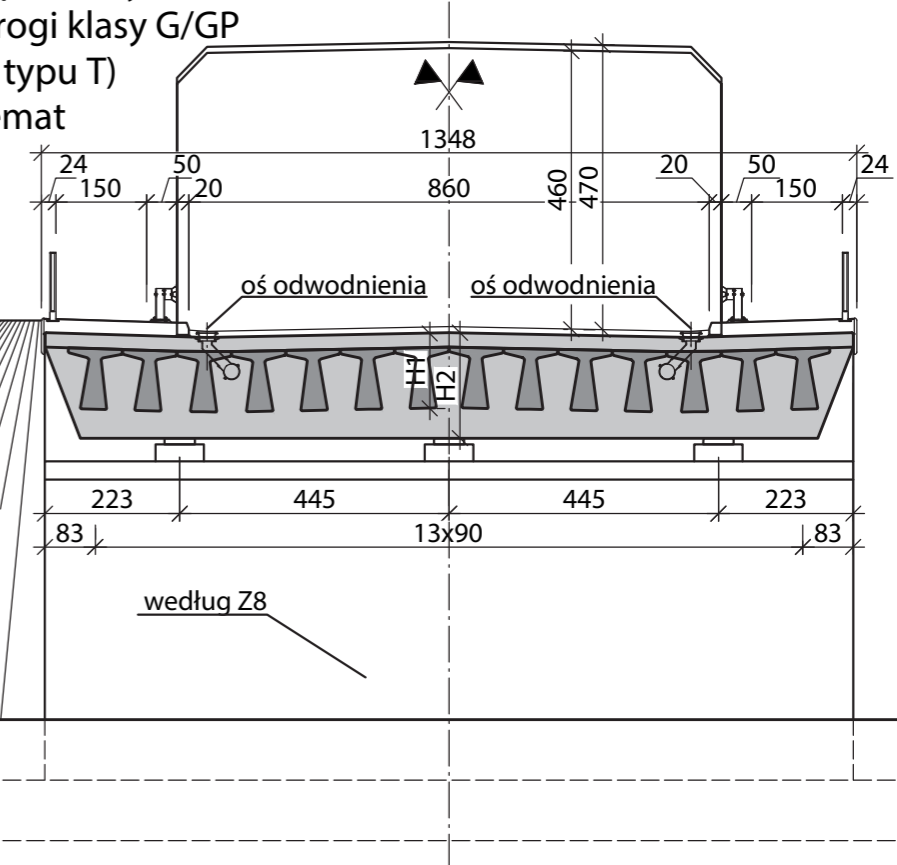
Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	362	266	0.74	79	107	27	36
23	T24	322	225	0.70	78	111	23	33
20	T21	281	185	0.66	74	113	19	29
17	T18	241	144	0.60	73	122	17	28
14	⊥15	201	177	0.88	81	93	26	30
11	⊥12	161	128	0.80	80	101	21	27
8	⊥12	121	111	0.92	88	95	21	22

Liczba belek w przekroju: 14

Przekrój niesymetryczny



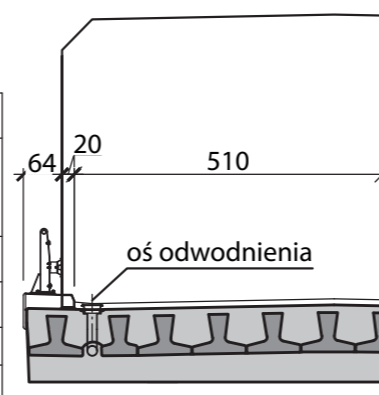
Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP (belki typu T) - schemat



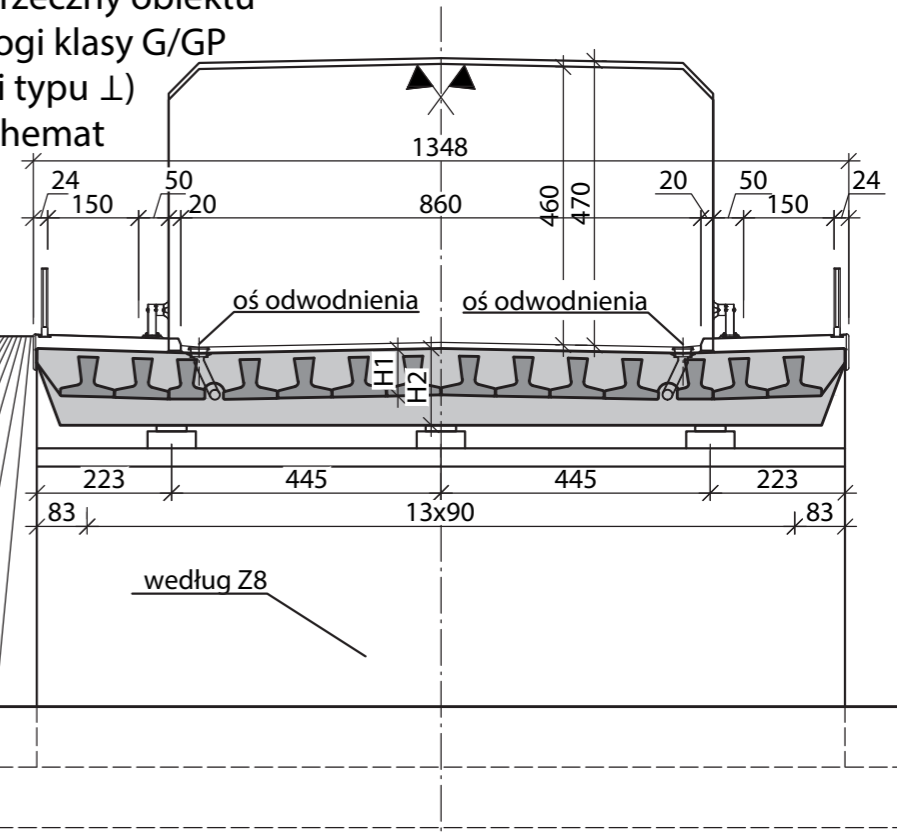
Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	319	242	0.76	81	106	28	37
23	T24	283	204	0.72	79	110	24	34
20	T21	248	168	0.68	76	112	20	30
17	T18	212	130	0.61	75	122	18	29
14	⊥15	177	156	0.88	82	93	28	31
11	⊥12	142	113	0.80	83	104	22	28
8	⊥12	106	98	0.92	90	98	22	23

Liczba belek w przekroju: 13

Przekrój niesymetryczny



Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP (belki typu ⊥) - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

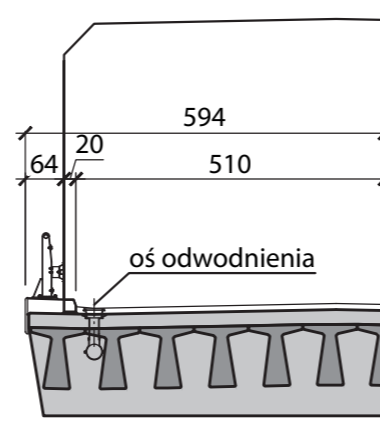
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP

Z5-PG/GP

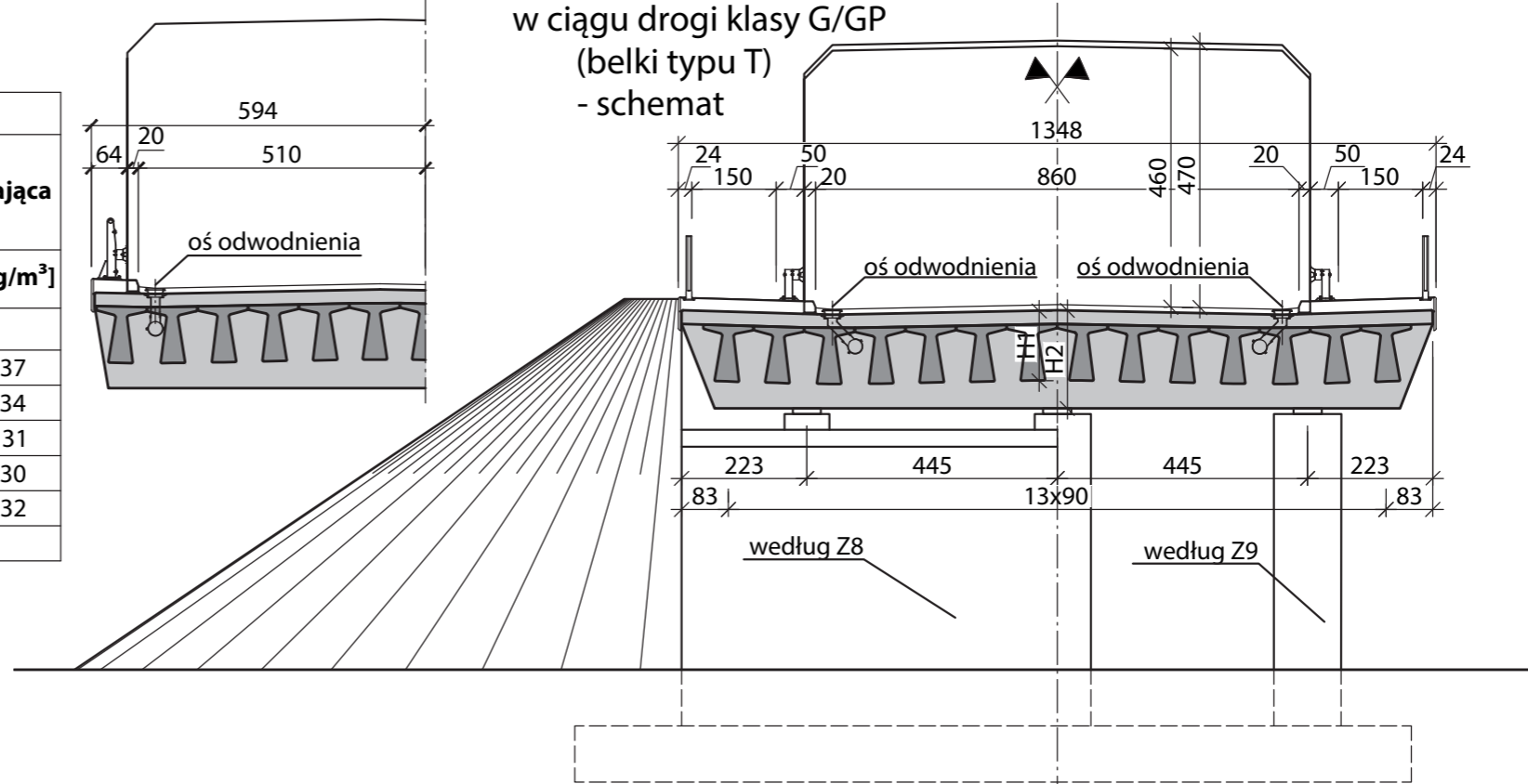
Zużycie materiałów - przekrój symetryczny								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	737	533	0.72	83	114	27	37
24 + 24	T24	657	451	0.69	82	119	23	34
21 + 21	T21	576	371	0.64	77	120	20	31
18 + 18	T18	496	290	0.58	76	130	17	30
15 + 15	⊥15	415	359	0.86	83	97	27	32

Liczba belek w przekroju: 14

Przekrój niesymetryczny



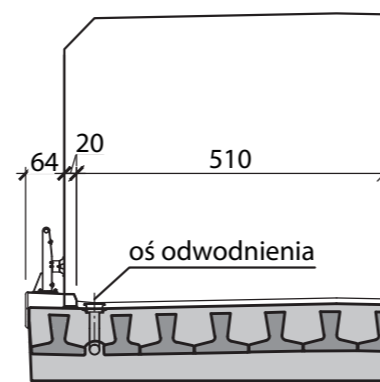
Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP (belki typu T) - schemat



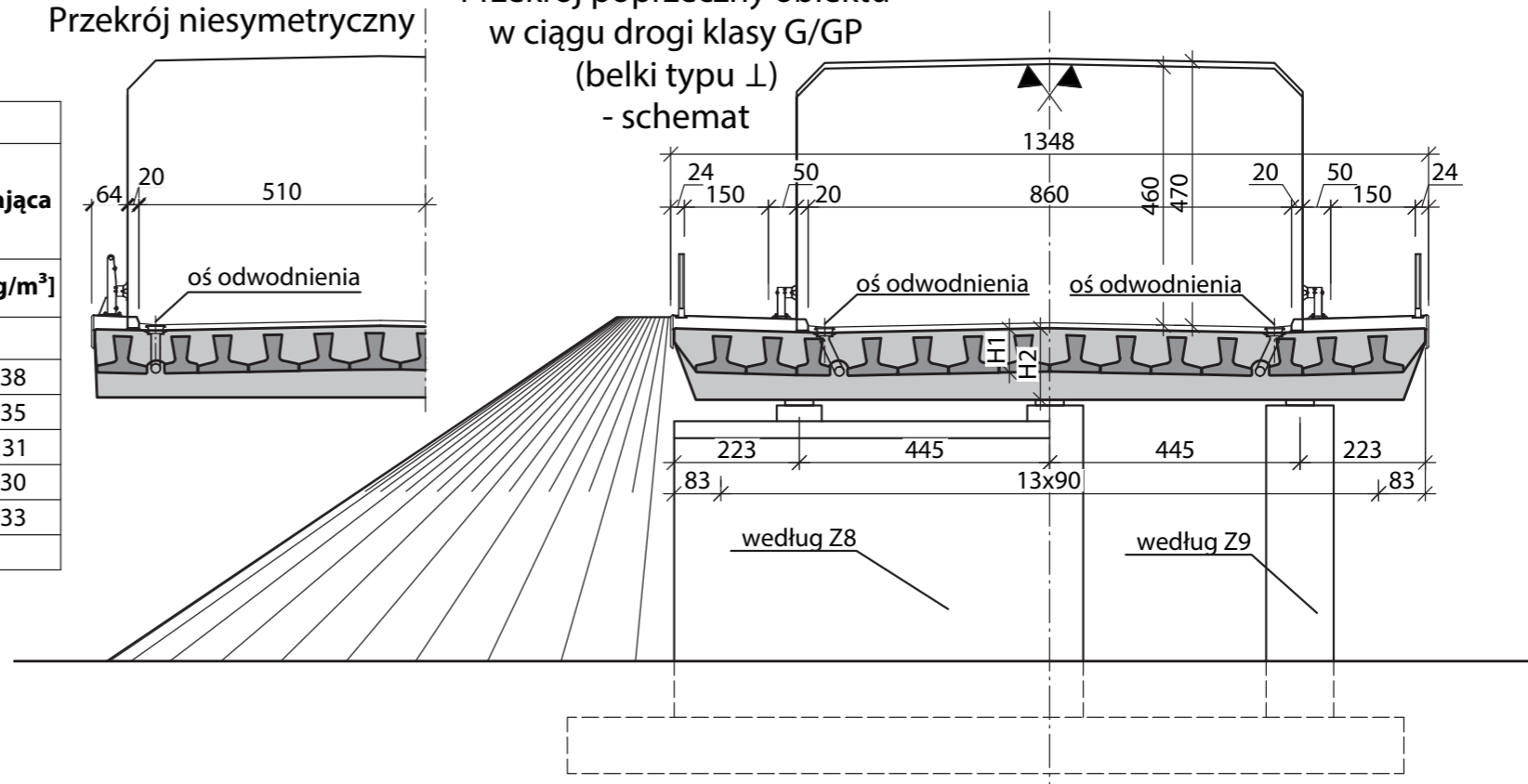
Zużycie materiałów - przekrój niesymetryczny								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	649	485	0.75	84	113	29	38
24 + 24	T24	578	409	0.71	84	118	25	35
21 + 21	T21	507	336	0.66	79	119	21	31
18 + 18	T18	437	262	0.60	78	129	18	30
15 + 15	⊥15	366	316	0.86	84	97	29	33

Liczba belek w przekroju: 13

Przekrój niesymetryczny



Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy G/GP (belki typu ⊥) - schemat

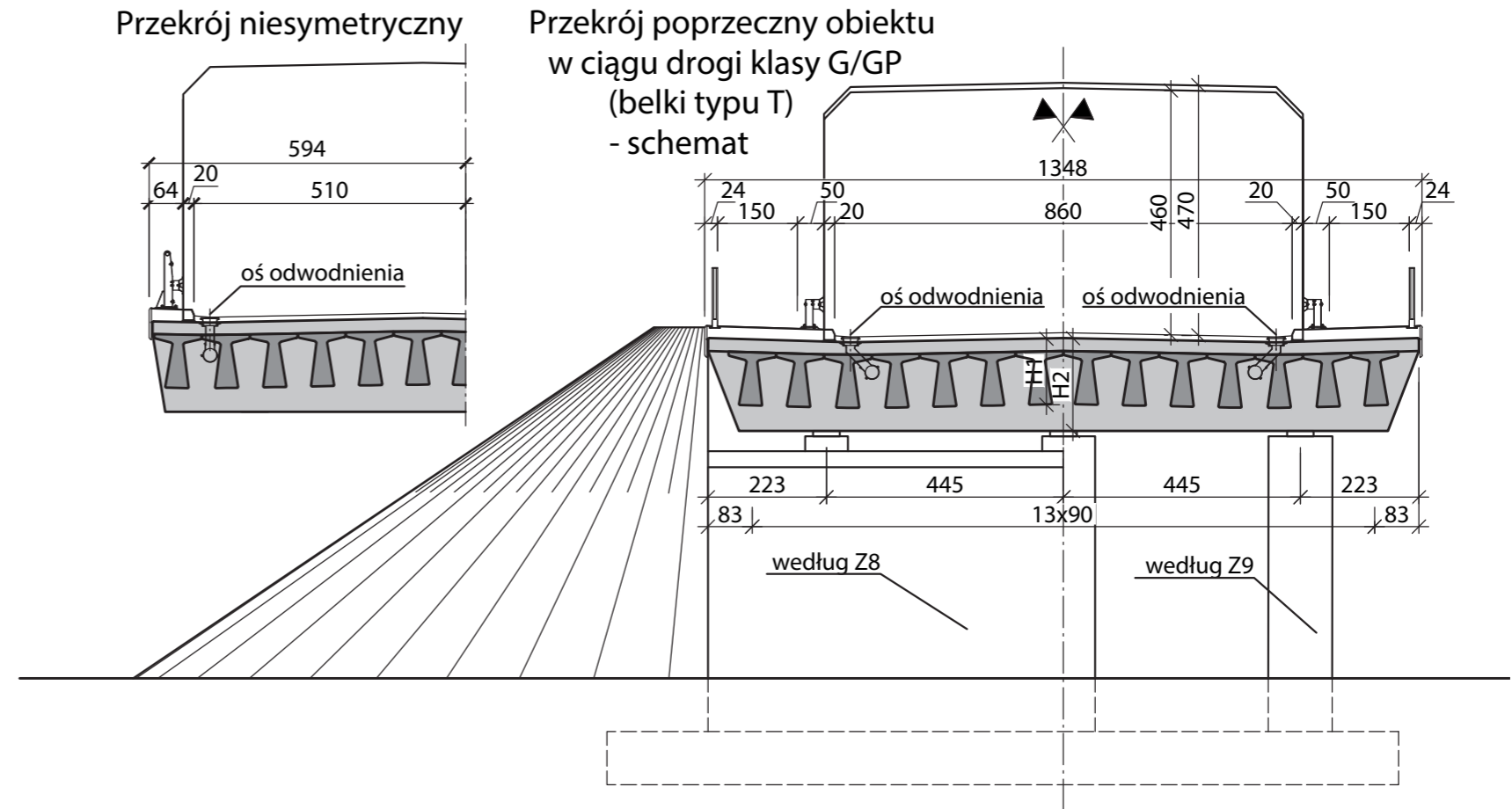


UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-2PG/GP

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP



Zużycie materiałów - przekrój niesymetryczny								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	897	648	0.72	86	119	26	36
21 + 24 + 21	T21, T24	802	502	0.63	83	133	22	35
18 + 21 + 18	T18, T21	696	540	0.78	79	102	19	25
Liczba belek w przekroju: 13								

Zużycie materiałów - przekrój symetryczny								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	1018	713	0.70	84	120	25	36
21 + 24 + 21	T21, T24	911	551	0.60	82	135	21	35
18 + 21 + 18	T18, T21	791	595	0.75	78	103	18	24
Liczba belek w przekroju: 14								

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

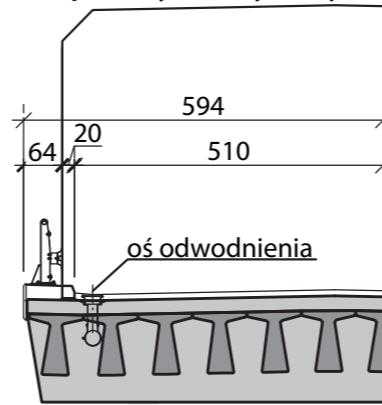
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP

Z5-WPG/GP

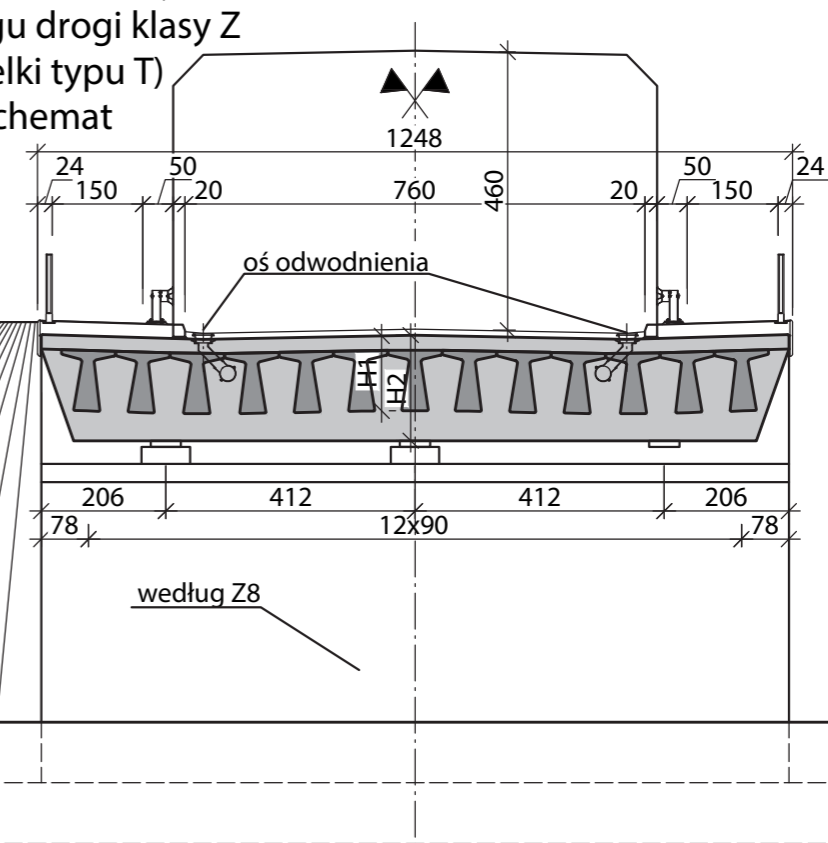
Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	335	247	0.74	78	106	27	36
23	T24	298	209	0.70	77	110	23	33
20	T21	260	172	0.66	74	112	19	29
17	T18	223	134	0.60	73	122	17	28
14	⊥15	186	164	0.88	79	90	26	30
11	⊥12	149	118	0.80	81	101	21	27
8	⊥12	112	103	0.92	88	96	21	22

Liczba belek w przekroju: 13

Przekrój niesymetryczny



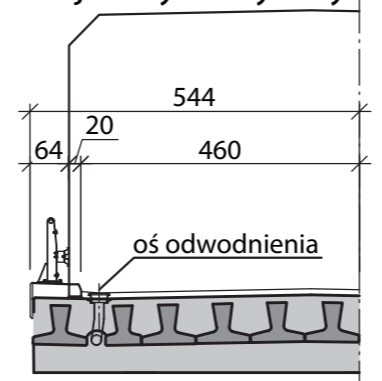
Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy Z (belki typu T) - schemat



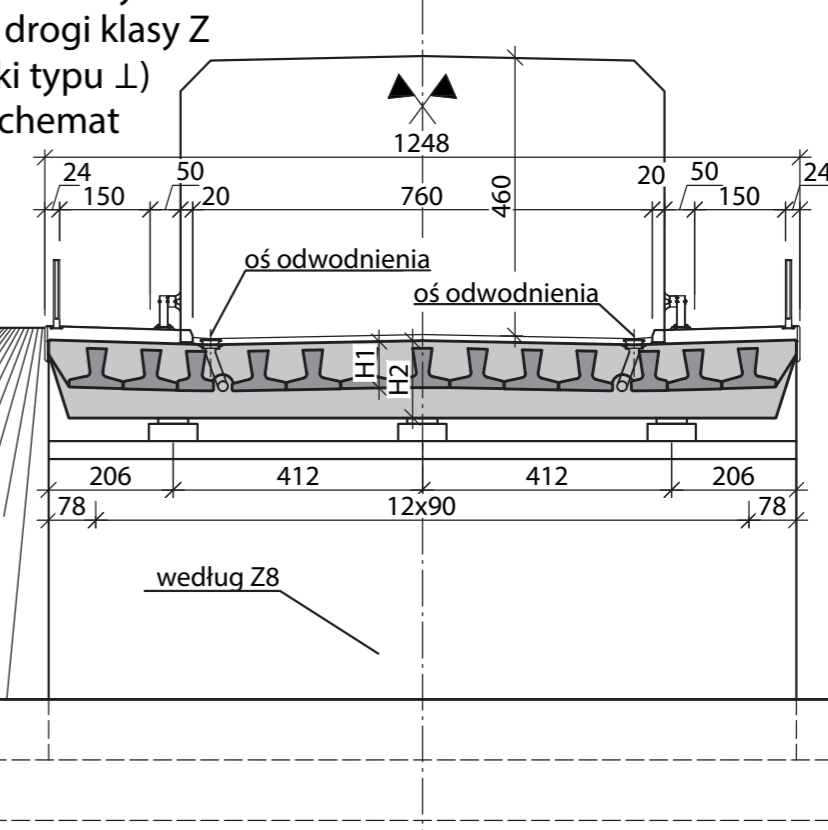
Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	292	223	0.76	81	106	28	37
23	T24	259	188	0.73	80	110	24	34
20	T21	227	154	0.68	76	112	20	30
17	T18	194	120	0.62	75	122	18	29
14	⊥15	162	142	0.88	82	93	28	32
11	⊥12	130	103	0.80	83	104	23	28
8	⊥12	97	90	0.93	91	98	22	24

Liczba belek w przekroju: 12

Przekrój niesymetryczny



Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy Z (belki typu ⊥) - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

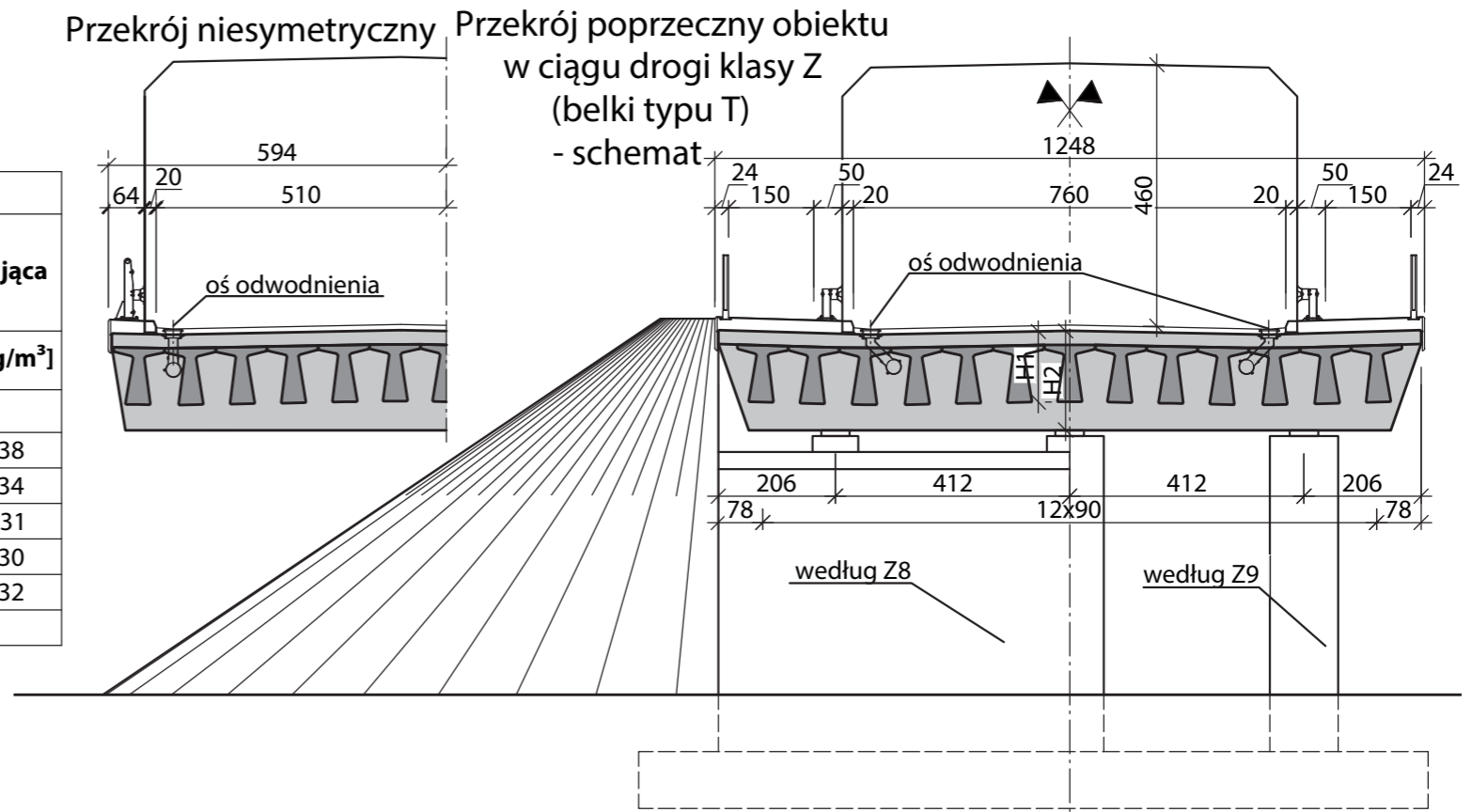
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-PZ

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z

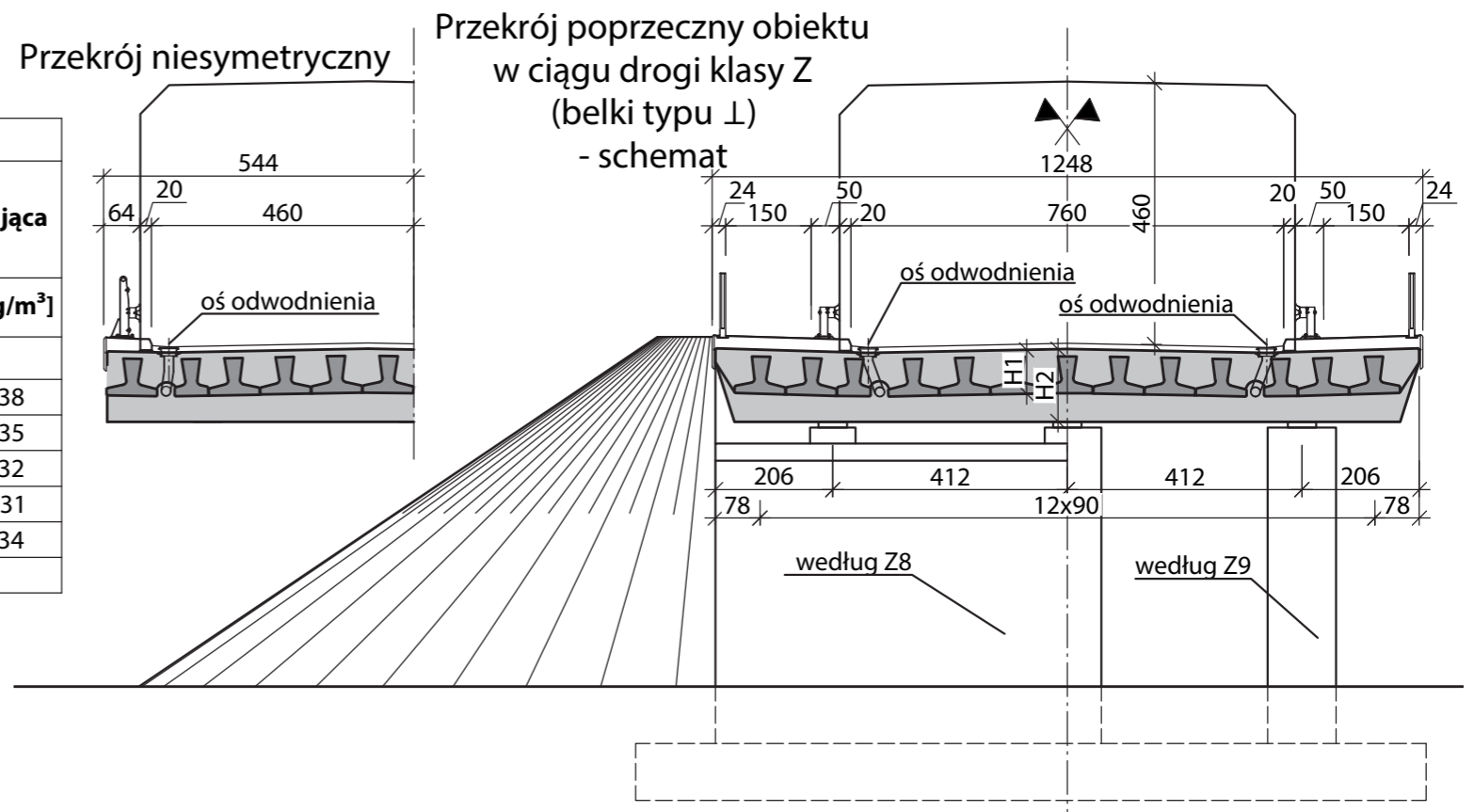
Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	682	495	0.73	82	113	27	38
24 + 24	T24	608	418	0.69	81	118	24	34
21 + 21	T21	533	344	0.65	77	119	20	31
18 + 18	T18	459	269	0.59	76	129	17	30
15 + 15	⊥15	384	332	0.86	82	94	27	32

Liczba belek w przekroju: 13



Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	594	446	0.75	85	113	29	38
24 + 24	T24	529	377	0.71	84	118	25	35
21 + 21	T21	464	309	0.67	79	119	21	32
18 + 18	T18	400	241	0.60	78	129	18	31
15 + 15	⊥15	335	289	0.86	84	97	29	34

Liczba belek w przekroju: 12



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

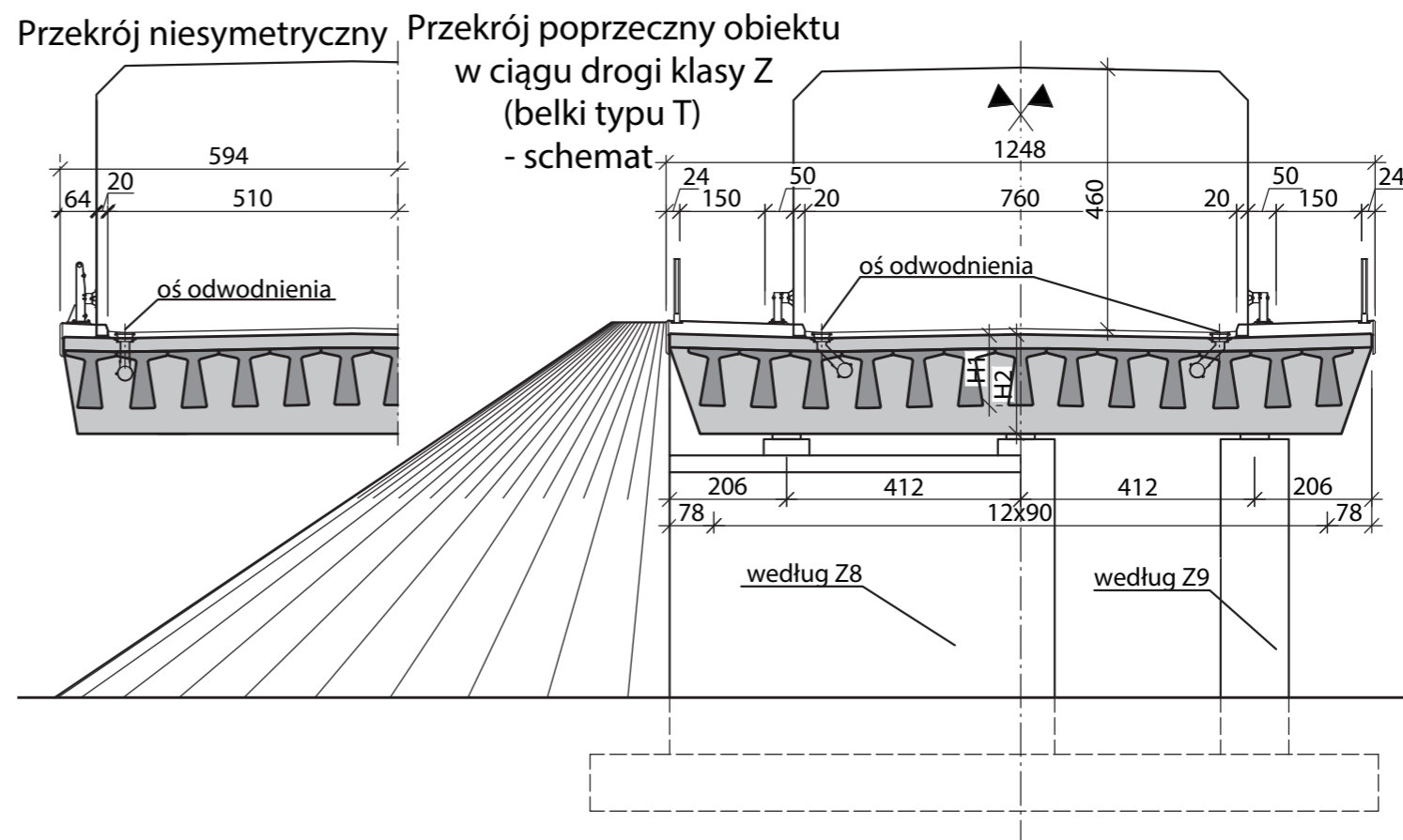
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z **Z5-2PZ**

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	942	661	0.70	84	119	25	36
21 + 24 + 21	T21, T24	843	511	0.61	82	134	21	35
18 + 21 + 18	T18, T21	732	552	0.75	78	103	18	24

Liczba belek w przekroju: 13

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	821	596	0.73	86	119	27	37
21 + 24 + 21	T21, T24	734	462	0.63	84	133	22	35
18 + 21 + 18	T18, T21	637	496	0.78	80	102	19	25

Liczba belek w przekroju: 12


UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-WPZ

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	308	228	0.74	79	106	27	36
23	T24	274	192	0.70	78	110	23	33
20	T21	239	158	0.66	74	112	19	29
17	T18	205	123	0.60	73	122	17	28
14	⊥15	171	150	0.88	80	91	26	30
11	⊥12	137	109	0.80	81	102	21	27
8	⊥12	103	94	0.92	89	96	21	23

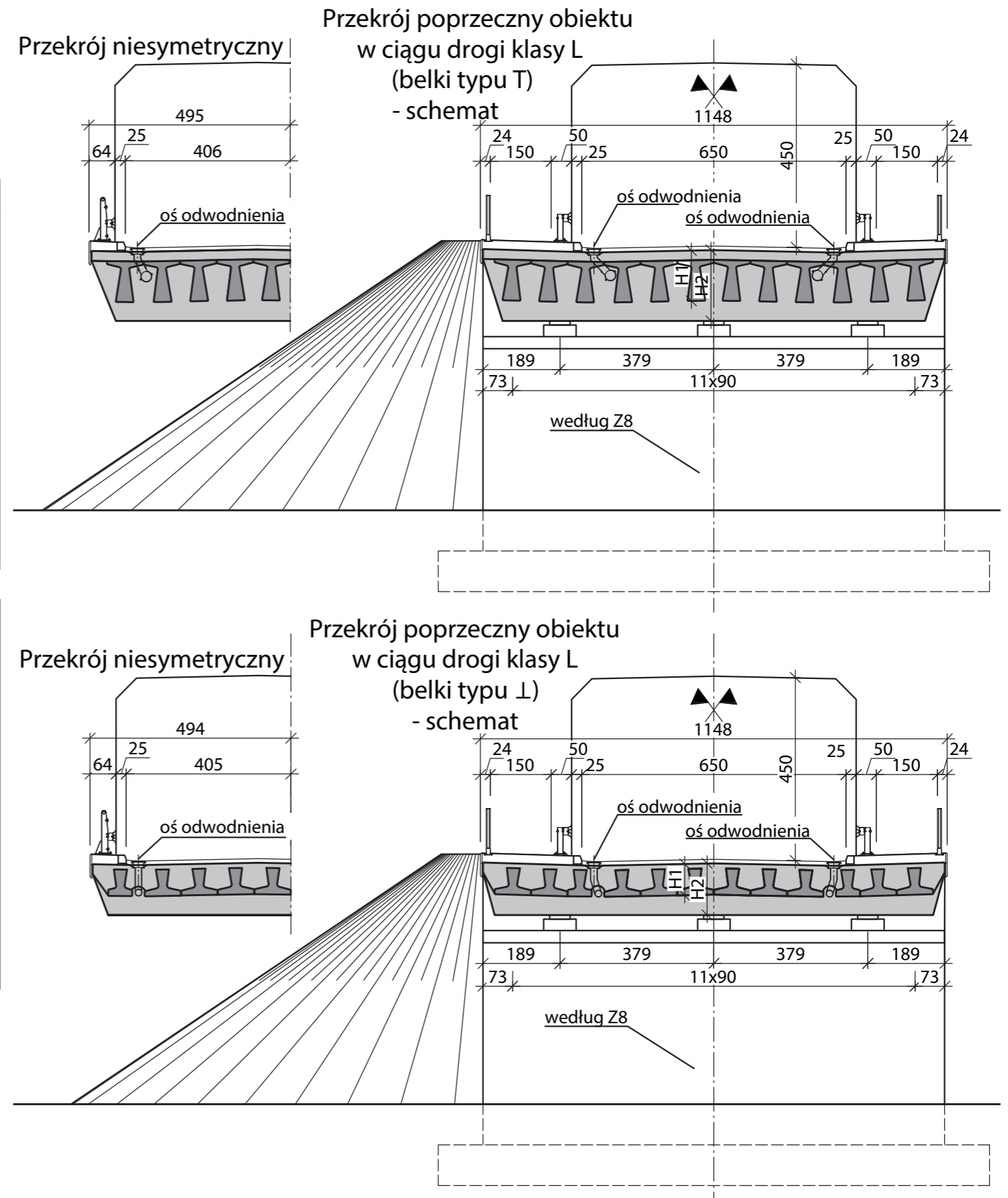
Liczba belek w przekroju: 12

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	265	192	0.73	77	106	26	36
23	T24	235	162	0.69	76	110	22	32
20	T21	206	134	0.65	73	112	19	29
17	T18	176	104	0.59	72	121	16	28
14	⊥15	147	129	0.88	76	87	26	29
11	⊥12	118	94	0.80	80	100	21	26
8	⊥12	88	81	0.92	88	96	20	22

Liczba belek w przekroju: 10

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.



TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Z5-PL

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	627	456	0.73	82	113	27	38
24 + 24	T24	559	385	0.69	82	118	24	34
21 + 21	T21	490	317	0.65	77	119	20	31
18 + 18	T18	422	248	0.59	76	129	17	30
15 + 15	⊥15	353	305	0.86	82	95	27	32

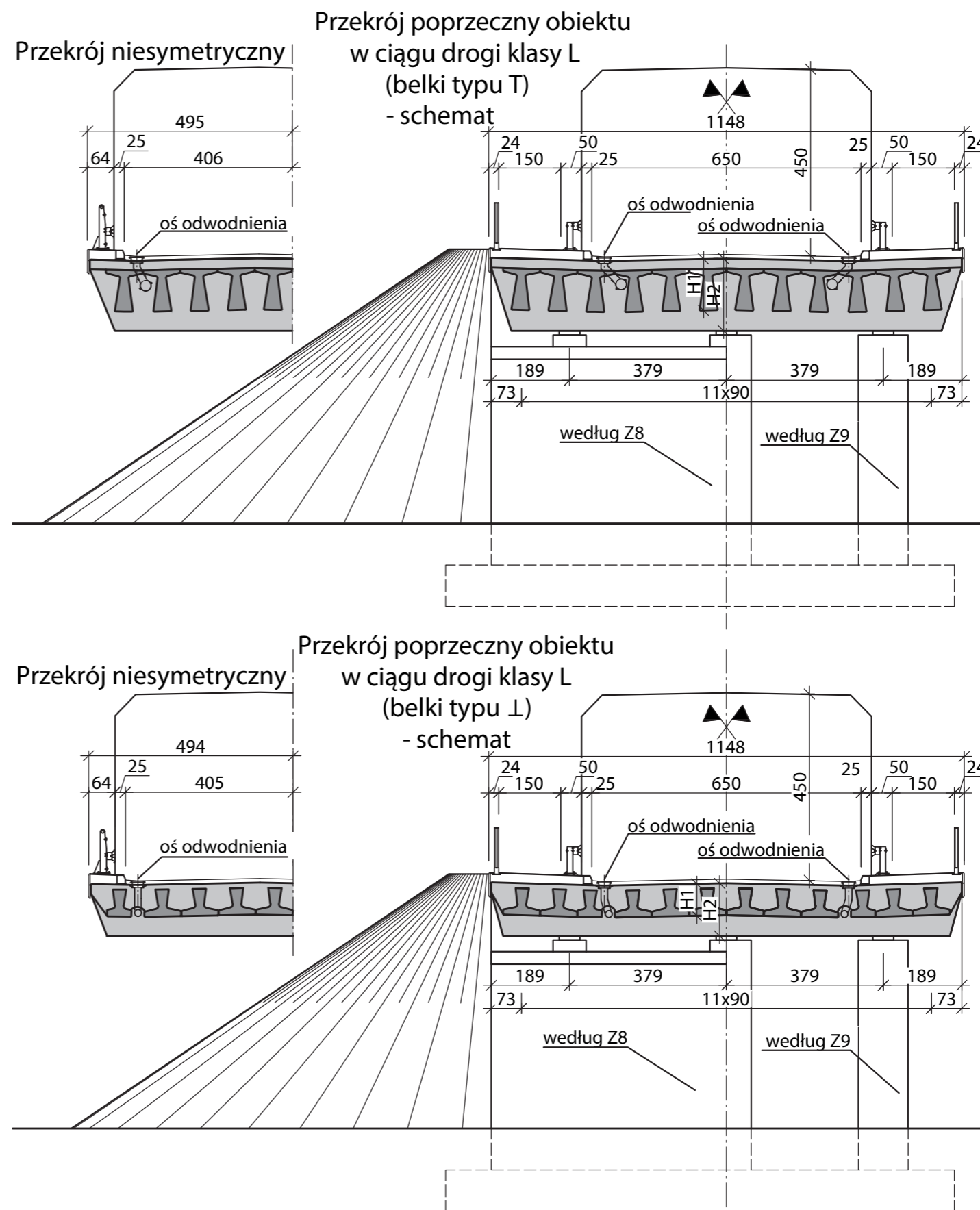
Liczba belek w przekroju: 12

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	539	385	0.71	81	113	26	37
24 + 24	T24	480	325	0.68	80	118	23	34
21 + 21	T21	421	268	0.64	76	119	19	30
18 + 18	T18	363	210	0.58	74	129	17	29
15 + 15	⊥15	304	262	0.86	78	90	27	31

Liczba belek w przekroju: 10

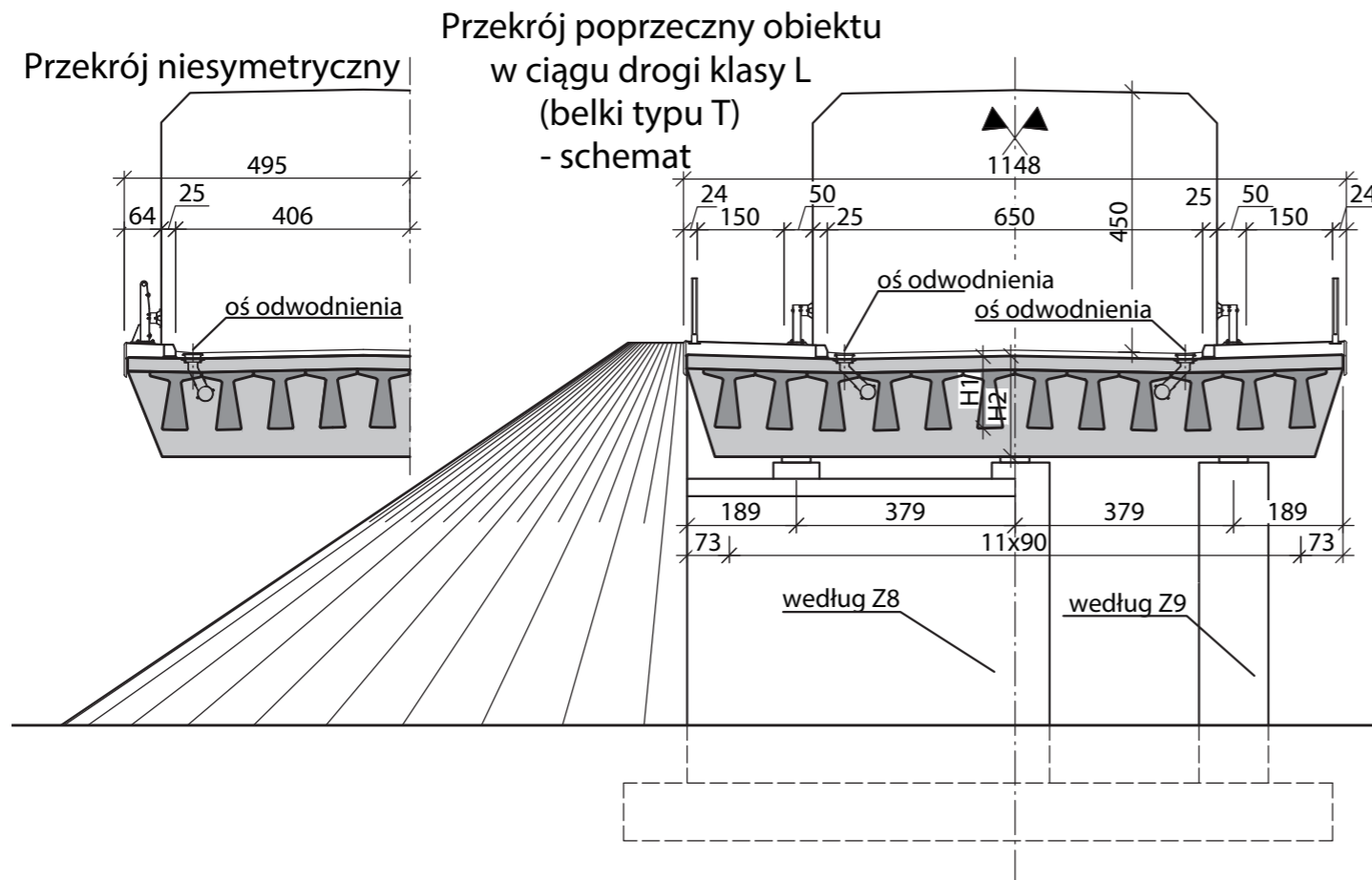
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.



Z5-2PL

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L



Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	866	609	0.70	84	119	25	36
21 + 24 + 21	T21, T24	775	471	0.61	82	134	21	35
18 + 21 + 18	T18, T21	673	509	0.76	78	103	18	24

Liczba belek w przekroju: 12

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	745	515	0.69	82	119	24	35
21 + 24 + 21	T21, T24	666	397	0.60	80	135	20	34
18 + 21 + 18	T18, T21	578	430	0.74	76	103	18	24

Liczba belek w przekroju: 10

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L **Z5-WPL**

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	294	224	0.76	81	106	28	37
23	T24	262	189	0.72	79	110	24	34
20	T21	229	155	0.68	76	112	20	30
17	T18	196	120	0.61	75	122	18	29
14	⊥15	164	144	0.88	82	93	28	31
11	⊥12	131	104	0.80	83	104	22	28
8	⊥12	98	91	0.92	90	98	22	23

Liczba belek w przekroju: 12

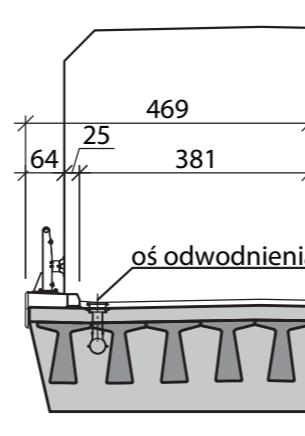
Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie		Stal sprężająca	
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty jednoprzęsłowe								
26	T27	251	188	0.75	79	106	27	37
23	T24	223	159	0.71	78	110	24	33
20	T21	195	131	0.67	75	112	20	30
17	T18	167	102	0.61	74	121	17	29
14	⊥15	140	123	0.88	78	89	27	31
11	⊥12	112	89	0.80	82	103	22	27
8	⊥12	84	77	0.92	90	98	21	23

Liczba belek w przekroju: 10

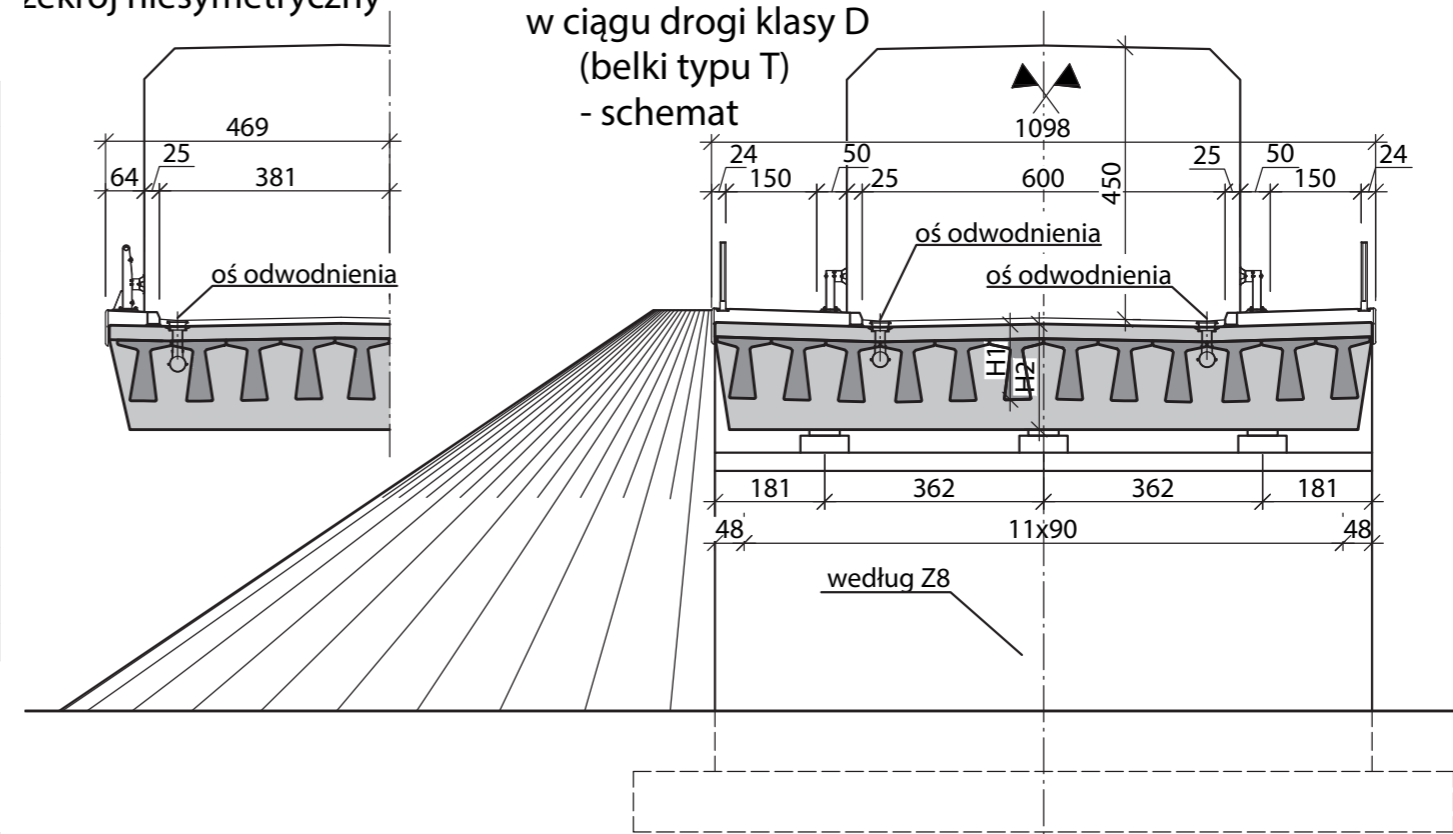
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

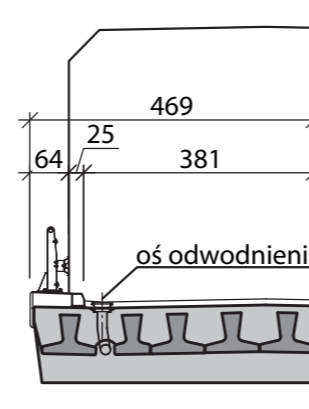
zetrój niesymetryczny



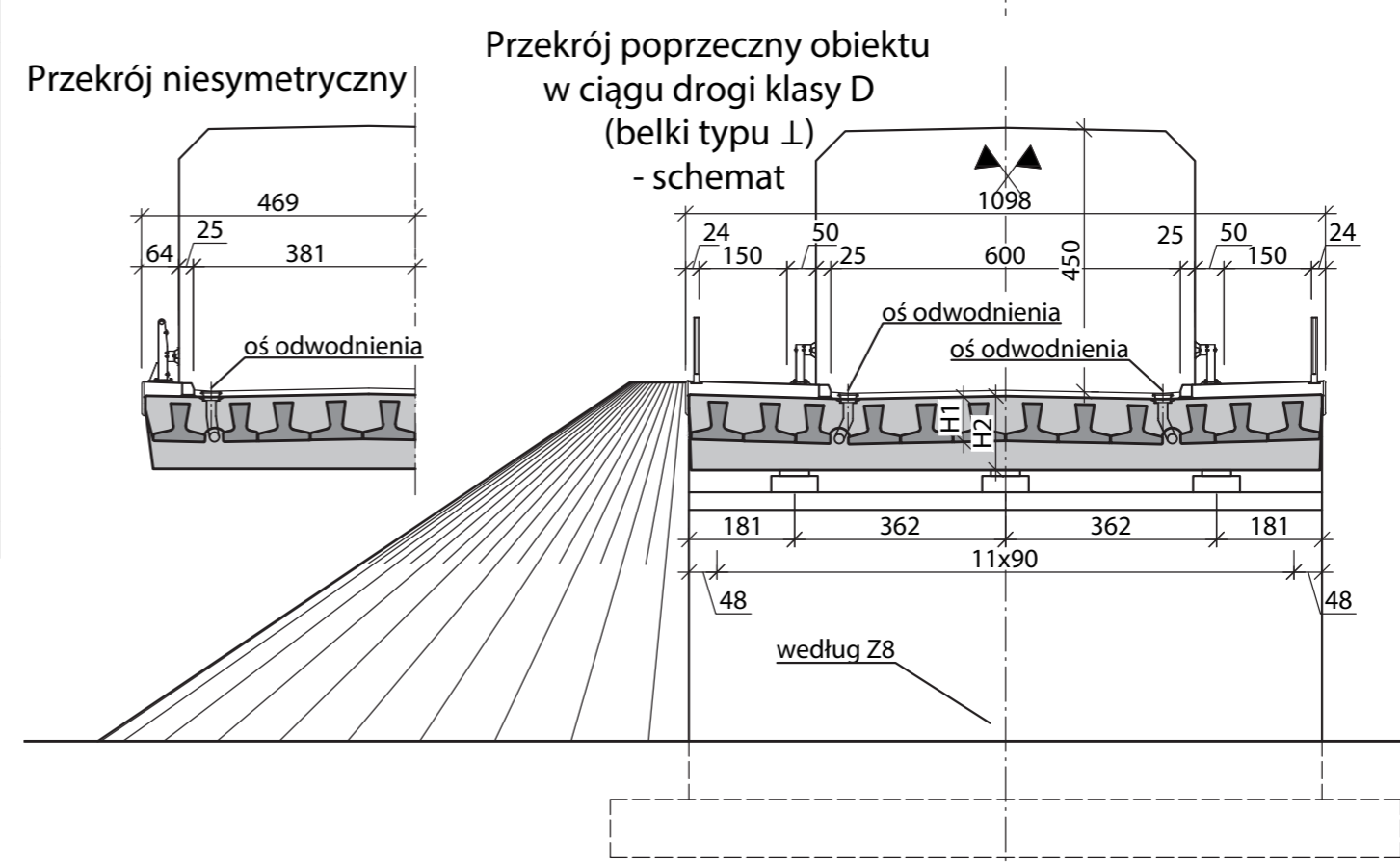
Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy D (belki typu T) - schemat



Przekrój niesymetryczny



Przekrój poprzeczny obiektu w ciągu drogi klasy D (belki typu ⊥) - schemat



Z5-PD

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	600	448	0.75	84	113	29	38
24 + 24	T24	534	378	0.71	84	118	25	35
21 + 21	T21	469	311	0.66	79	119	21	31
18 + 18	T18	403	242	0.60	78	129	18	30
15 + 15	⊥15	338	292	0.86	84	97	29	33

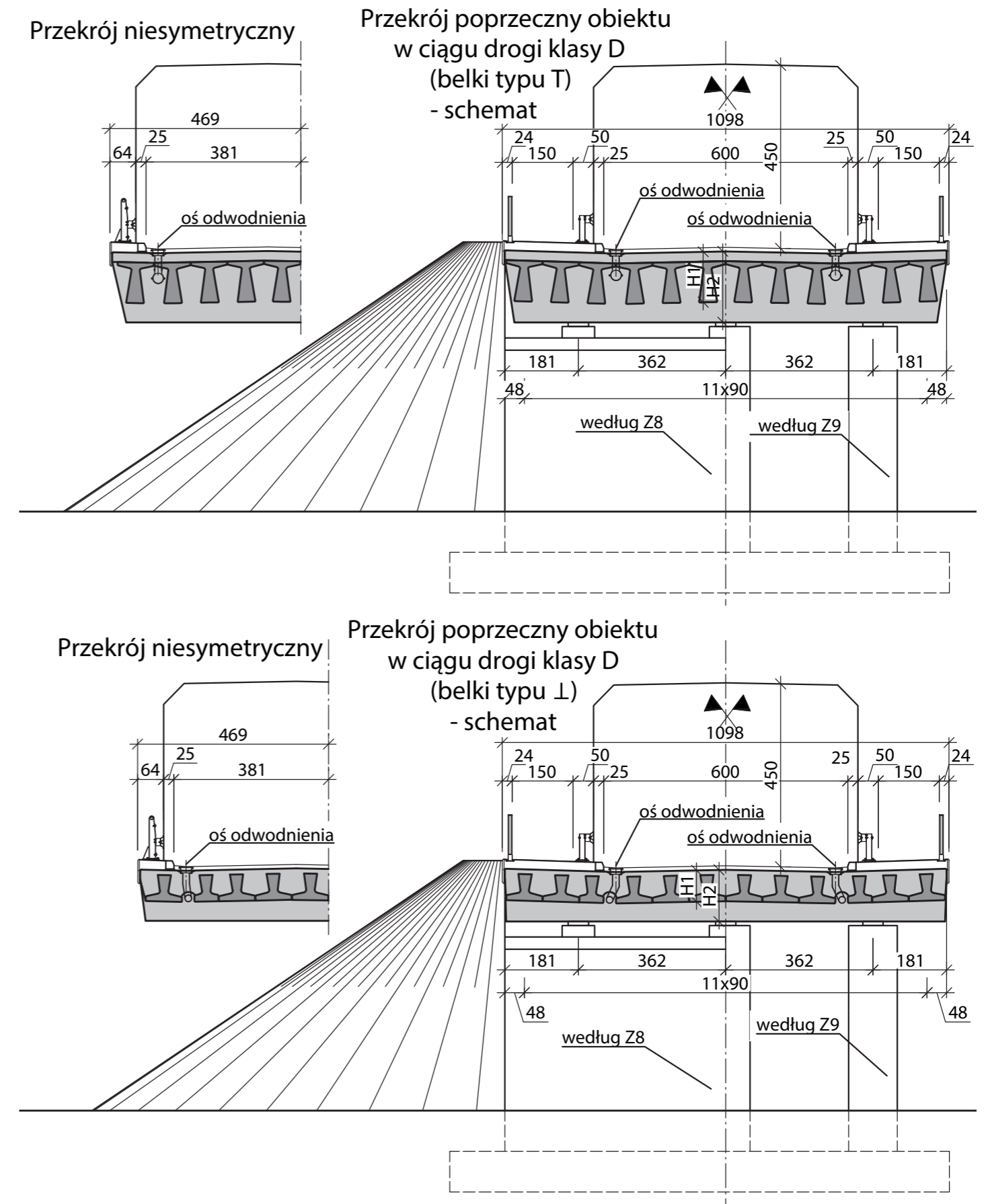
Liczba belek w przekroju: 12

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty dwuprzęsłowe								
27 + 27	T27	512	377	0.74	83	113	28	38
24 + 24	T24	456	318	0.70	82	118	24	35
21 + 21	T21	400	262	0.65	78	119	20	31
18 + 18	T18	344	204	0.59	76	129	18	30
15 + 15	⊥15	288	249	0.86	80	93	28	32

Liczba belek w przekroju: 10

UWAGI I WYJAŚNIENIA

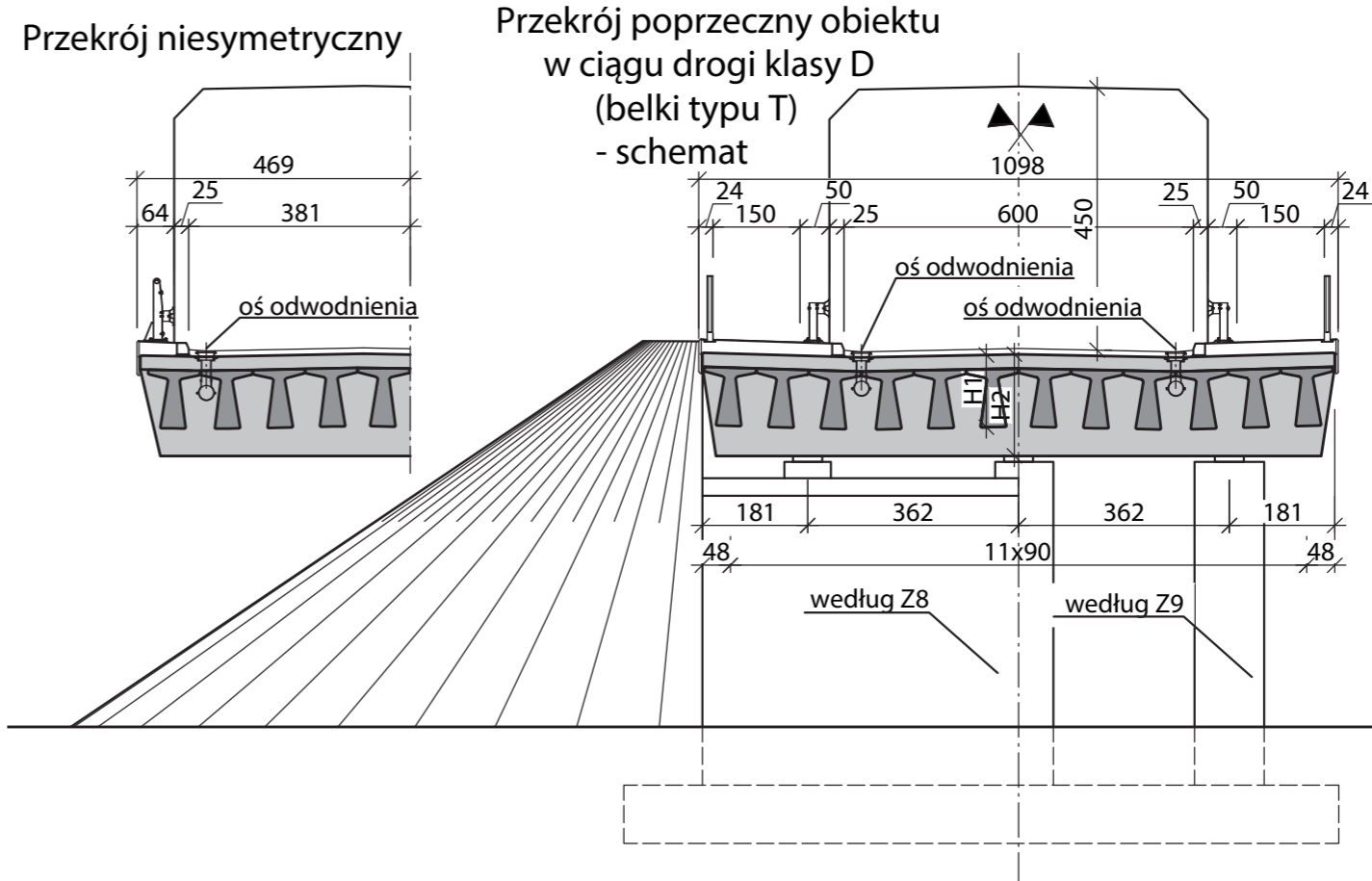
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.



TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D **Z5-2PD**

Zużycie materiałów (przekrój symetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	828	598	0.72	86	119	26	36
21 + 24 + 21	T21, T24	741	464	0.63	83	133	22	35
18 + 21 + 18	T18, T21	643	498	0.78	79	102	19	25
Liczba belek w przekroju: 12								

Zużycie materiałów (przekrój niesymetryczny)								
Rozpiętość obiektu	Typ belki	Powierzchnia obiektu	Całkowita objętość betonu	Beton	Zbrojenie	Stal sprężająca		
[m]	-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
Obiekty trójprzęsłowe								
24 + 27 + 24	T24, T27	707	503	0.71	84	119	26	36
21 + 24 + 21	T21, T24	632	390	0.62	82	133	22	35
18 + 21 + 18	T18, T21	549	420	0.77	78	102	19	24
Liczba belek w przekroju: 10								


UWAGI I WYJAŚNIENIA

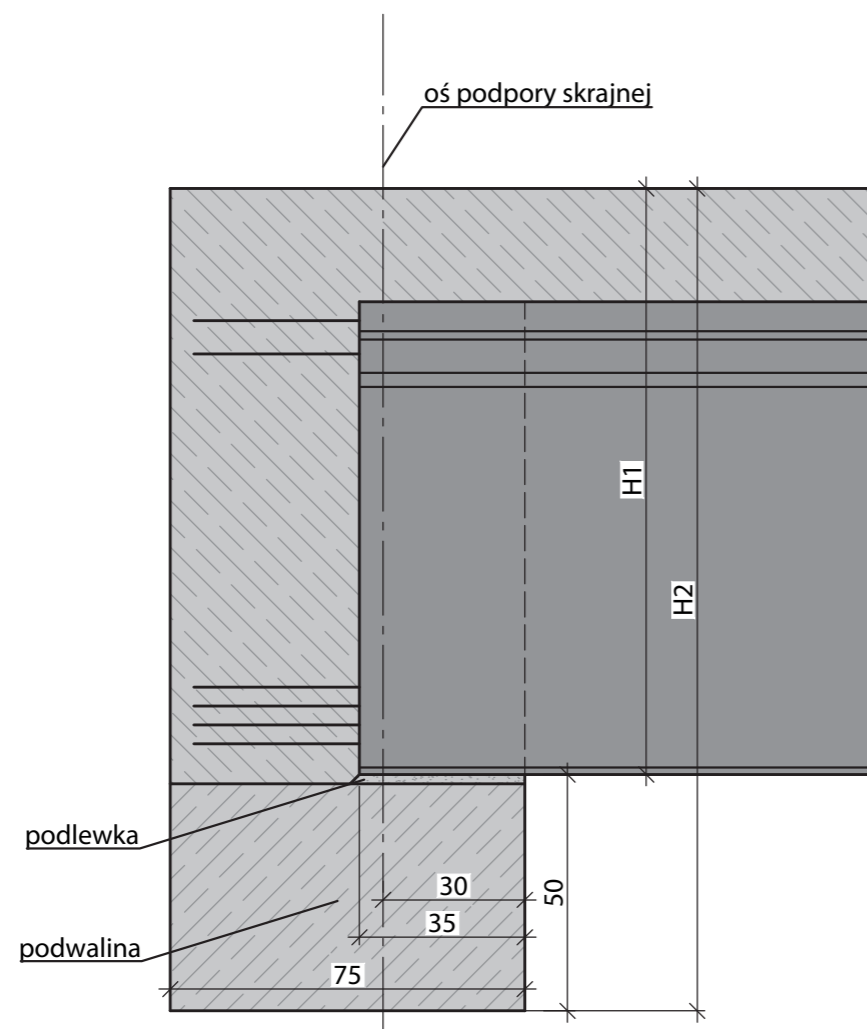
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem rozwiązań szczegółowych Z5-WPP.

Z5-WPD

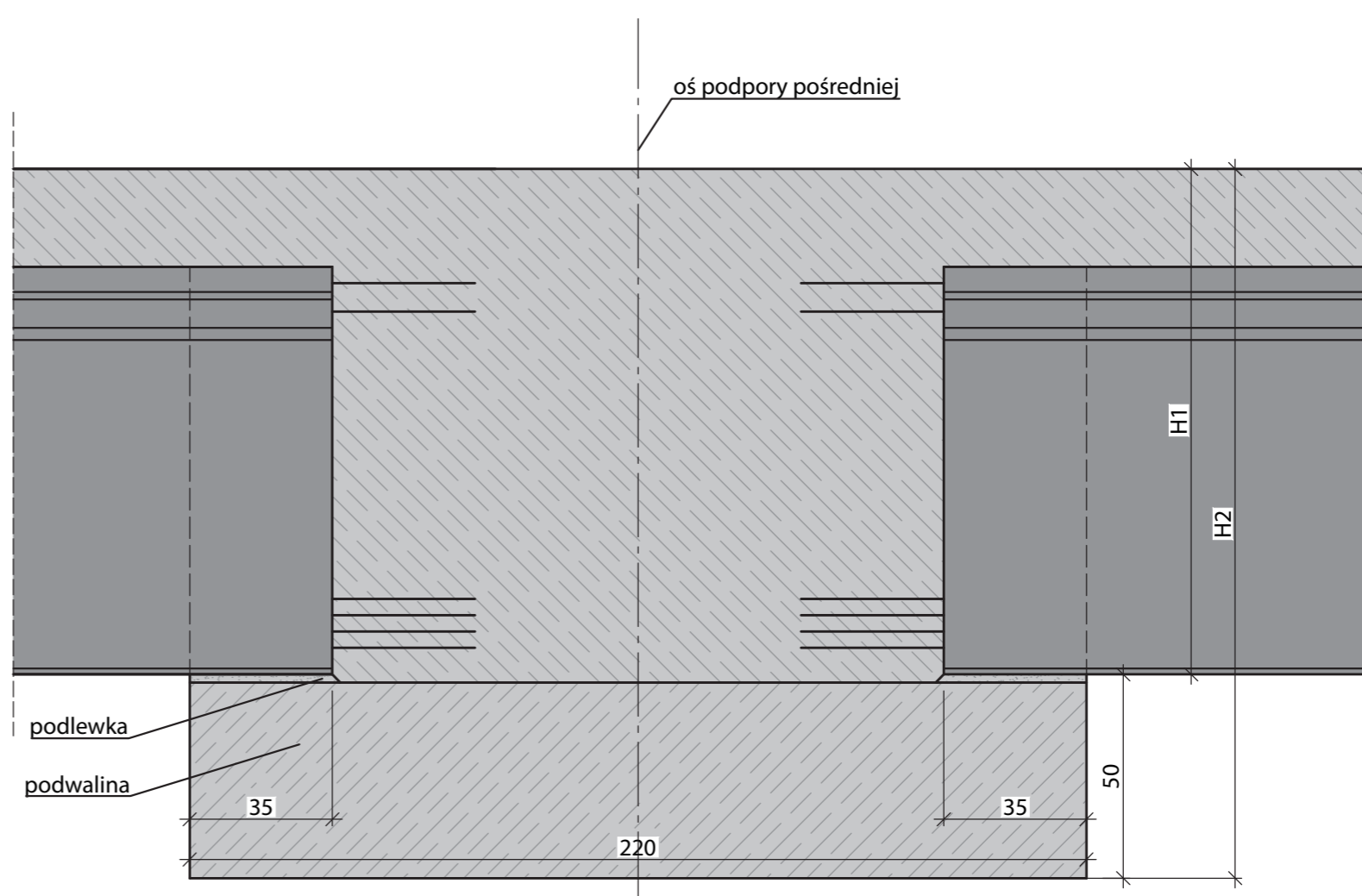
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Schemat oparcia belek na podporach

Podpora skrajna



Podpora pośrednia



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkiem Z5-P.

TYPOWY SCHEMAT OPARCIA BELEK NA PODPORACH

Z5-WPP



Zeszyt Z6

OBIEKTY RAMOWNICOWE I BELKOWE ZE STALOWYCH BELEK WALCOWANYCH





Z6 Obiekty ramownicowe i belkowe ze stalowych belek walcowanych

Z6-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe obiekty zespolone stalowo-betonowe z walcowanych belek stalowych do budowy drogowych obiektów mostowych oraz kładek dla pieszych i rowerów.

Z6-2. OPIS TECHNICZNY

Z6-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Prezentowane obiekty zespolone stalowo-betonowe będące przedmiotem opracowania są przeznaczone do stosowania w ciągach dróg klas A, S, G, GP, Z, L i D według [2] i będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami wodnymi i terenowymi o szerokościach mieszczących się w zakresie przyjętych rozpiętości teoretycznych obiektów (od 20 do 40 m w układach jedno- i trzyprzęsłowych). Kładki dla pieszych będą służyć do analogicznego przeprowadzenia ruchu pieszego nad przeszkodami wodnymi i terenowymi o szerokościach mieszczących się w zakresie przyjętych rozpiętości teoretycznych obiektów (od 20 do 40 m w układach jedno-, dwu- i trzyprzęsłowych). Szerokości użytkowe obiektów przyjęto według Tab. Z6-1.

Tab. Z6-1. Szerokości użytkowe obiektów

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			
	Jezdnia	Pas awaryjny	Chodniki	Uwagi
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	Osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Nośność obiektów zaprojektowano na dwie klasy obciążenia pojazdami samochodowymi w zależności od klasy drogi na obiekcie, zgodnie z Tab. Z6-2. Obciążenia ruchome wyznaczono na podstawie [7] i [21]. Współczynniki dostosowawcze przyjęte w zależności od klasy obciążenia przedstawiono w punkcie Z6-3.1.1.

Tab. Z6-2. Klasy obciążenia pojazdami samochodowymi

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	klasa I
Z, L, D	klasa II

W katalogu zaprezentowano również kładki dla pieszych/rowerów o szerokości użytkowej wynoszącej 3 m. Zostały one zaprojektowane na obciążenie tłumem pieszych, obciążenie skupione Q_{fwb} oraz pojazd służbowy zgodnie z [7].

W prezentowanej grupie rozwiązań przewidziano również układy ramowe. Były one projektowane na wysokość podpór odpowiednią dla skrajni drogowych znajdujących się pod obiektem. Dodatkowo dla układu ramowego o rozpiętości 20 m uwzględniono podwyższenie przyczółków w celu umieszczenia dwutorowej skrajni kolejowej w przestrzeni podmostowej. Na obiektach nie występuje pionowe ograniczenie skrajni.

Z6-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Przedmiotowe obiekty mostowe charakteryzują się zróżnicowaną liczbą przęseł oraz schematów statycznych, których wybór będzie zależał od warunków miejscowych. Zestawienie wszystkich obiektów z podziałem na liczbę i rozpiętości przęseł przedstawiono w Tab. Z6-3.

Tab. Z6-3. Rozpiętości przęseł

Rodzaj obiektu	Rozpiętości przęseł			
	Belki swobodnie podparte	Belki ciągłe dwuprzęsłowe	Belki ciągłe trzyprzędłowe	Ramy jednonawowe
Drogowy	-	-	20 + 30 + 20 m 25 + 35 + 25 m 30 + 40 + 30 m	20 m 25 m 30 m 35 m 40 m
Kładka dla pieszych	20 m 30 m 40 m	20 + 20 m 30 + 30 m	20 + 30 + 20 m	-

Z6-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych w miejscu planowanego zamierzenia. W przypadku stwierdzenia w zalegającym podłożu takich samych bądź lepszych parametrów gruntu od przedstawiony w punkcie Z6-3.5 można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z6-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami. Zalecane elementy wyposażenia (obiekty drogowe):

- izolacja płyty pomostu o grubości 0,5-1 cm,
- warstwa ochronna i ścieralna-nawierzchnia bitumiczna o grubości całkowitej około 9-10 cm zgodnie z wymaganiami wytycznych WT dla zakładanej klasy obciążenia ruchem,
- krawężniki kamienne 20 x 20 cm,
- kapy o grubości około 23 cm pokryte warstwą epoksydowo-poliuretanową o grubości min. 3 mm i ograniczone polimerobetonowymi deskami gzymsowymi o grubości 4 cm,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody w zależności od długości obiektu i spadków podłużnych,
- bariery /barieroporęczne ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczelinowe,
- osłony przeciwporażeniowe nad liniami kolejowymi.

Sposób odwodnienia obiektu należy zaprojektować zgodnie z [2] a parametry barier należy dobierać również zgodnie z [2].

Z6-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z6-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z6-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Współczynniki dostosowawcze dla modelu obciążenia ruchomego LM1 według [7] dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto zgodnie z wytycznymi [21] i Tab. Z6-4. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi obiektów inżynierskich zależne od klasy drogi zostały dobrane zgodnie z Tab. Z6-2.

Tab. Z6-4. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg [7]					
	α_{Q1}	$\alpha_{Q1, i \geq 2}$	α_{Q2}	α_{Q2}	$\alpha_{Q1, i \geq 2}$	α_{Q1}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Kładki dla pieszych zostały zaprojektowane na trzy alternatywne obciążenia według [7]:

- obciążenie tłumem,
- siłą skupioną Q_{fwb} (sprawdzenie lokalne),
- obciążenie pojazdem służbowym (Q_{serv}), zakładając możliwość jego wjazdu na przęsło.

Z6-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8]-[11]. Belki walcowane zostały zaprojektowane ze stali gatunku S355. Jednocześnie możliwe jest stosowanie również stali o gatunkach S420 i wyższych.

Płyta pomostu oraz podpory konstrukcji ramowych zostały zaprojektowane z betonu klasy C30/37.

Do zbrojenia ustrojów nośnych mostów należy stosować stal zbrojeniową o wysokiej ciągliwości klasy C według [8] i [9]. Przyjęto gatunek stali B500SP o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Współczynniki częściowe dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [12]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali zbrojeniowej $\gamma_s = 1,15$ oraz stali konstrukcyjnej $\gamma_{M,0} = 1,0$ i $\gamma_{M,1} = 1,1$.

Klasy ekspozycji elementów konstrukcji ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z6-5.

Tab. Z6-5. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Przyjęta klasa wytrzymałości betonu
Przęsło	XC4, XD1, XF2	C30/37
Podpory	XC4, XD1, XF2	C30/37
Ławy fundamentowe	XC2, XA1	C30/37

W obliczeniach zbrojenia przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla powyższych klas ekspozycji wynoszącą:

- dla przęsła $c_{min} = 30$ mm,
- dla korpusu przyczółka $c_{min} = 50$ mm,
- dla ławy $c_{min} = 70$ mm.

Z6-3.1.3. OBCIĄŻENIA

Obciążenia działające na obiekt przyjęto według [5], [6] oraz [7]. W analizie statyczno-wytrzymałościowej uwzględniono następujące rodzaje obciążeń i oddziaływań:

- obciążenia stałe
 - ciężar własny konstrukcji,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - ciężar gruntu na odsadzkach ławy,
 - skurcz betonu,
 - parcie gruntu zasypowego (obiekty ramowe),
 - nierównomierne osiadanie podpór,
- obciążenia zmienne
 - pionowe obciążenia od modelu LM1 (obiekty drogowe),
 - pionowe obciążenia od modelu LM2 (sprawdzenia lokalne płyty pomostu),
 - obciążenia tłumem na chodniku (obiekty drogowe),
 - obciążenia od hamowania i przyspieszania na przęśle od modelu LM1 (obiekty drogowe),
 - parcie od obciążenia zmiennego na dojazdach (obiekty ramowe),
 - równomierne ogrzanie/ozębienie konstrukcji (obiekty ramowe),
 - nierównomierne ogrzanie/ozębienie konstrukcji,
 - obciążenie tłumem pieszych na całej szerokości użytkowej przęsła (kładki dla pieszych),
 - obciążenie skupione Q_{fwb} (sprawdzenia lokalne w kładkach dla pieszych),
 - pojazd służbowy Q_{serv} (kładki dla pieszych).

Obciążenia stałe od ciężaru własnego przyjęto na podstawie projektowanych wymiarów oraz ciężaru objętościowego z [5]:

- elementy betonowe (elementy konstrukcyjne i wyposażenie)-25 kN/m³;
- elementy stalowe-78,5 kN/m³,
- woda zarobowa-1 kN/m³,
- nawierzchnia jezdni-23 kN/m³,
- izolacja bitumiczna-14 kN/m³,
- Dodatkowo dla elementów nieujętych w [5]przyjęto:
- szalunek-1 kN/m²,
- deska gzymsowa-0,65 kN/m,
- elementy bezpieczeństwa-bariera, balustrada i barieroporęcz-1 kN/m.

Zgodnie z zapisami [5] przewidziano zwiększenie o 40% lub zmniejszenie o 20% obciążenia pochodzącego od ciężaru izolacji i warstw nawierzchni.

Ciężar gruntu na odsadzkach ławy przyjęto o wartości 19,0 kN/m³.

Obciążenie pochodzące od skurczu betonu zostało obliczone na podstawie normy [8] i przyłożone w dwóch wariantach:

- skurcz początkowy występujący w momencie oddania obiektu do użytkowania: $\epsilon_{cs,t} = 0,175\text{‰}$,
- skurcz końcowy występujący w momencie zakończenia użytkowania obiektu: $\epsilon_{cs,tinf} = 0,279\text{‰}$.

W modelu obliczeniowym odkształcenia skurczowe zostały przyłożone jako oddziaływanie temperatury do niezarysowanych elementów betonowych o wartościach odpowiednio $-17,5^{\circ}\text{C}$ i $-27,9^{\circ}\text{C}$ (współczynnik rozszerzalności termicznej betonu wynosi $10 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$).

Parcie gruntu zasypowego w obliczeniach przyjęto zgodnie z [13]. Wartości parcia gruntu na ścianę pionową przyczółka ramy wyznaczono, przyjmując założenia z Tab. Z6-6.

Tab. Z6-6. Wartości parcia gruntu na ścianę pionową przyczółka

Materiał zasypowy ściany ramy	Piasek silnie zagęszczony
Kąt tarcia wewnętrznego zasypki ściany ramy	$\varphi_n = 32^\circ$
Spójność gruntu zasypowego	$c_u = 0$
Ciężar gruntu zasypowego	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Na podstawie tych założeń oraz po pominięciu wpływu prekonsolidacji wartość współczynnika parcia spoczynkowego wyniosła $K_0 = 0,426$. Uwzględniając przyjęty ciężar gruntu zasypowego o wartości $19,0 \text{ kN/m}^3$, parcie spoczynkowe w postaci trójkątnego wykresu zostało przyłożone do korpusów przyczółków. W poziomie wierzchu płyty pomostu parcie było zerowe i zwiększało się liniowo, aż do wartości 73 kN/m^2 w poziomie posadowienia dla obiektów nad drogami i 91 kN/m^2 dla obiektów nad skrajnią kolejową.

W obliczeniach uwzględniono również wpływ nierównomiernego osiadania jednej z podpór. Wartość różnicy osiadań wynosiła 10 mm i była alternatywnie przykładana do kolejnych podpór w obiekcie.

Oddziaływanie temperatury na obiekty uwzględniono zgodnie z [6]. W konstrukcjach łożyskowanych zachowujących zdolność do swobodnych odkształceń w kierunku podłużnym uwzględniano tylko nierównomierny rozkład temperatury na wysokości przekroju. Przyjęto jeden z wariantów rozkładów podany w [6], polegający na równomiernym ogrzaniu/oziębieniu niezarysowanych części płyty pomostu w stosunku do konstrukcji stalowej o $\pm 10^\circ\text{C}$. Dla konsekwencji ogrzano/oziębiano również betonowe poprzecznice uciągające. Współczynnik rozszerzalności termicznej betonu na podstawie [6] przyjęto równy $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Dla konstrukcji ramowych uwzględniono również równomierne ogrzanie konstrukcji w stosunku do temperatury zwarcia przyjętej na poziomie 8°C . Maksymalną i minimalną zmianę temperatury konstrukcji określono dla najbardziej niekorzystnych lokalizacji w Polsce i wyniosły one: $T_{n,exp} = 35^\circ\text{C}$ (Słubice) oraz $T_{n,con} = -35^\circ\text{C}$ (Suwałki). Dla odpowiedzi konstrukcji na oddziaływanie równomiernej zmiany temperatury [6] pozwala przyjąć współczynnik rozszerzalności termicznej stali jak dla betonu. Jednocześnie oddziaływania równomiernej i nierównomiernej zmiany temperatury konstrukcji wykonano zgodnie z punktem 6.1.5 [6] przyjmując $\omega_N = 0,35$ oraz $\omega_M = 0,75$.

Do obliczeń samych łożysk i urządzeń dylatacyjnych uwzględniono zwiększenie o $\pm 20^\circ\text{C}$ dla równomiernego ogrzania (oziębienia) konstrukcji w momencie wyznaczania zakresu pracy tych urządzeń.

Efekt obciążeń zmiennych użytkowych (eksploatacyjnych) modelowany był za pomocą miarodajnego ustawienia modeli obciążenia w ramach grup 1a, 1b (lokalnie) i 2.

Dla modeli LM1 i LM2 przyjęto współczynniki dostosowawcze opisane w podrozdziale Z6-3.1.1. Na chodnikach obiektów drogowych uwzględniano kombinacyjną wartość obciążenia tłumem wynoszącą 3 kN/m^2 .

W obliczeniach wzięto pod uwagę również obciążenia poziome związane z hamowaniem i przyspieszaniem pojazdów samochodowych znajdujących się na prześle. Jednocześnie występowania sił poziomych i pionowych na jezdni i chodnikach przeprowadzono, uwzględniając grupy obciążenia 1a i 2.

Wartości obciążenia UDL i TS wchodzących w skład modelu LM1 zależą od położenia 3-metrowego pasa umownego o odpowiedniej numeracji. W celu ustalenia maksymalnych wartości obciążeń przypadających na poszczególne dźwigary i łożyska obciążenie modelem

LM1 było ustawiane w czterech wariantach w przekroju poprzecznym (rozpoczynając od lewego krawężnika):

- pas nr 1, pas nr 2, pas nr 3, obszar pozostały,
- pas nr 2, pas nr 1, pas nr 3, obszar pozostały,
- obszar pozostały, pas nr 3, pas nr 2, pas nr 1,
- obszar pozostały, pas nr 3, pas nr 1, pas nr 2.

W modelu LM1 w czasie sprawdzeń lokalnych uwzględniono możliwość zbliżenia tandemów na sąsiednich pasach do $0,50 \text{ m}$ zgodnie z zapisami [7].

Obciążenie hamowaniem/przyspieszaniem modelowano jako siłę osiową przyłożoną punktowo w osi pasa nr 1. W związku z tym analizowano cztery różne warianty położenia tej osi w przekroju poprzecznym analogicznie do przypadku obciążeń pionowych. W obliczeniach uwzględniono również moment zginający wywołany przez siłę hamowania względem środka ciężkości przekroju zespolonego.

Model obciążenia LM2 w postaci pojedynczej osi był dowolnie ustawiany w zakresie jezdni w celu wywołania maksymalnych sił wewnętrznych podczas lokalnego sprawdzenia płyty pomostu.

Parcie gruntu wywoływane przez obciążenia pionowe znajdujące się na dojazdach były modelowane jako obciążenie stałe na wysokości podpory (prostokątny wykres parcia). Obciążenie pionowe od LM1 zostało mnożone przez współczynnik parcia i rozkładane na całej wysokości podpory. Obciążenie od tandemów TS było rozkładane na szerokości 3 m . Przykładowe wartości obciążenia dla obiektu autostradowego nad drogą wynoszą:

- $14,3 \text{ kN/m}^2$ na pasie nr 1,
- $8,7 \text{ kN/m}^2$ na pasie nr 2,
- $3,1 \text{ kN/m}^2$ na pasie nr 3,
- $1,3 \text{ kN/m}^2$ na obszarze pozostałym.

W obliczeniach uwzględniano położenie pasa nr 1 po lewej lub prawej stronie jezdni stycznie z krawężnikiem.

Obciążenie na kładkach dla pieszych o wartości 5 kN/m^2 przykładano w jego najbardziej niekorzystnym ustawieniu. Dodatkowo uwzględniano możliwość wjazdu na prześło dwuosiowego pojazdu służbowego o następującej charakterystyce:

- obciążenie na osie-40 i 80 kN,
- rozstaw osi-3 m,
- rozstaw kół w osiach-1,3 m,
- pole kontaktu koła z nawierzchnią-20 x 20 cm.

W przypadku występowania pojazdu na prześle nie uwzględniano obciążenia od tłumy pieszych. Do sprawdzeń lokalnych płyty pomostu stosowano również model pojedynczej siły skupionej Q_{fwk} o wartości 10 kN rozłożonej na polu $10 \cdot 10 \text{ cm}$. W przypadku uwzględniania siły skupionej Q_{fwk} na prześle nie wzięto pod uwagę innych obciążeń zmiennych.

Obciążenia skupione (tandemy TS, LM2, Q_{fwk} , Q_{serv}) rozkładano przez warstwy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne pod kątem 45° do płaszczyzny obojętnej płyty pomostu.

Dodatkowo w modelach numerycznych zostały pośrednio uwzględnione następujące efekty:

- redystrybucja sił wewnętrznych w konstrukcji na skutek postępującego w czasie pełzania betonu wywołanego obciążeniami długotrwałymi,
- zmiana wartości parcia spoczynkowego na parcie pośrednie lub pośredni odpór na skutek przemieszczeń podpory.

Wpływ pełzania betonu na skutek długotrwałego działania części obciążeń uwzględniono według [12]. Efekty pełzania betonu nie były przykładane jako bezpośrednie obciążenie, ale zostały uwzględnione przez zmniejszenie wyjściowej sztywności podłużnej niezarysowanych elementów betonowych za pomocą mnożnika redukcyjnego. Jego wartość wynosiła 0,36 dla obciążeń wywołanych ciężarem elementów wyposażenia i parciem gruntu oraz 0,35 dla efektów skurczu betonu. Wpływu pełzania betonu nie uwzględniano podczas sprawdzania konstrukcji w momencie oddania obiektu do użytkowania.

Z6-3.2. METODOLOGIA OBLICZEŃ

Obliczenia były prowadzone w konwencji rozdzielonych współczynników bezpieczeństwa według [4] oraz załącznika A2 do tej normy. Wymiarowanie przekrojów poprzecznych przeprowadzono według [8]-[12]. Oddziaływanie gruntu na konstrukcję ram przyjęto zgodnie z [13].

Część obliczeniowa procesu projektowego polegała na wykonaniu modeli obliczeniowych zaproponowanych rozwiązań i przeprowadzeniu analizy statycznej z ich użyciem. Na podstawie uzyskanych w ten sposób sił wewnętrznych następowała weryfikacja warunków nośności i użyteczności w odniesieniu do poszczególnych elementów i ich przekrojów poprzecznych. Obliczenia były wykonywane w dwóch tzw. trwałych sytuacjach obliczeniowych:

- w chwili oddania obiektu do użytkowania,
- w chwili zakończenia przewidywanego okresu eksploatacji, który został określony na 100 lat.

W obu sytuacjach obliczeniowych różnił się poziom wpływu reologii betonu.

Nie przeprowadzano obliczeń w przejściowych sytuacjach obliczeniowych (np. w stanach montażowych, sytuacjach wyjątkowych). W momencie betonowania płyt pomostu należy stosować tymczasowe stężenia dla dźwigarów głównych w celu zabezpieczenia stateczności ściskanych pasów w środkach rozpiętości przęsła. Po związaniu betonu tę rolę przejmie płyta pomostu. W obliczeniach uwzględniano natomiast zwichrzenie wolnego pasa dolnego w strefie podpór pośrednich.

Analizie statyczno-wytrzymałościowej zostały poddane wszystkie 48 przewidywane warianty konstrukcji drogowych i 6 kładek dla pieszych. Różniły się one pomiędzy sobą w zakresie:

- przekrojów poprzecznych przęsła zależnych od klasy drogi (A, S, G/GP, Z, L i D).
- schematów statycznych: belek swobodnie podpartych, belek ciągłych i ram jednonawowych,
- rozpiętości przęsła: trzy warianty dla belki swobodnie podpartej, pięć wariantów dla układów ramowych i sześć dla układów belki ciągłej.

Weryfikacji w zakresie nośności i użyteczności poddano charakterystyczne przekroje zespolonych dźwigarów głównych: przekroje podporowe i przęsłowe. Warunki zostały sprawdzone dla najbardziej obciążonego elementu/przekroju w całym obiekcie. Sprawdzano nośność przekroju oraz nośność całego dźwigara z uwzględnieniem niestateczności globalnej (zwichrzenia). Dodatkowo płyta pomostu została również sprawdzona w kierunku poprzecznym jako płyta oparta sztywno na dźwigarach głównych. Na potrzeby tego sprawdzenia wykonano oddzielne modele lokalne opisane w dalszej części zeszytu. Zakres sprawdzeń normowych obejmował:

- nośności przekroju dźwigara zespolonego na zginanie,
- nośności przekroju dźwigara zespolonego na ścinanie poprzeczne,
- nośności przekroju dźwigara zespolonego na interakcję zginania i ścinania,

- nośność dźwigara zespolonego na zwichrzenie w pobliżu podpory pośredniej (układy ciągłe) lub węzła ramy,
- nośność dźwigara zespolonego na interakcję zginania, siły osiowej i ścinanie poprzeczne (w przypadku obiektów ramowych),
- ograniczenie naprężeń w dźwigarze zespolonym dla części betonowej, stali zbrojeniowej i stali konstrukcyjnej,
- ograniczenie zarysowania poprzecznego dźwigara zespolonego nad podporami,
- nośność przekroju płyty pomostu w kierunku poprzecznym,
- ograniczenie naprężeń i zarysowania płyty pomostu w kierunku poprzecznym.

Z6-3.3. MODEL OBLICZENIOWY

Z6-3.3.1. DROGOWE OBIEKTY WIELOPRZĘSŁOWE

Wykonanie globalnego modelu obliczeniowego oparto na metodzie elementów skończonych. Konstrukcja obiektu była dyskretyzowana za pomocą elementów jedno- i dwuwymiarowych w przestrzeni trójwymiarowej (e^{1+2}, p^3). Elementami belkowymi odwzorowywano dźwigary główne i poprzecznicę uciągającą. Dla elementów belkowych zostały przypisane parametry mechaniczne zgodnie z projektowanymi przekrojami poprzecznymi. Elementami powierzchniowymi zostały modelowane płyty pomostu, korpusy przyczółków i ławy fundamentowe. Grubości elementów powierzchniowych odpowiadały projektowanym grubościom elementów żelbetowych.

W modelach wzięto również pod uwagę nieliniowe efekty specyficzne dla konstrukcji zespolonych: wpływ poprzecznego zarysowania płyty pomostu i reologii betonu.

Wpływ poprzecznego zarysowania płyty pomostu w strefach, w których znajduje się ona w strefie momentów ujemnych (strefy nadpodporowe) uwzględniono przez redukcję jej sztywności, stosując materiał ortotropowy. Jego parametry w kierunku poprzecznym zostały zachowane, ale obniżono do zera wartość współczynnika Poissona oraz zredukowano sztywność w kierunku podłużnym. Redukcja modułu odkształcalności podłużnej odbywała się na podstawie założenia, że dotychczasowa sztywność płyty pomostu $E_b A_b$ będzie po redukcji odpowiadała sztywności $E_s A_s$ samych prętów zbrojeniowych. Prowadziło to do przyjęcia redukcji modułu odkształcalności podłużnej do wartości około 10% wartości początkowej.

Wpływ reologii betonu został opisany szczegółowo w podrozdziale Z6-3.1.3.

Wpływ efektu szerokiego pasa został uwzględniony za pomocą stosowania oddzielnych elementów powierzchniowych dla płyty pomostu. Ich tarczowy stan pracy i podatność w tym kierunku odwzorowywały ewentualny nierównomierny rozkład naprężeń na szerokości przekroju poprzecznego dźwigara zespolonego.

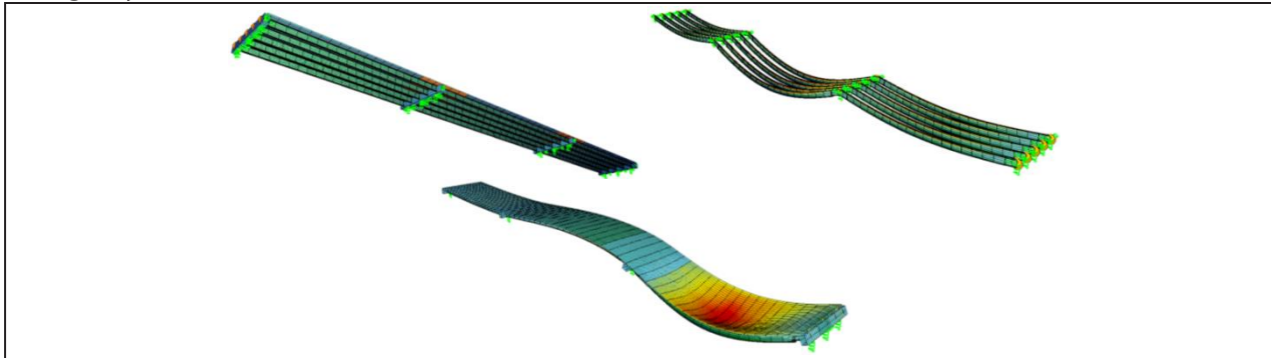
W modelu odwzorowano fazy pracy konstrukcji. Przyjęto, że w pierwszej fazie (faza budowy, f_0) będą pracowały jedynie dźwigary stalowe oparte na podporach w sposób przegubowy. W drogowych konstrukcjach wieloprzęsłowych na tym etapie każde przęsło pracowało jako swobodnie podparte (bez uciążlenia dźwigarów nad podporami). W drugiej fazie (eksploatacji, f_1) konstrukcja pracowała już w docelowym schemacie wieloprzęsłowej belki ciągłej.

Elementy belkowe i powierzchniowe zostały opisane na wspólnej siatce węzłów występującej w jednej płaszczyźnie. Następnie wykorzystano mimośrodowe opisanie przekrojów w celu poprawnego odwzorowania sztywności podłużnej przekroju (EI). Wymusiło to odczytywanie wyników dla pojedynczego dźwigara w postaci złożenia sił wewnętrznych pochodzących ze wszystkich elementów skończonych modelujących przekrój zespolony do środka ciężkości tego przekroju.

Dla poprawnego odwzorowania poziomego podparcia konstrukcji wieloprzęsłowych uwzględniono wysokość dźwigara (faza budowy) oraz poprzecznic podporowych (faza eksploatacji) za pomocą dodatkowych węzłów podporowych i połączenia ich z siatką konstrukcji przęsła za pomocą nieodkształcalnych elementów belkowych.

Analiza odbywała się w zakresie liniowym, zarówno dla materiału, jak i geometrii konstrukcji. Beton, stal zbrojeniowa i stal konstrukcyjna zostały opisane jako materiały izotropowe za pomocą stałych: modułu odkształcalności podłużnej i współczynnika Poissona. Wyjątkiem był materiał ortotropowy odwzorowujący zarysowany beton płyty pomostu opisany w dwóch kierunkach odmiennymi wartościami stałych materiałowych. Dzięki analizie liniowej możliwe było zastosowanie superpozycji efektów poszczególnych rodzajów obciążeń i oddziaływań.

Warunki brzegowe w modelu przęsła łożyskowanych zadano w postaci podparcia węzłów w miejscu docelowych łożysk za pomocą elementów sprężystych. Sztywności tych podparć przyjęto jako 10^6 kN/m dla podparcia w kierunku pionowym oraz 10^5 kN/m dla sztywności w kierunku poziomym, o ile dane łożysko blokowało taki przesuw. Każde łożysko zapewniało swobodny obrót względem dowolnej osi. Na rysunku Z6-1 przedstawiono kilka charakterystycznych wizualizacji modelu numerycznego dla wieloprzęsłowych obiektów drogowych.



Rys. Z6-1. Od lewej: widok na model numeryczny konstrukcji wieloprzęsłowej, deformacja dźwigarów w fazie budowy pod ciężarem własnym oraz w fazie eksploatacji pod obciążeniem zmiennym

Z6-3.3.2. DROGOWE OBIEKTY RAMOWE

Model obliczeniowy dla obiektów ramowych został przygotowany analogicznie do konstrukcji belkowych. Wyjątkami było dodanie korpusów podpór i ław fundamentowych modelowanych elementami powierzchniowymi. Elementy korpusów miały zmienną grubość na wysokości podpory, odwzorowując założenia projektowe.

Na potrzeby zsumowania obciążeń przekazywanych przez obiekt na grunt i wymiarowania nośności podłoża podparcie ramy wykonano jako punktowe w środku ciężkości ławy fundamentowej. Na potrzeby wymiarowania konstrukcji obiektu (przęsła, korpusów i ławy fundamentowej) założono podparcie sprężyste pod ławami fundamentowymi o sztywności:

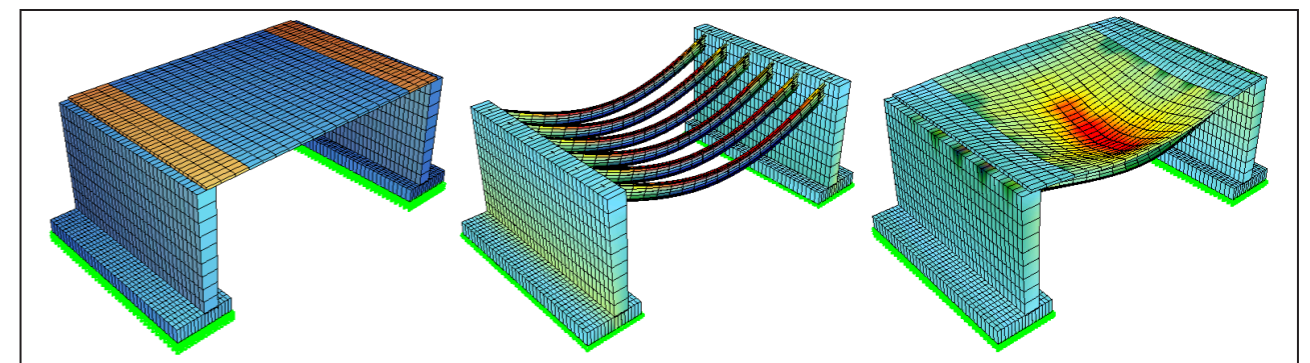
- $18\ 000$ kN/m³ w kierunku pionowym,
- $12\ 600$ kN/m³ w kierunku poziomym.

Wartości te odwzorowywały podatność założonego gruntu jako piasku średniego o $I_D = 0,50$ i $\phi = 33^\circ$.

Wpływ gruntu zasypowego za przyczółkami modelowano jako sprężyste podparcie dla elementów powierzchniowych odwzorowujących korpus w kierunku poziomym. Sztywność podparcia była zerowa na poziomie wierzchu płyty pomostu i zwiększała się liniowo aż do wartości $4\ 650$ kN/m³ w poziomie posadowienia. Ta wartość została obliczona jako

tangens kąta nachylenia wykresu zależności parcia od przemieszczenia, zakładając że w zakresie małych przemieszczeń można ten wykres przybliżyć za pomocą prostej. Wartości uzyskano na podstawie rzeczywistych przemieszczeń tego typu konstrukcji w wyniku maksymalnego ogrzania i oziębienia dla terenu Polski (na podstawie normy [6]). Obliczona w ten sposób sztywność stanowi odwzorowanie różnicy pomiędzy parciem spoczynkowym i czynnym (oraz między parciem spoczynkowym a odporem). Przy tak zadanej sztywności sprężyny zamodelowano jako pracujące liniowo (na ściskanie i rozciąganie). Dla tak zdefiniowanych sprężyn w modelu przyłożono tylko parcie spoczynkowe, które w zależności od rzeczywistych przemieszczeń konstrukcji zostało odpowiednio zmniejszone lub zwiększone do wartości pośrednich.

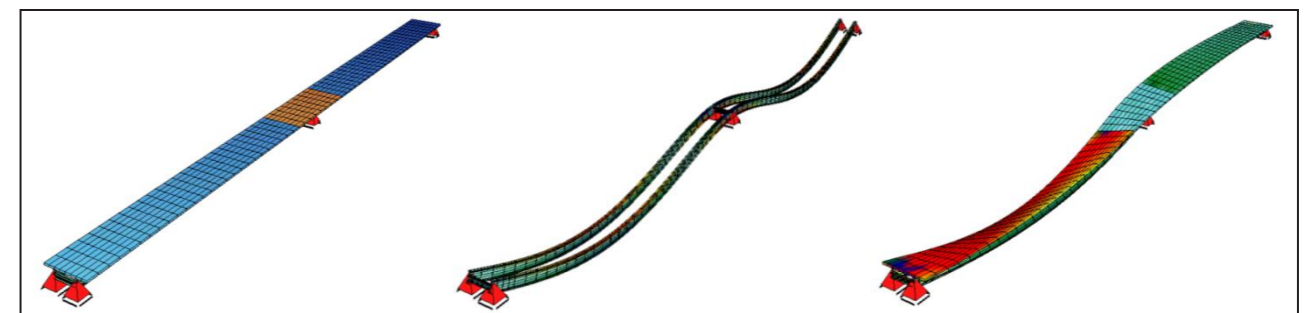
W fazie budowy (f_0) połączenie dźwigarów z korpusami było realizowane jako przegub nieprzenoszący momentów zginających i siły osiowej powodowanych obciążeniem własnym konstrukcji przęsła. W fazie eksploatacji (f_1) dla pozostałych schematów obciążenia połączenie pracowało jako pełne utwierdzenie. Na rysunku Z6-2 przedstawiono kilka charakterystycznych wizualizacji modelu numerycznego dla ramowych obiektów drogowych.



Rys. Z6-2. Od lewej: widok na model numeryczny konstrukcji ramowej, deformacja konstrukcji w fazie budowy (f_0) pod ciężarem własnym oraz w fazie eksploatacji (f_1) pod obciążeniem zmiennym

Z6-3.3.3. KŁADKI DLA PIESZYCH

Przęsła kładek dla pieszych były modelowane analogicznie do przęsła obiektów drogowych. Jedyną różnicą obejmowała fazy pracy tych konstrukcji, ponieważ założono, że w momencie betonowania dźwigary stalowe w przypadku obiektów wieloprzęsłowych będą ciągłe (zrezygnowano z betonowych poprzecznic uciążlających). W związku z tym w fazie budowy (f_0) dźwigary pracowały pod obciążeniem ciężarem własnym, mokrej mieszanki betonowej i szalunków w docelowym układzie konstrukcyjnym. Na rysunku Z6-3 przedstawiono kilka charakterystycznych wizualizacji modelu numerycznego dla kładek dla pieszych.



Rys. Z6-3. Od lewej: widok na model numeryczny dwuprzęsłowej kładki dla pieszych, deformacja konstrukcji stalowej w fazie budowy (f_0) oraz deformacja konstrukcji zespolonej w fazie eksploatacji (f_1) pod obciążeniem zmiennym

Z6-3.3.4. MODEL LOKALNY

Niezależnie od sprawdzeń globalnych obejmujących pracę płyty pomostu w kierunku podłużnym wykonano jej sprawdzenie jako elementu pracującego w kierunku poprzecznym. Założono sztywne podparcie w osiach dźwigarów głównych w kierunku pionowym. Podparcie na dźwigarach umożliwiło obrót względem osi dźwigara, co było równoznaczne z przyjęciem dla płyty schematu płyty ciągłej wieloprzęsłowej (obiekty drogowe) i płyty jednoprzęsłowej ze wspornikami (kładki dla pieszych). Płytę pomostu modelowano elementami powierzchniowymi o grubości 21 cm dla obiektów drogowych i 16 cm dla kładek dla pieszych. W przypadku obiektów drogowych ograniczono szerokość mostu do trzech pól płyty pomiędzy dźwigarami głównymi. Długość modelu wynosiła 10 m. Obciążenie przykładano w jego środku.

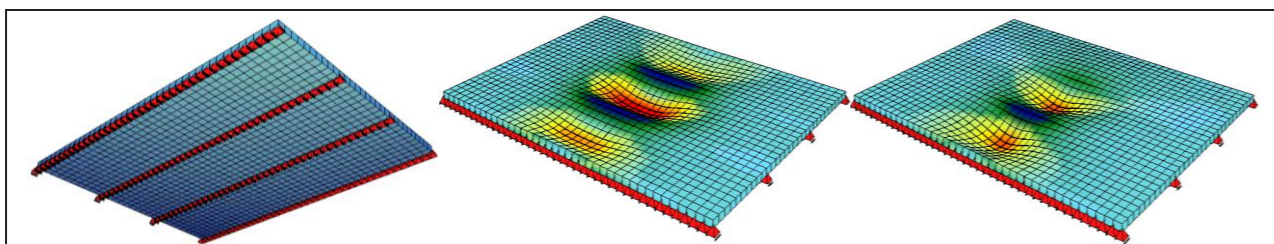
Do szczegółowej analizy statyczno-wytrzymałościowej wybrano dwa miarodajne przypadki dla każdej z klasy obciążenia obiektów drogowych:

- dla klasy obciążenia I największy rozstaw dźwigarów jest dla przypadku autostrady (A)-2,35 m,
- dla klasy obciążenia II największy rozstaw dźwigarów jest w przypadku drogi zbiorczej (Z)-2,50 m.

Płytę pomostu w kładkach dla pieszych modelowano o pełnej szerokości 3,36 m i w rozstawie podparć 1,70 m.

W przypadku sprawdzeń lokalnych konstrukcji żelbetowej nie uwzględniano zarysowania przekrojów w analizie statycznej. Do opisu betonu użyto izotropowego materiału opisanego za pomocą stałych materiałowych: współczynnika odkształcalności podłużnej i współczynnika Poissona, tak jak to miało miejsce w przypadku modeli globalnych.

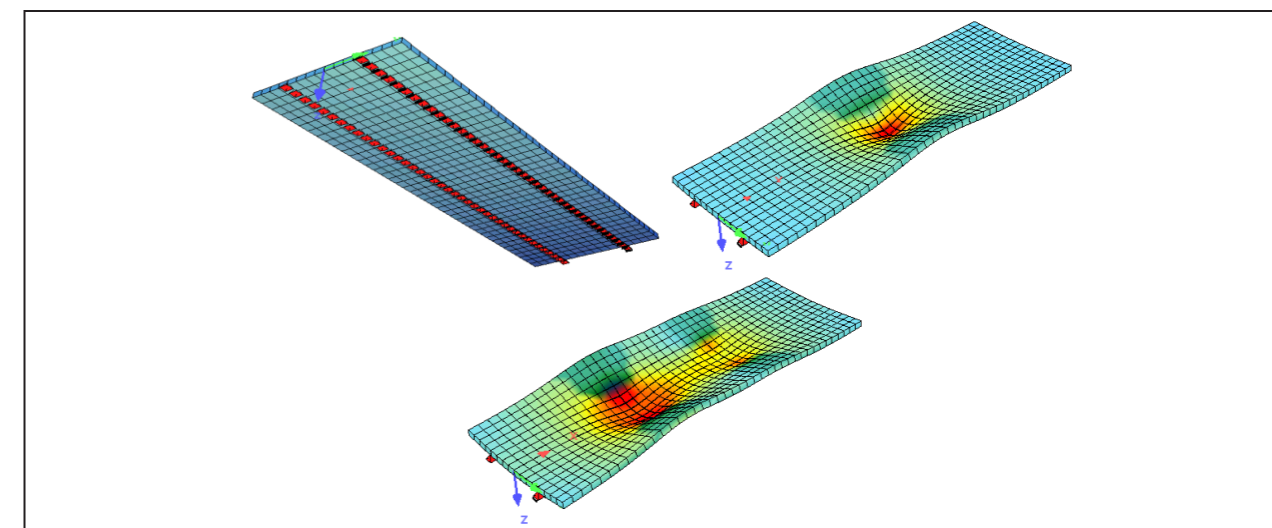
Na rysunku Z6-4 i Z6-5 przedstawiono kilka charakterystycznych wizualizacji lokalnych modeli numerycznych dla płyt pomostu.



Rys. Z6-4. Od lewej: model lokalny płyty pomostu w obiektach drogowych, deformacja wywołana modelem LM1 i LM2

Z6-3.4. KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ

Po przeprowadzeniu analizy statycznej uzyskane wyniki zostały poddane kombinatoryce z uwzględnieniem współczynników bezpieczeństwa γ (tzw. częściowych współczynników po stronie obciążeń) oraz współczynników jednoczesności występowania ψ zgodnie z załącznikiem A2 do [4]. Przyjęte wartości współczynników przedstawia Tab. Z6-7.



Rys. Z6-5. Od lewej: model lokalny płyty pomostu w kładkach dla pieszych, deformacja wywołana modelem obciążenia Q_{fwk} i Q_{serv}

Tab. Z6-7. Wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa

Rodzaj obciążenia	Współczynnik γ		Współczynnik ψ		
	Efekty / działanie		ψ_0	ψ_1	ψ_2
	Niekorzystne	Korzystne			
Ciężary własne konstrukcji i elementów wyposażenia (minimalne lub maksymalne wymiary nawierzchni)	1,35	1,00	nie dotyczy		
Parcie spoczynkowe zasypki za przyczółkami obiektów ramowych	1,50	1,00			
Nierównomierne osiadanie jednej z podpór	1,00	0			
Oddziaływanie skurczu betonu	1,00	0			
Wpływ pęczania betonu	1,00	0			
Obciążenia zmienne (pojazdy TS)	1,35	0	0,75	0,75	0
Obciążenia zmienne (model UDL + obc. na chodniku)	1,35	0	0,40	0,40	0
Obciążenie zmienne grupy 2	1,35	0	0	0	0
Oddziaływanie temperatury	1,50	0	0,60	0,60	0,50
Obciążenie zmienne od tłumy w kładkach	1,35	0	0,40	0,40	0
Obciążenie pojazdem serwisowym (Q_{serv})	1,35	0	0	0	0

W obliczeniach konstrukcji łożyskowanych obciążenia zmienne na jezdni traktowano jako wiodące wraz z towarzyszącymi im oddziaływaniami nierównomiernego ogrzania/oziębienia konstrukcji. W konstrukcjach ramowych wybierano bardziej niekorzystny z dwóch wzajemnie wykluczających się przypadków:

- obciążenie zmienne na jezdni jako obciążenie wiodące, oddziaływanie temperatury jako towarzyszące,
- oddziaływanie temperatury jako obciążenie wiodące, obciążenie zmienne na jezdni jako towarzyszące.

Kombinatoryka dla stanu granicznego nośności została przeprowadzona na podstawie wzoru (6.10) [4].

Kombinatoryka dla stanu granicznego użyteczności została przeprowadzona na podstawie wzoru (6.14b) [4] dla wartości charakterystycznych, wzoru (6.15b) dla wartości częstej i wzoru (6.16b) dla wartości prawie-stałej.

Z6-3.5. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Z6-3.5.1. DROGOWE OBIEKTY WIELOPRZĘŚŁOWE

W tabelach przedstawiono najistotniejsze wyniki uzyskane po przeprowadzeniu analizy statyczno-wytrzymałościowej dla wieloprzęślowych obiektów drogowych:

- wartości charakterystyczne i obliczeniowe reakcji pionowych oraz poziomych równoległych do osi mostu w najbardziej obciążonych łożyskach na danej podporze,
- charakterystyczne i obliczeniowe przemieszczenia podłużne w łożyskach i urządzeniach dylatacyjnych,
- wartości charakterystyczne i obliczeniowe momentów zginających w konstrukcji przęsła dla najbardziej obciążonych przekrojów: przęsłowego i podporowego,
- maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych.

Tab. Z6-8. Maksymalne reakcje na łożyska [kN]

Wartości	Wariant rozpiętości	Klasa drogi na obiekcie						
		A	S	G	Z	L	D	
Charakterystyczne	Reakcje pionowe							
	Przyczółek							
	20 + 30 + 20	1708	1592	1318	1181	1107	1062	
	25 + 35 + 25	1934	1804	1506	1340	1243	1197	
	30 + 40 + 30	2150	2008	1706	1514	1388	1327	
	Filar							
	20 + 30 + 20	3403	3187	2864	2548	2351	2253	
	25 + 35 + 25	3896	3649	3315	2941	2719	2608	
	30 + 40 + 30	4366	4090	3749	3320	3072	2949	
	Reakcje podłużne na filarze (wzdłuż osi obiektu)							
	20 + 30 + 20	323	307	266	241	227	219	
	25 + 35 + 25	357	338	295	265	249	240	
	30 + 40 + 30	411	387	333	298	278	267	
	Obliczeniowe	Reakcje pionowe						
		Przyczółek						
20 + 30 + 20		2303	2147	1710	1497	1363	1294	
25 + 35 + 25		2609	2435	1979	1729	1577	1501	
30 + 40 + 30		2902	2711	2243	1951	1783	1699	
Filar								
20 + 30 + 20		4577	4285	3728	3241	2982	2853	
25 + 35 + 25		5245	4912	4316	3839	3446	3301	
30 + 40 + 30		5883	5511	4885	4220	3893	3732	
Reakcje podłużne na filarze (wzdłuż osi obiektu)								
20 + 30 + 20		436	414	360	325	306	296	
25 + 35 + 25		481	456	398	358	336	325	
30 + 40 + 30		555	523	449	402	375	360	

Tab. Z6-9. Maksymalne momenty zginające w dźwigarach głównych [kNm]

Wartości	Wariant rozpiętości	Klasa drogi na obiekcie						
		A	S	G	Z	L	D	
Charakterystyczne	Momenty przęsłowe							
	Faza budowy							
	20 + 30 + 20	2013	1878	1927	2145	1999	1927	
	25 + 35 + 25	2774	2591	2657	2954	2756	2657	
	30 + 40 + 30	3623	3385	3470	3858	3600	3470	
	Faza budowy + eksploatacji							
	20 + 30 + 20	5463	5080	4588	4938	4604	4433	
	25 + 35 + 25	7115	6625	5976	6413	5990	5773	
	30 + 40 + 30	8855	8257	7461	7999	7484	7219	
	Momenty podporowe (faza eksploatacji)							
	20 + 30 + 20	-3408	-3137	-2624	-2763	-2532	-2412	
	25 + 35 + 25	-4404	-4063	-3321	-3648	-3349	-3193	
	30 + 40 + 30	-5470	-5061	-4171	-4593	-4220	-4023	
	Obliczeniowe	Momenty przęsłowe						
		Faza budowy						
20 + 30 + 20		2717	2536	2601	2895	2699	2601	
25 + 35 + 25		3745	3498	3587	3988	3721	3587	
30 + 40 + 30		4891	4569	4685	5208	4860	4685	
Faza budowy + eksploatacji								
20 + 30 + 20		7438	6916	6252	6732	6276	6042	
25 + 35 + 25		9689	9022	8145	8745	8167	7871	
30 + 40 + 30		12059	11247	10170	10909	10204	9844	
Momenty podporowe (faza eksploatacji)								
20 + 30 + 20		-4534	-4170	-3459	-3663	-3353	-3192	
25 + 35 + 25		-5893	-5435	-4408	-4873	-4469	-4259	
30 + 40 + 30		-7368	-6814	-5613	-6185	-5678	-5412	

Tab. Z6-10. Wartości przemieszczeń na łożyskach i w urządzeniach dylatacyjnych wywołanych równomiernym ogrzaniem/oziębieniem konstrukcji

Wariant rozpiętości przęsła	Nr podpory	Wartość przemieszczenia							
		Charakterystyczna				Obliczeniowa			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
20 + 30 + 20		±11,0	-	±16,5	±27,5	±16,5	-	±24,7	±41,2
25 + 35 + 25		±13,7	-	±19,2	±33,0	±20,6	-	±28,9	±49,5
30 + 40 + 30		±16,5	-	±22,0	±38,5	±24,7	-	±33,0	±57,7

Tab. Z6-11. Maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych [MPa]:

Materiał (wartość dopuszczalna)	Wariant rozpiętości	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Stal konstrukcyjna (355 MPa)	Przekrój przęsłowy						
	20 + 30 + 20	268 (75%)	276 (78%)	311 (88%)	312 (88%)	291 (82%)	301 (85%)
	25 + 35 + 25	273 (77%)	289 (81%)	298 (84%)	312 (88%)	299 (84%)	289 (81%)
	30 + 40 + 30	281 (79%)	290 (82%)	291 (82%)	282 (79%)	292 (82%)	282 (79%)
	Przekrój podporowy						
	20 + 30 + 20	194 (55%)	200 (56%)	224 (63%)	207 (58%)	189 (53%)	206 (58%)
	25 + 35 + 25	201 (60%)	212 (60%)	189 (53%)	214 (60%)	191 (54%)	182 (51%)

	30 + 40 + 30	200 (60%)	206 (58%)	191 (54%)	187 (53%)	193 (54%)	184 (52%)
Beton (13,5 MPa)	Przekrój przęsłowy						
	20 + 30 + 20	9,2 (68%)	9,3 (69%)	8,4 (62%)	7,9 (58%)	7,8 (58%)	7,9 (58%)
	25 + 35 + 25	9,7 (72%)	9,9 (74%)	9,2 (68%)	8,2 (60%)	8,7 (65%)	8,7 (64%)
	30 + 40 + 30	10,8 (80%)	10,9 (81%)	9,4 (69%)	8,6 (63%)	8,8 (66%)	8,8 (65%)
Stal zbrojeniowa (348 MPa)	Przekrój podporowy						
	20 + 30 + 20	223 (64%)	221 (63%)	288 (83%)	267 (77%)	266 (76%)	264 (76%)
	25 + 35 + 25	260 (75%)	258 (74%)	297 (85%)	264 (76%)	287 (83%)	286 (82%)
	30 + 40 + 30	256 (74%)	254 (73%)	263 (76%)	254 (73%)	255 (73%)	253 (73%)

Z6-3.5.2. DROGOWE OBIEKTY RAMOWE

W tabelach przedstawiono najistotniejsze wyniki uzyskane po przeprowadzeniu analizy statyczno-wytrzymałościowej dla drogowych obiektów ramowych:

- wartości sił przekazywanych na grunt zebrane do środka ciężkości ławy fundamentowej dla reprezentatywnych przypadków,
- wartości maksymalnych przemieszczeń krawędzi dylatacyjnych wywołanych równomiernym ogrzaniem/oziębieniem,
- wartości charakterystyczne i obliczeniowe momentów zginających w konstrukcji przęsła dla najbardziej obciążonych przekrojów: przęsłowego i podporowego,
- maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych.

Tab. Z6-12. Charakterystyczne wartości sił przekazywanych na grunt zebrane do środka ciężkości ławy fundamentowej

Wartości	Kombinacja	Oznaczenie siły					
		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Charakterystyczne	Klasa drogi D, rozpiętość 20 m, nad skrajnią kolejową						
	min. P _z	-4544	7	-12575	79	3995	0
	maks. P _z	-3189	9	-14044	-643	2885	0
	min. P _x	-4097	-24	-12945	-229	3092	0
	maks. P _x	-3610	24	-14068	-626	3827	0
	min. P _y	-3480	-1	-14313	-851	3420	0
	maks. P _y	-4260	-7	-12575	-79	3654	0
	min. M _z	-3937	-1	-14057	-1169	3675	0
	maks. M _z	-3600	1	-14076	967	3777	0
	min. M _x	-3634	-12	-12922	-231	1453	0
	maks. M _x	-4040	-1	-13587	-413	5304	0
	min. M _y	-3999	-7	-13022	-408	3081	0
	maks. M _y	-4108	5	-12997	280	4209	0
	Klasa drogi A, rozpiętość 40 m, nad skrajnią drogową						
	min. P _z	-4026	-22	-14145	-818	6363	0
	maks. P _z	-415	26	-16802	-2356	-121	0
	min. P _x	-1665	-93	-16636	4833	666	0
	maks. P _x	-2885	93	-15049	498	4489	0
	min. P _y	-1514	37	-17203	-2744	2018	0
	maks. P _y	-3545	-22	-14145	-818	3432	0

min. M _z	-1942	-15	-16528	-6219	275	0
maks. M _z	-2410	4	-16741	6934	5224	0
min. M _x	-2074	-42	-15046	-1389	-2147	0
maks. M _x	-2968	-48	-15313	1856	7450	0
min. M _y	-2541	7	-15163	-2214	2131	0
maks. M _y	-2280	15	-15473	1967	2058	0

Tab. Z6-13. Obliczeniowe wartości sił przekazywanych na grunt zebrane do środka ciężkości ławy fundamentowej

Obliczeniowe	Klasa drogi D, rozpiętość 20 m, nad skrajnią kolejową						
	min. P _z	-6063	10	-14806	119	5073	0
	maks. P _z	-2855	14	-16692	-856	3165	0
	min. P _x	-4232	-33	-13003	-321	3067	0
	maks. P _x	-3521	33	-14528	-833	4074	0
	min. P _y	-3376	-3	-19350	-1160	3323	0
	maks. P _y	-4426	-10	-12513	-119	3977	0
	min. M _z	-4016	-3	-14505	-1591	3854	0
	maks. M _z	-3508	3	-14540	1317	4007	0
	min. M _x	-3656	-17	-15487	-323	129	0
	maks. M _x	-5431	-2	-15864	-570	7922	0
	min. M _y	-4089	-8	-13107	-539	3050	0
	maks. M _y	-4251	6	-13073	366	4741	0
	Klasa drogi A, rozpiętość 40 m, nad skrajnią drogową						
	min. P _z	-5903	-33	-15970	-925	8888	0
	maks. P _z	796	38	-20841	-3148	-1258	0
	min. P _x	-1328	-131	-17384	6636	-425	0
	maks. P _x	-2983	131	-15235	888	5536	0
	min. P _y	-814	53	-23339	-3672	1750	0
	maks. P _y	-3861	-33	-14013	-925	3899	0
min. M _z	-1323	-26	-17631	-8447	-1087	0	
maks. M _z	-2361	10	-17519	9576	6519	0	
min. M _x	-1657	-62	-17595	-1927	-4661	0	
maks. M _x	-4248	-68	-18422	2685	10839	0	
min. M _y	-2620	15	-15781	-2937	4553	0	
maks. M _y	-1776	17	-15807	2787	-686	0	

Tab. Z6-14. Wartości maksymalnych przemieszczeń krawędzi dylatacyjnych wywołanych równomiernym ogrzaniem/oziębieniem konstrukcji [mm]

Wartości	Rozpiętość przęsła [m]				
	20	25	30	35	40
Charakterystyczne	±5,5	±6,9	±8,2	±9,6	±11,0
Obliczeniowe	±8,2	±10,3	±12,4	±14,4	±16,5

Tab. Z6-15. Charakterystyczne maksymalne momenty zginające w dźwigarach głównych [kNm]

Wartości	Rozpiętość przęsła	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Charakterystyczne	Moment przęsłowy						
	Faza budowy						
	20 ^k	869	831	831	928	863	831
	20	869	831	831	928	863	831
	25	1375	1282	1315	1467	1366	1315
	30	2038	1904	1952	2170	2025	1952
35	2861	2678	2744	2927	2843	2744	

40	3861	3622	3708	4095	3837	3708
Faza budowy + eksploatacji						
20 ^K	2214	2040	1933	2070	1917	1838
20	2259	2081	1972	2112	1957	1878
25	3288	3037	2795	3030	2800	2682
30	4640	4294	3933	4265	3953	3793
35	6107	5671	5183	5602	5212	5011
40	7920	7371	6752	7276	6786	6534
Momenty podporowe (faza eksploatacji)						
20 ^K	2212	1950	1740	1791	1664	1597
20	2075	1904	1696	1746	1620	1554
25	2884	2654	2252	2321	2165	2082
30	3778	3477	2934	3030	2807	2703
35	4790	4416	3657	3916	3606	3448
40	5875	5421	4465	4881	4496	4299

Tab. Z6-16. Obliczeniowe maksymalne momenty zginające w dźwigarach głównych [kNm]

Obliczeniowe	Momenty przęsłowe						
	Faza budowy						
	20 ^K	1173	1122	1122	1252	1165	1122
	20	1173	1122	1122	1252	1165	1122
	25	1856	1730	1776	1980	1844	1776
	30	2751	2570	2635	2930	2734	2635
	35	3862	3615	3704	4105	3837	3704
	40	5212	4890	5006	5529	5180	5006
	Faza budowy + eksploatacji						
	20 ^K	3059	2820	2673	2864	2654	2546
	20	3104	2861	2713	2905	2694	2586
	25	4509	4167	3837	4160	3847	3686
	30	6364	5893	5404	5860	5434	5215
	35	8360	7766	7106	7681	7148	6874
	40	10838	10090	9252	9972	9302	8958
	Momenty podporowe (faza eksploatacji)						
	20 ^K	2851	2621	2343	2409	2236	2145
	20	2782	2553	2276	2343	2172	2081
	25	3875	3564	3021	3118	2904	2791
	30	5089	4684	3944	4083	3775	3633
	35	6476	5969	4933	5298	4878	4663
40	7957	7342	6035	6620	6095	5827	
^K – obiekt ramowy nad skrajnią kolejową							

Tab. Z6-17. Maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych [MPa]

Materiał (wartość dopuszczalna)	Rozpiętość przęsła [m]	Klasa drogi na obiekcie					
		A	S	G	Z	L	D
Stal konstrukcyjna (355 MPa)	Przekrój przęsłowy						
	20 ^K	204 (57%)	217 (61%)	219 (62%)	219 (62%)	216 (61%)	252 (71%)
	20	208 (59%)	233 (66%)	224 (63%)	236 (67%)	268 (75%)	257 (72%)
	25	244 (69%)	241 (68%)	262 (74%)	239 (67%)	259 (73%)	248 (70%)
	30	271 (76%)	278 (78%)	255 (72%)	274 (77%)	292 (82%)	280 (79%)

Beton (13,5 MPa)	35	251 (71%)	257 (72%)	294 (83%)	284 (80%)	294 (83%)	321 (90%)
	40	262 (74%)	276 (78%)	276 (78%)	295 (83%)	276 (78%)	293 (83%)
	Przekrój podporowy						
	20 ^K	225 (63%)	240 (68%)	225 (63%)	225 (63%)	214 (60%)	236 (66%)
	20	216 (61%)	231 (65%)	218 (61%)	222 (63%)	237 (67%)	228 (64%)
	25	233 (66%)	243 (68%)	244 (69%)	223 (63%)	234 (66%)	225 (63%)
	30	231 (65%)	237 (67%)	225 (63%)	222 (62%)	233 (66%)	224 (63%)
	35	210 (59%)	216 (61%)	236 (66%)	218 (61%)	224 (63%)	233 (66%)
	40	191 (54%)	212 (60%)	203 (57%)	213 (60%)	197 (55%)	210 (59%)
	Stal zbrojoniowa (348 MPa)	Przekrój przęsłowy					
20 ^K		7,2 (54%)	7,3 (54%)	7,2 (53%)	7,2 (53%)	6,8 (50%)	8,0 (59%)
20		7,3 (54%)	8,1 (60%)	7,2 (54%)	7,1 (53%)	8,2 (60%)	8,1 (60%)
25		8,3 (62%)	8,3 (61%)	7,8 (58%)	6,9 (51%)	7,7 (57%)	7,5 (56%)
30		10,2 (75%)	10,2 (76%)	8,0 (59%)	7,9 (58%)	8,7 (64%)	8,6 (63%)
35		10,2 (75%)	10,3 (76%)	9,3 (69%)	8,7 (65%)	8,9 (66%)	9,9 (73%)
40		12,2 (90%)	11,8 (87%)	10,1 (75%)	9,9 (73%)	9,7 (72%)	10,0 (74%)
Przekrój podporowy							
20 ^K		139 (40%)	138 (40%)	129 (37%)	129 (37%)	118 (34%)	139 (40%)
20		139 (40%)	156 (45%)	127 (37%)	116 (33%)	137 (39%)	138 (40%)
25	175 (50%)	173 (50%)	153 (44%)	122 (35%)	140 (40%)	141 (41%)	
30	183 (53%)	181 (52%)	128 (37%)	125 (36%)	131 (38%)	133 (38%)	
35	160 (46%)	159 (46%)	124 (36%)	124 (36%)	124 (36%)	138 (40%)	
40	214 (61%)	194 (56%)	152 (44%)	153 (44%)	154 (44%)	154 (44%)	
^K – obiekt ramowy nad skrajnią kolejową							

Z6-3.5.3. KŁADKI DLA PIESZYCH

W tabelach przedstawiono najistotniejsze wyniki uzyskane po przeprowadzeniu analizy statyczno-wytrzymałościowej dla kładek dla pieszych:

- wartości charakterystyczne i obliczeniowe reakcji pionowych oraz poziomych równoległych do osi mostu w najbardziej obciążonych łożyskach na danej podporze,
- charakterystyczne i obliczeniowe przemieszczenia podłużne w łożyskach i urządzeniach dylatacyjnych,
- wartości charakterystyczne i obliczeniowe momentów zginających w konstrukcji przęsła dla najbardziej obciążonych przekrojów: przęsłowego i podporowego,
- maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych.

Tab. Z6-18. Maksymalne reakcje na łożyska [kN]

Wariant rozpiętości	Łożysko na przyczółku		Łożysko na filarze	
	Charakterystyczna	Obliczeniowa (Str/Geo)	Charakterystyczna	Obliczeniowa (Str/Geo)
Reakcja pionowa				
20	226	312	-	-
30	304	420	-	-
40	430	594	-	-
20 + 20	207	283	526	716
30 + 30	259	358	789	1081
20 + 30 + 20	195	266	580	795
Reakcja pozioma podłużna (wzdłuż osi obiektu)				
20	129	174	-	-
30	158	194	-	-
40	260	351	-	-
20 + 20	-	-	160	215
30 + 30	-	-	306	413
20 + 30 + 20	-	-	251	336

Tab. Z6-19. Maksymalne przemieszczenia w urządzeniu dylatacyjnym i na łożysku wywołane temperaturą [mm]

Wariant rozpiętości przęsła	Wartość przemieszczenia							
	Charakterystyczna				Obliczeniowa			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
20	±11,0	-	-	-	±16,5	-	-	-
30	±16,5	-	-	-	±24,7	-	-	-
40	±22,0	-	-	-	±33,0	-	-	-
20 + 20	±11,0	-	±11,0	-	±16,5	-	±16,5	-
30 + 30	±16,5	-	±16,5	-	±24,7	-	±24,7	-
20 + 30 + 20	±11,0	-	±16,5	±27,5	±16,5	-	±24,7	±41,2

Tab. Z6-20. Maksymalne momenty zginające w dźwigarach głównych [kNm]

Wariant rozpiętości	Przekrój przęsłowy			Przekrój podporowy			Maksymalna siła ścinająca [kN]
	Faza „0” [kNm]	Faza „1” [kNm]	Σ [kNm]	Faza „0” [kNm]	Faza „1” [kNm]	Σ [kNm]	
Wartości charakterystyczne							
20	579	420	999	-	-	-	206
30	1392	877	2269	-	-	-	298
40	2731	1560	4291	-	-	-	424
20 + 20	291	467	758	-573	-798	-1371	269
30 + 30	698	798	1496	-1382	-1358	-2740	392
20 + 30 + 20	525	632	1157	-775	-888	-1663	298
Wartości obliczeniowe							
20	782	602	1384	-	-	-	286
30	1879	1261	3140	-	-	-	412
40	3687	2242	5929	-	-	-	586
20 + 20	393	636	1029	-773	-993	-1766	365
30 + 30	942	1117	2059	-1866	-1760	-3626	537
20 + 30 + 20	709	896	1605	-1046	-1144	-2190	411

Tab. Z6-21. Maksymalne naprężenia w stanie granicznym użyteczności i stopień wykorzystania naprężeń dopuszczalnych [MPa]

Przekrój	Rozpiętość przęsła [m]	Materiał (wartość dopuszczalna)		
		Stal konstrukcyjna (355 MPa)	Beton (13,5 MPa)	Stal zbrojeniowa (348 MPa)
Przęsłowy	20	297 (84%)	5,8 (43%)	-
	30	318 (89%)	6,1 (45%)	-
	40	309 (87%)	5,9 (44%)	-
	20 + 20	146 (41%)	4,7 (35%)	-
	30 + 30	121 (34%)	3,5 (26%)	-
	20 + 30 + 20	175 (49%)	4,9 (36%)	-
Podporowy	20 + 20	231 (65%)	-	143 (41%)
	30 + 30	200 (56%)	-	102 (29%)
	20 + 30 + 20	218 (61%)	-	122 (35%)

Z6-3.5.4. MODEL LOKALNY PŁYTY POMOSTU

Poniżej przedstawiono wartości charakterystyczne i obliczeniowe momentów zginających oraz poprzecznych sił ścinających w przekroju przęsłowym i podporowym (pomiędzy dźwigarami oraz nad osią dźwigara) uzyskane po przeprowadzeniu analizy statycznej na modelach lokalnych dla płyty pomostu.

Tab. Z6-22. Maksymalne wartości sił wewnętrznych w kierunku poprzecznym w płytach obiektów drogowych:

Wartość	Klasa obciążenia	Rozstaw dźwigarów [m]	Siła wewnętrzna		
			Moment między dźwigarami [kNm/m]	Moment nad dźwigarem [kNm/m]	Siła poprzeczna [kN/m]
Charakterystyczna	I	2,35	38,6	-48,6	149,6
	II	2,50	40,4	-50,6	149,8
Obliczeniowa	I	2,35	52,2	-65,7	202,0
	II	2,50	54,6	-68,2	202,5

Tab. Z6-23. Maksymalne wartości sił wewnętrznych w kierunku poprzecznym w płytach obiektów drogowych

Wartość	Siła wewnętrzna		
	Moment między dźwigarami [kNm/m]	Moment nad dźwigarem [kNm/m]	Siła poprzeczna [kN/m]
Charakterystyczna	6,20	-11,03	41,63
Obliczeniowa	8,22	-15,95	58,69

Z6-3.6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

W wyniku przeprowadzonych obliczeń dobrano najodpowiedniejsze przekroje kształtowników w zależności od wariantu obiektu (klasa obiektu i wariant rozpiętości). Warunkiem decydującym w większości przypadków było sprawdzenie przekrojów podporowych w stanie granicznym nośności. Zaproponowane konstrukcje przeszły również pozytywną weryfikację w zakresie pozostałych warunków normowych opisanych w podrozdziale 3.2.

Tab. Z6-24. Przekroje kształtowników do stosowania jako dźwigary główne

Wariant rozpiętości	Klasa drogi na obiekcie					
	A	S	G/GP	Z	L	D
Obiekty wieloprzęsłowe						
20 + 30 + 20	HL 1000 M	HL 1000 B	HE 1000 A	HL 1000 A	HL 1000 A	HEB 1000
25 + 35 + 25	HL 1100 R	HL 1100 M	HL 1000 M	HL 1100 B	HL 1000 M	HL 1000 M
30 + 40 + 30	HL 1100 · 607	HL 1100 · 548	HL 1100 R	HL 1100 · 548	HL 1100 R	HL 1100 R
Obiekty ramowe						
20K	HE 900 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 700 B
20	HE 900 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 700 B	HE 700 B
25	HL 1000 A	HE 1000 B	HE 900 B	HE 1000 B	HE 900 B	HE 900 B
30	HL 1000 M	HL 1000 B	HL 1100 A	HL 1100 A	HL 1000 A	HL 1000 A
35	HL 1100 · 548	HL 1100 R	HL 1100 B	HL 1100 M	HL 1100 B	HL 1100 B
40	HL 1000 · 748	HL 1100 ·	HL 1100 · 548	HL 1100 · 548	HL 1100 · 548	HL 1100 R

^k – obiekt ramowy nad skrajnią kolejową

Tab. Z6-25. Przekroje kształtowników do stosowania jako dźwigary główne w kładkach dla pieszych

Kształtownik	Rozpiętości przęseł					
	20 m	30m	40 m	20 + 20 m	30 + 30 m	20 + 30 + 20 m
HE 500 B	HE 500 B	HE 700 B	HL 1000 A	HE 500 B	HE 900 B	HE 600 B

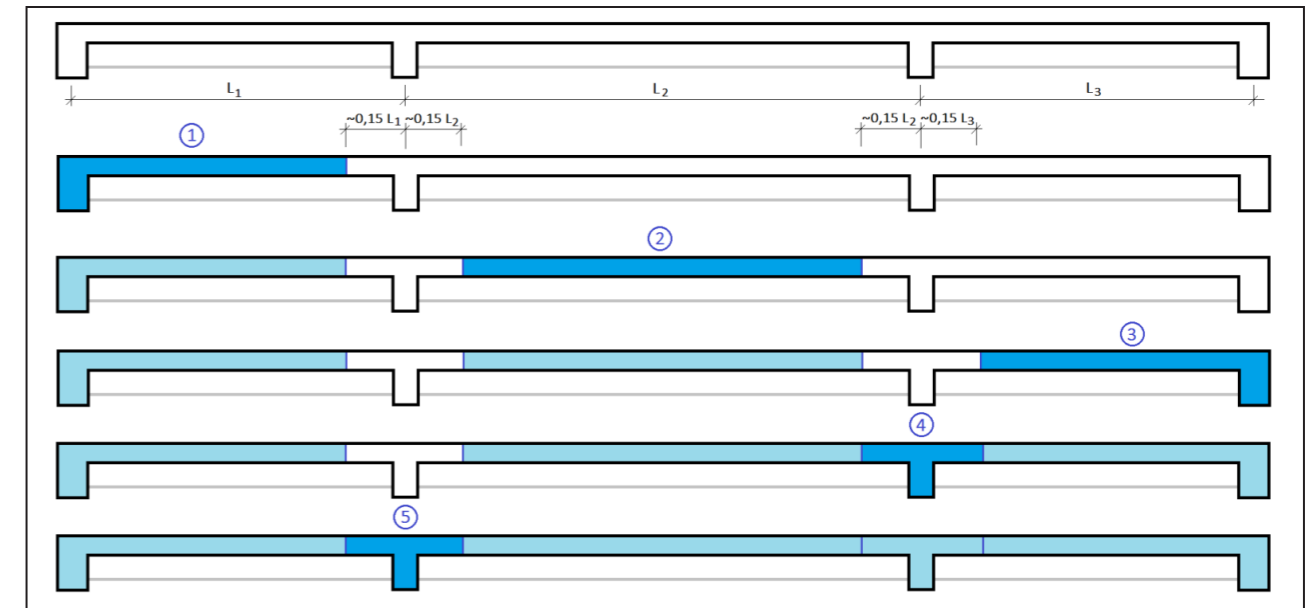
Z6-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

W odniesieniu do materiału należy stosować wymagania zgodnie z częścią II katalogu. Do wykonania konstrukcji stalowej przewidziano stal klasy nie niższej niż S355.

Z6-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Kolejne etapy w czasie budowy obiektów konstrukcji zespolonych są uzależnione od ich docelowych schematów statycznych. Dla drogowych obiektów wieloprzęsłowych należy kolejno:

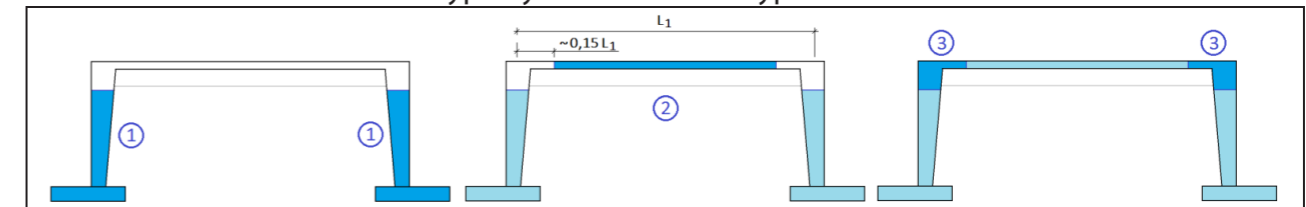
- wykonać podpory (przyczółki i filary) zgodnie z częścią B/1 i B/2,
- ustawić dźwigary główne w docelowej lokalizacji na tymczasowych łożyskach stalowych (tzw. stołeczkach) na uprzednio wykonanych podporach, zapewniając ich stateczność do czasu dojrzania betonu,
- wykonać szalunki dla poprzecznicy uciągających na każdej z podpór oraz dla płyty pomostu (pola pomiędzy dźwigarami oraz wsporniki podchodnikowe) i ułożyć pręty zbrojeniowe,
- zabetonować poprzecznicę oraz płytę pomostu w sposób eliminujący przekazywanie obciążeń na świeży beton; gdyby proces betonowania wszystkich przęseł przekraczałby 12 h, należy wyodrębnić strefy betonowania obejmujące fragmenty przęsłowe oraz podporowe. Do betonowania stref podporowych można przystąpić dopiero po zakończeniu układania betonu w strefach przęsłowych; przykładowy schemat betonowania przedstawiono na Rys. Z6-6,
- po uzyskaniu wymaganej minimalnej wytrzymałości betonu można przystąpić do montażu i układania typowych elementów wyposażenia.



Rys. Z6-6. Etapowanie robót

Drogowe obiekty o schemacie statycznym ramowym należy zrealizować według następującej kolejności robót:

- wykonać fundamenty i korpusy podpór do wysokości około 15 cm poniżej spodu dźwigarów stalowych,
- ustawić dźwigary główne w docelowej lokalizacji na tymczasowych łożyskach traconych (tzw. stołeczkach) na uprzednio wykonanych podporach, zapewniając ich stateczność do czasu dojrzania betonu,
- wykonać szalunki dla węzłów ram i płyty pomostu (pola pomiędzy dźwigarami oraz wsporniki podchodnikowe) oraz ułożyć pręty zbrojeniowe,
- zabetonować węzły ramy oraz płytę pomostu w sposób eliminujący przekazywanie obciążeń na świeży beton, gdyby proces betonowania przęsła przekraczałby 12 h, należy wyodrębnić strefę przęsłową oraz podporową obejmującą około 15% rozpiętości przęsła; w pierwszej kolejności należy wykonać betonowanie w strefie przęsłowej, a po jego zakończeniu przystąpić do betonowania pozostałych węzłów ramy, przykładowy schemat betonowania przedstawiono na Rys. Z6-7,
- po uzyskaniu wymaganej minimalnej wytrzymałości betonu można przystąpić do układania gruntu zasypowego za przyczółkami obiektu zgodnie z wytycznymi dla podpór zamieszczonymi w części B/1,
- po uzyskaniu wymaganej minimalnej wytrzymałości betonu można przystąpić do montażu i układania typowych elementów wyposażenia.



Rys. Z6-7. Etapowanie robót

Zespolone kładki dla pieszych należy zrealizować zgodnie z następującą kolejnością robót:

- wykonać podpory: przyczółki i filary zgodnie z częścią B/1 i B/2,

- ustawić konstrukcję stalową w docelowej lokalizacji na docelowych łożyskach; w zależności od możliwości wykonawcy dopuszcza się montaż sekcjami z użyciem podpór tymczasowych lub montaż całych przęseł; możliwy jest montaż samostatecznych tandemów dźwigarów lub pojedynczych dźwigarów z tymczasowymi stężeniami zapewniającymi ich stateczność w kierunku poprzecznym,
- wykonać szalunki dla płyty pomostu (pole pomiędzy dźwigarami oraz wsporniki) oraz ułożyć pręty zbrojeniowe; szalunki pionowych płaszczyzn mogą być wykonane w postaci desek gzymsowych,
- zabetonować płytę pomostu w sposób eliminujący przekazywanie obciążeń na świeży beton; gdyby proces betonowania wszystkich przęseł przekraczałby 12 h, należy wyodrębnić strefy betonowania obejmujące fragmenty przęsłowe oraz podporowe; do betonowania stref podporowych można przystąpić dopiero po zakończeniu układania betonu w strefach przęsłowych,
- po dojrzeniu betonu można przystąpić do montażu i układania typowych elementów wyposażenia dla kładek dla pieszych: izolacji, nawierzchni, balustrad, systemu odwodnienia.

Z6-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW (WSKAŹNIKI)

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu, stali zbrojeniowej i stali konstrukcyjnej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu-kg, t, m³;
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m² rzutu płyty pomostu-kg/m², m³/m², itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres +/-5%.

W przypadku przekrojów niesymetrycznych (z chodnikiem jednostronnym) zużycie materiałów należy określić na podstawie podanych w tabelach wskaźników materiałowych, proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabelach należy interpolować. Zużycie materiałów dla obiektów wieloprzęsłowych należy określić proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.

Zużycie materiałów nie obejmuje sworzni zespalaających, których udział jest niewielki w stosunku do stali konstrukcyjnej dźwigarów. Dodatkowo liczba sworzni dla danego typu obiektu może różnić się z uwagi na zastosowanie innych sposobów zamocowania dźwigara w poprzecznicach uciążlających. Orientacyjne zużycie sworzni dla danego rodzaju konstrukcji wyznaczono przyjmując sworznie o średnicy trzpienia $\Phi 19$ mm i długości 150 mm. Dla takich założeń średnie zużycie materiału sworzni podano w Tab. Z6-26.

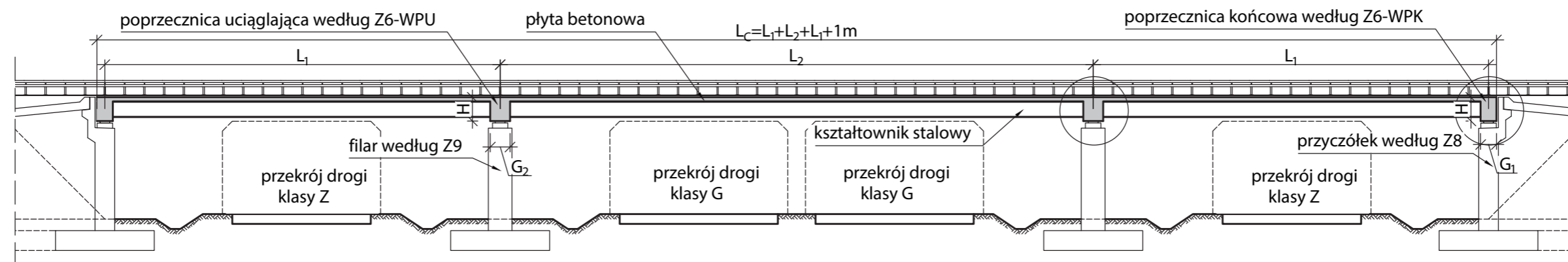
Tab. Z6-26. Zużycie materiału sworzni

Drogowe obiekty wieloprzęsłowe (rozpiętości przęseł)					
20 + 30 + 20 m		25 + 35 + 25 m		30 + 40 + 30 m	
8 kg/m ²		7 kg/m ²		6 kg/m ²	
Drogowe obiekty ramowe (rozpiętość przęsła)					
20 m		25 m	30 m	35 m	40 m
10 kg/m ²		9 kg/m ²	8 kg/m ²	7 kg/m ²	6 kg/m ²
Kładki dla pieszych (rozpiętości przęseł)					
20	30	40	20 + 20 m	30 + 30 m	20 + 30 + 20 m
5 kg/m ²	4 kg/m ²	3 kg/m ²	6 kg/m ²	4 kg/m ²	5 kg/m ²

Z6-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Z6-WP	Typowy przekrój podłużny obiektu wieloprzęsłowego
Z6-WA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z6-WS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z6-WG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z6-WZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z6-WL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z6-WD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z6-RPD	Typowy przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią drogową
Z6-RPK	Typowy przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią kolejową
Z6-RA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy A
Z6-RS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy S
Z6-RG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy G/GP
Z6-RZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy Z
Z6-RL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy L
Z6-RD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy D
Z6-KP	Typowy przekrój podłużny kładki dla pieszych
Z6-K	Typowy przekrój poprzeczny kładki dla pieszych
Z6-WPK	Typowa poprzecznicza końcowa
Z6-WPU	Typowa poprzecznicza uciążlająca
Z6-WR	Typowy węzeł ramy

Przekrój podłużny obiektu wieloprzęsłowego - schemat



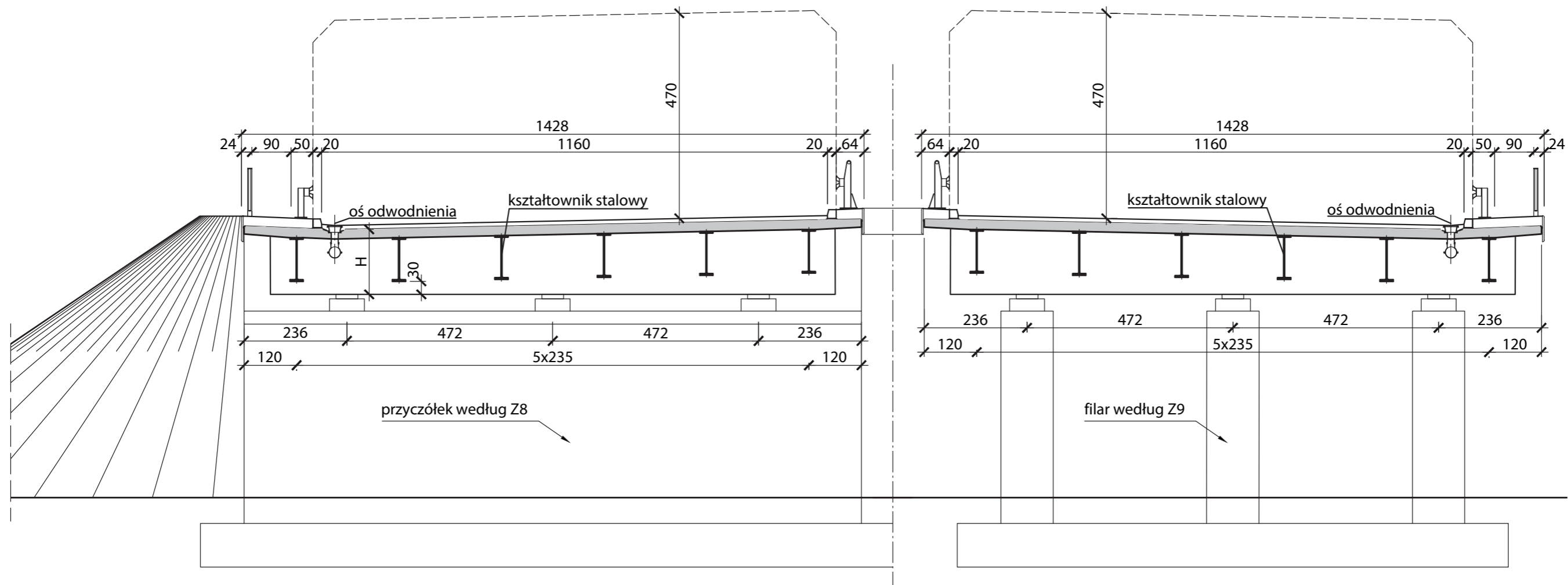
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

Wymiary elementów - wiadukt wieloprzęsłowy																	
Rozp. obiektu				Szerokość poprzecznic		Kształtownik i wysokość poprzecznic											
[m]	L1 [m]	L2 [m]	LC [m]	G1 [m]	G2 [m]	A	H [m]	S	H [m]	G/GP	H [m]	Z	H [m]	L	H [m]	D	H [m]
20+30+20	1.0	1.2	71.0	1.0	1.2	HL 1000 M	1.5	HL 1000 B	1.5	HE 1000 B	1.5	HL 1000 A	1.5	HL 1000 A	1.5	HE 1000 B	1.5
25+35+25			86.0			HL 1100 R	1.6	HL 1100 M	1.6	HL 1000 M	1.5	HL 1100 B	1.6	HL 1000 M	1.5	HL 1000 M	1.5
30+40+30			101.0			HL 1100x607	1.6	HL 1100x548	1.6	HL 1100 R	1.6	HL 1100x548	1.6	HL 1100 R	1.6	HL 1100 R	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO **Z6-WP**

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

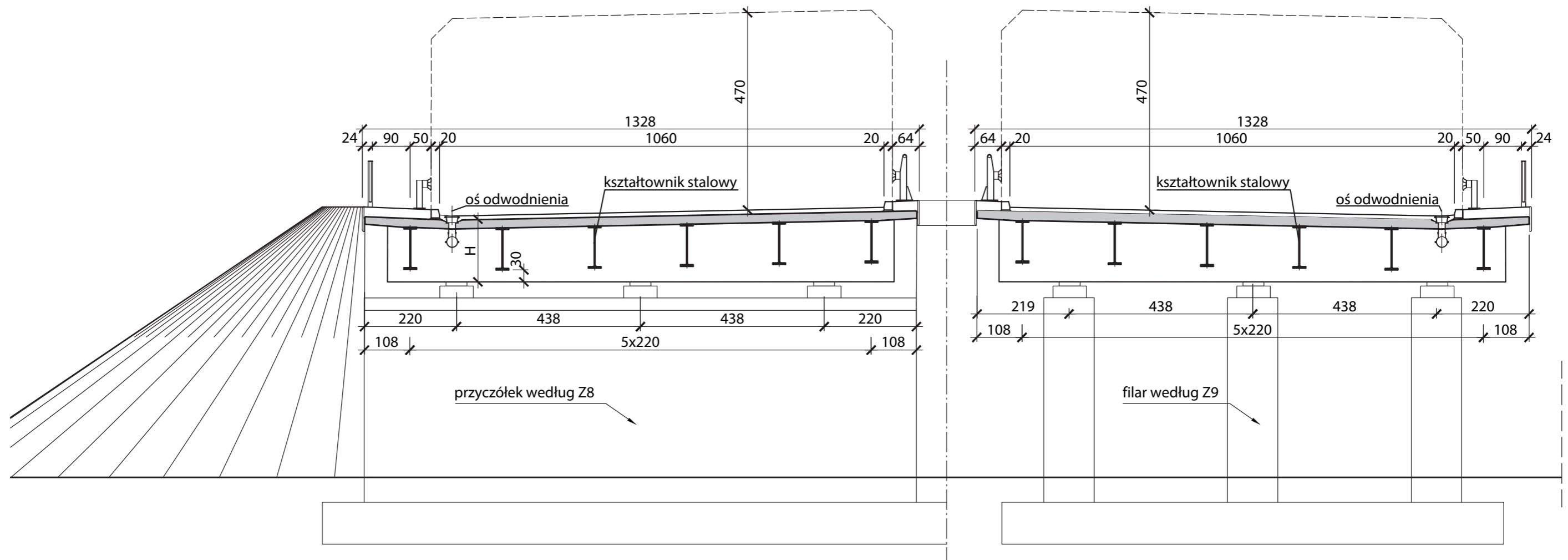
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

Zużycie materiałów - wiadukt wieloprzęsłowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20+30+20	1008	285	0.28	82	289	172	HL 1000 M
25+35+25	1221	330	0.27	84	309	208	HL 1100 R
30+40+30	1434	375	0.26	88	337	254	HL 1100x607

Z6-WA

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S - schemat



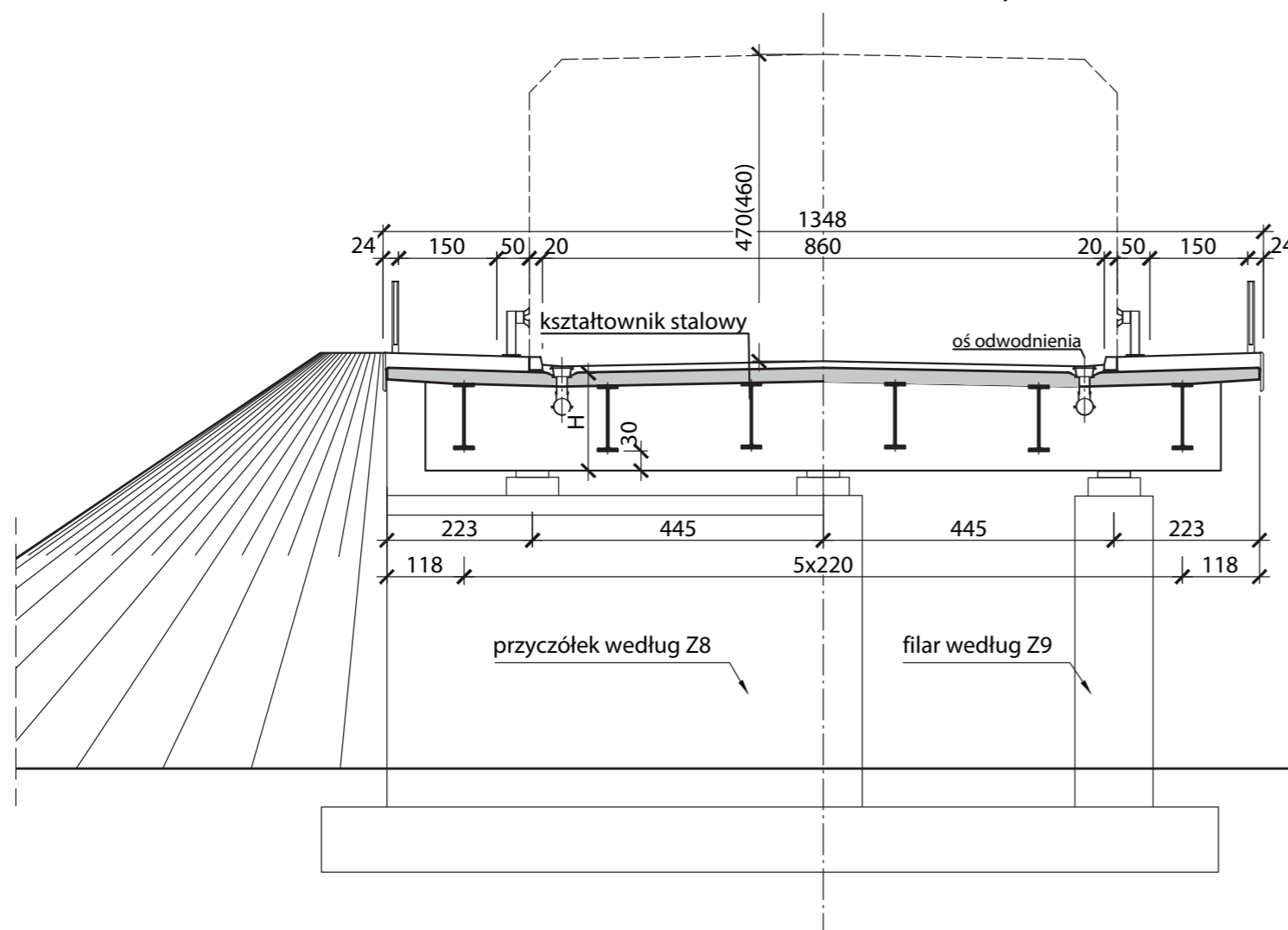
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

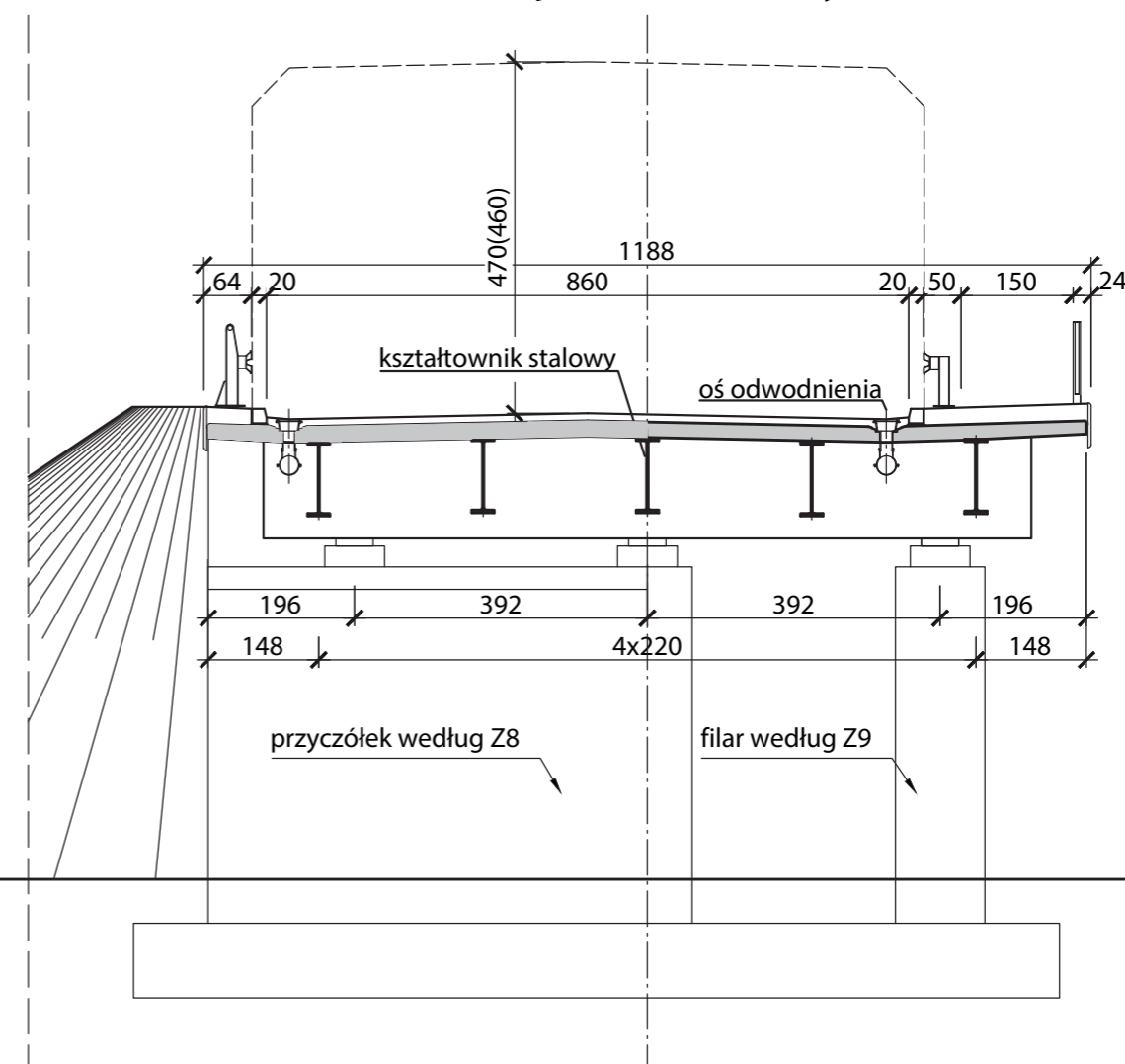
Zużycie materiałów - wiadukt wieloprzęsłowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
		[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]		
20+30+20	937	265	0.28	82	289	166	HL 1000 B
25+35+25	1135	307	0.27	84	309	195	HL 1100 M
30+40+30	1333	349	0.26	88	337	247	HL 1100x548

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S **Z6-WS**

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy G/GP - schemat chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

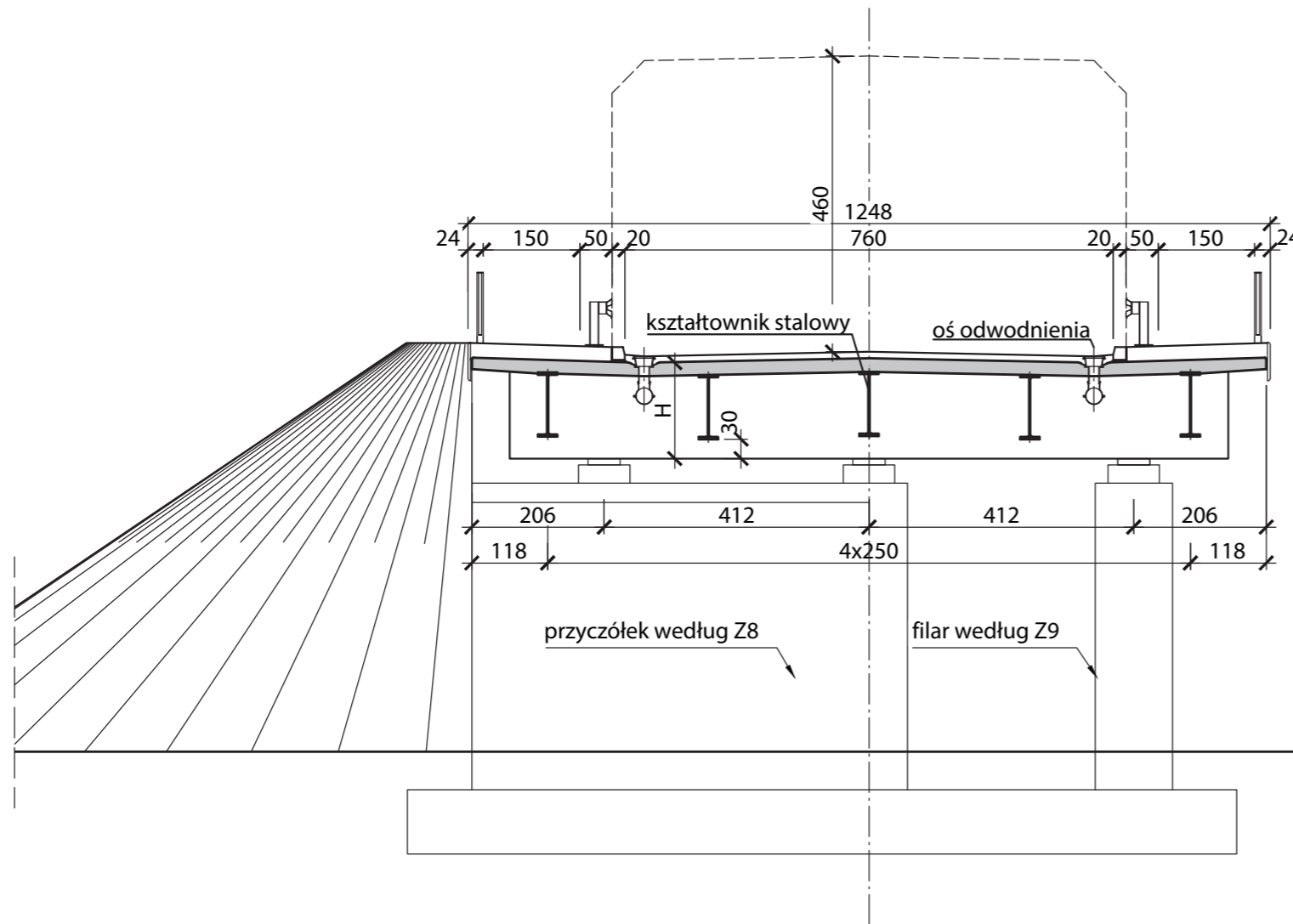
Zużycie materiałów - wiadukt wieloprzęsłowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20+30+20	951	269	0.28	82	289	139	HE 1000 B
25+35+25	1152	311	0.27	84	309	182	HL 1000 M
30+40+30	1353	353	0.26	88	337	221	HL 1100 R

Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

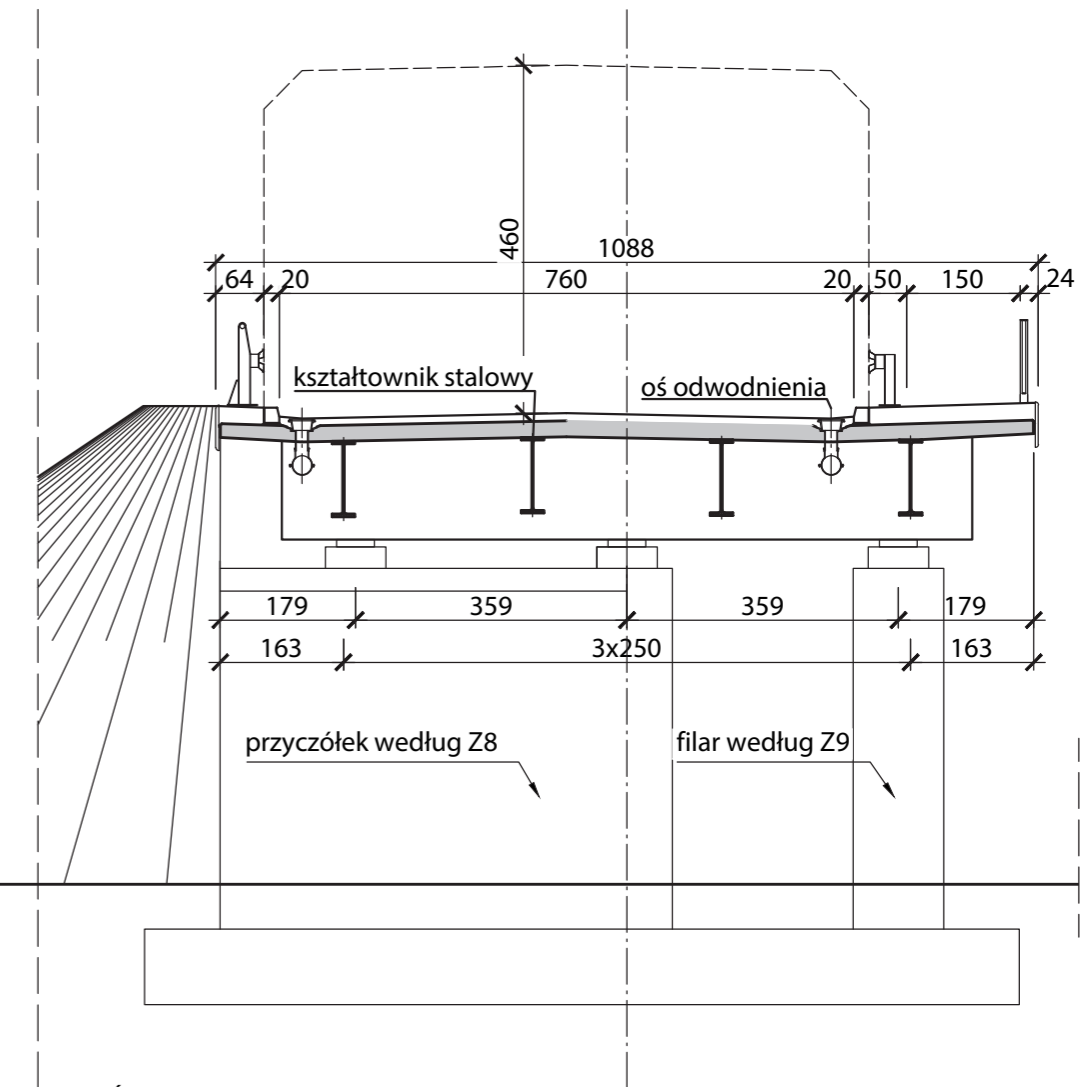
Z6-WG/GP

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G i GP

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z - schemat chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

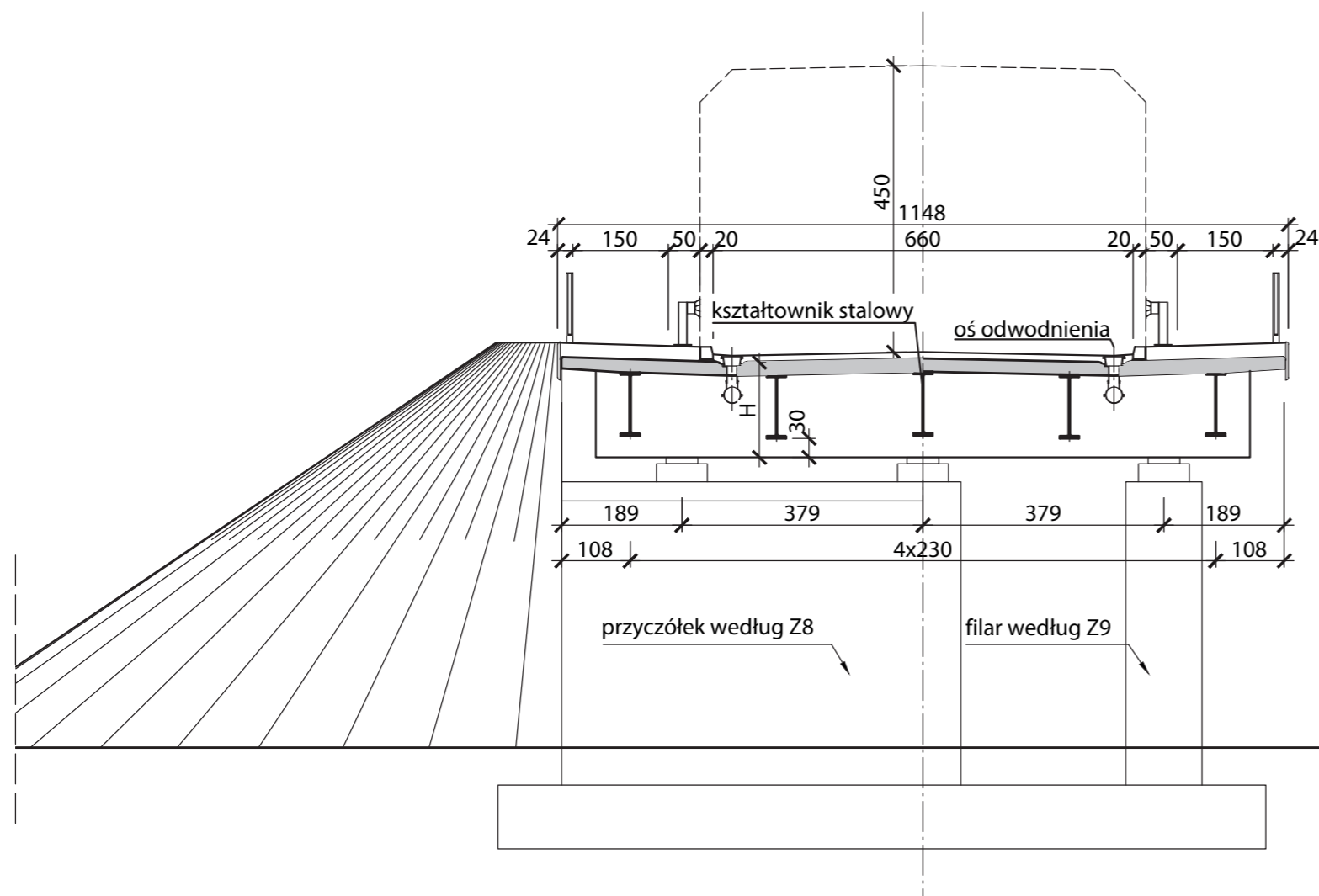
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20+30+20	880	248	0.28	82	289	128	HL 1000 A
25+35+25	1066	288	0.27	83	310	155	HL 1100 B
30+40+30	1252	327	0.26	88	338	219	HL 1100x548

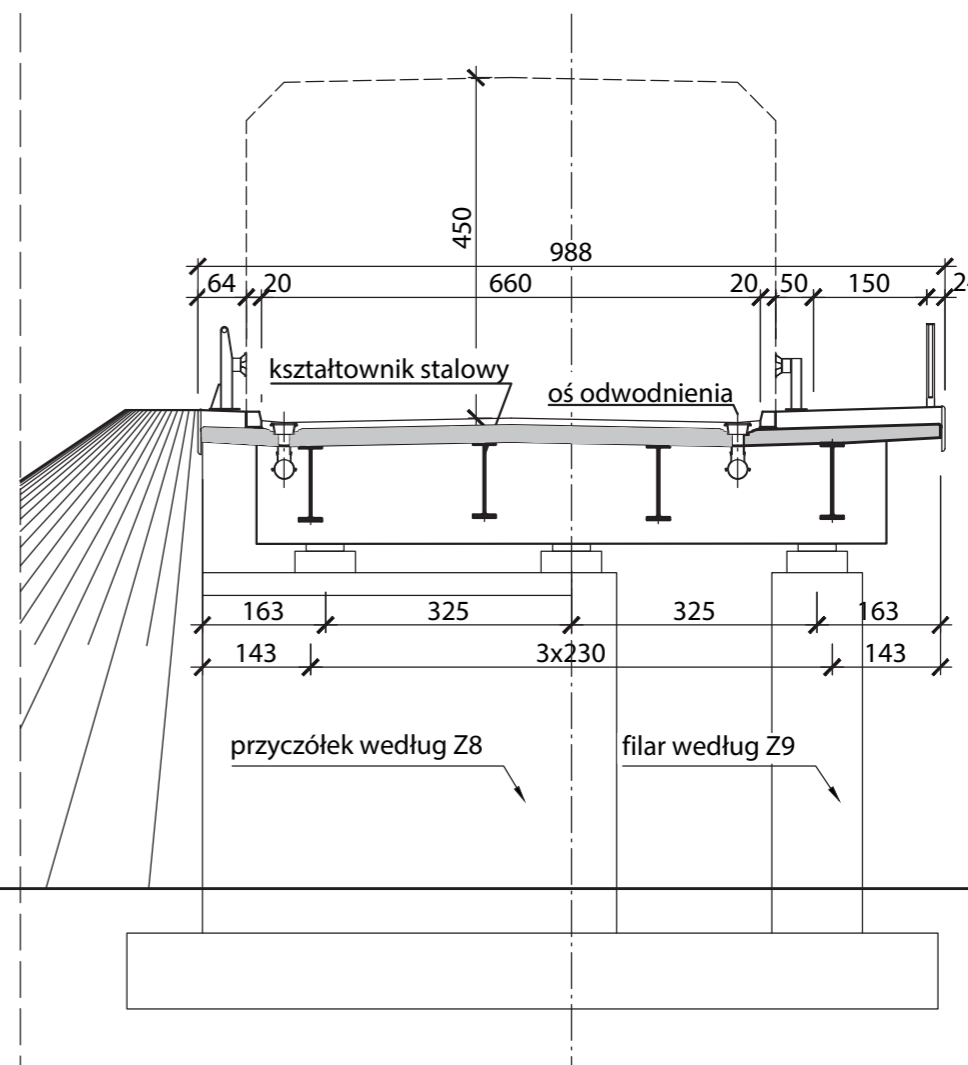
Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z **Z6-WZ**

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L - schemat chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

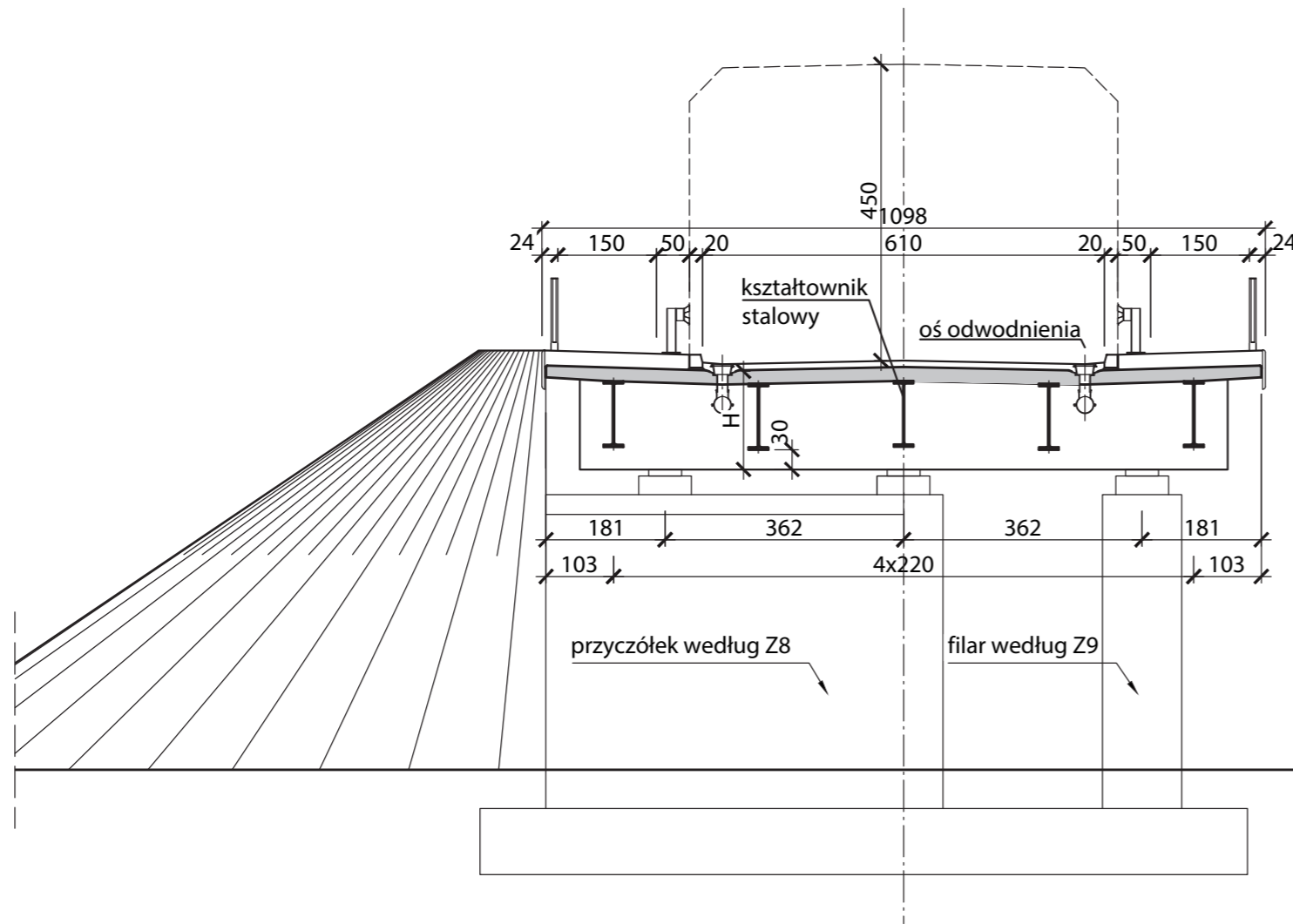
Zużycie materiałów - wiadukt wieloprzęsłowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20+30+20	809	228	0.28	82	290	139	HL 1000 A
25+35+25	980	264	0.27	84	310	179	HL 1000 M
30+40+30	1151	300	0.26	88	338	217	HL 1100 R

Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

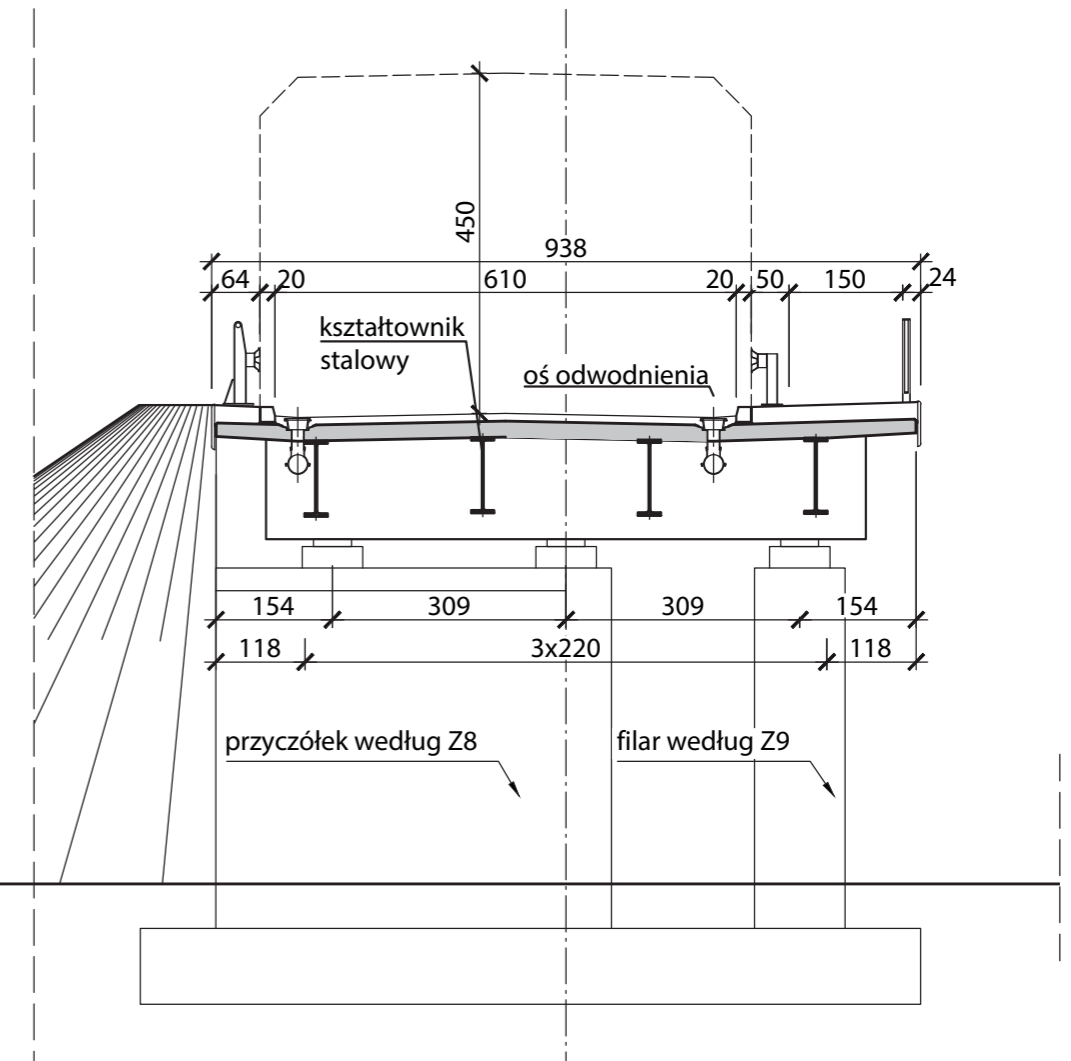
Z6-WL

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D - schemat chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WPU, Z6-WPK

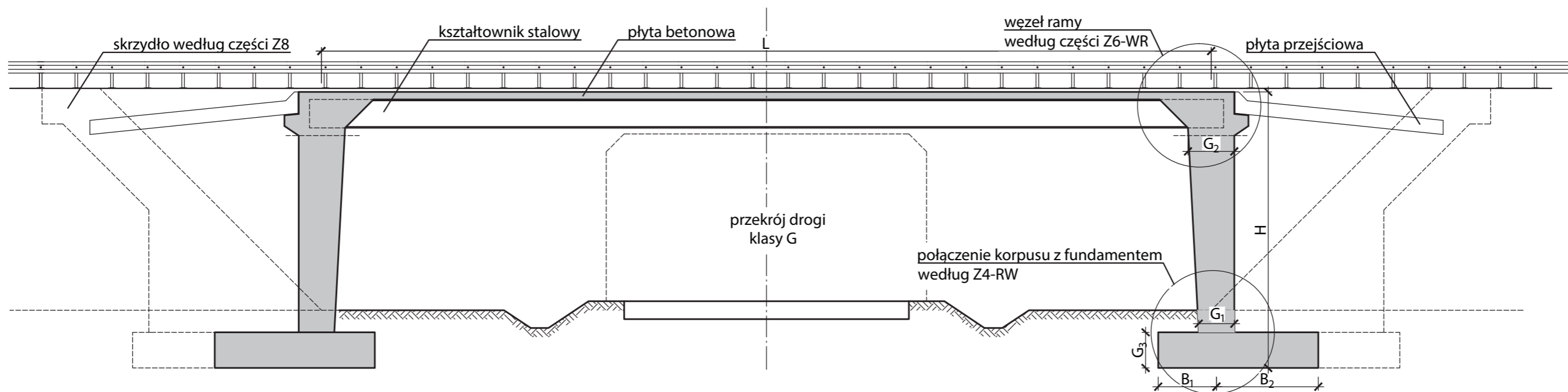
Zużycie materiałów - wiadukt drogowy							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
		[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]		
20+30+20	774	218	0.28	82	290	142	HE 1000 B
25+35+25	937	253	0.27	84	310	187	HL 1000 M
30+40+30	1101	287	0.26	88	338	227	HL 1100 R

Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Z6-WD

Przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią drogową - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

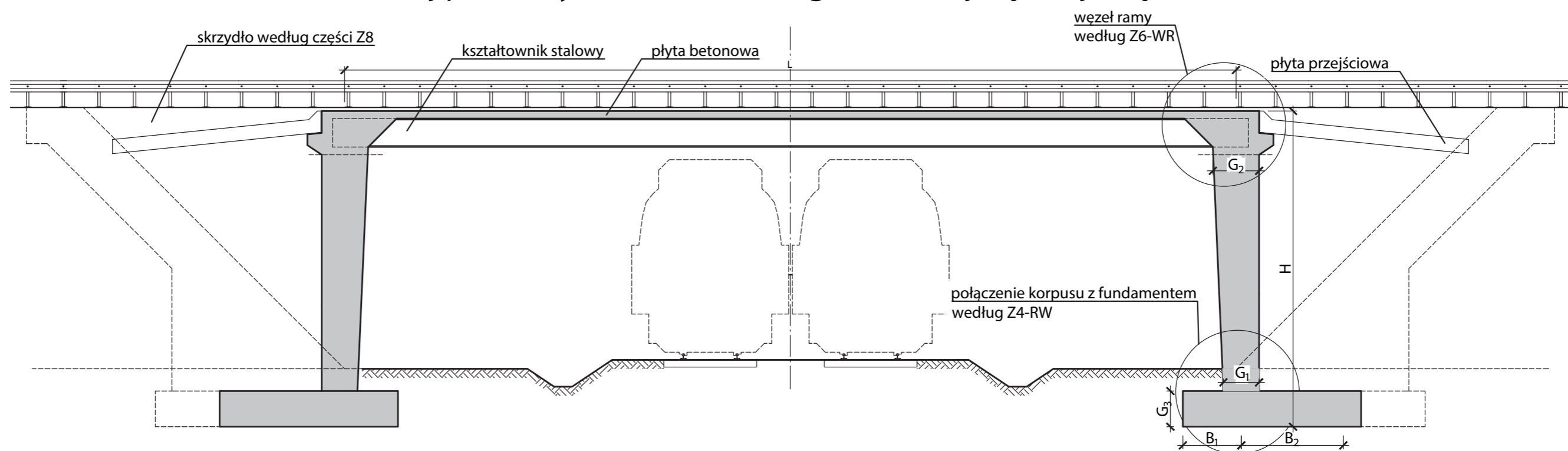
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Wymiary elementów - wiadukt nad przeszkodą drogową													
Rozp. obiektu	Grubość korpusu		Grubość ławy	Wysokość ramy	Wymiary ławy fundamentowej		Kształtownik						
	G1 [m]	G2 [m]			B1 [m]	B2 [m]	A	S	G/GP	Z	L	D	
20	1.0	1.3	1.0	9.3	1.5	3.0	HE 900 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 700 B	HE 700 B	
25	1.0	1.3					HL 1000 A	HE 1000 B	HE 900 B	HE 1000 B	HE 900 B	HE 900 B	HE 900 B
30	1.0	1.3					HL 1000 M	HL 1000 B	HL 1100 A	HL 1100 A	HL 1000 A	HL 1000 A	HL 1000 A
35	1.1	1.4					HL 1100x548	HL 1100 M	HL 1100 B	HL 1100 M	HL 1100 B	HL 1100 B	HL 1100 B
40	1.1	1.4					HL 1000x748	HL 1100x607	HL 1100x548	HL 1100x548	HL 1100x548	HL 1100x548	HL 1100 R

Z6-RPD

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU RAMOWEGO NAD PRZESZKODĄ DROGOWĄ

Przekrój podłużny obiektu ramowego nad skrajnią kolejową - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

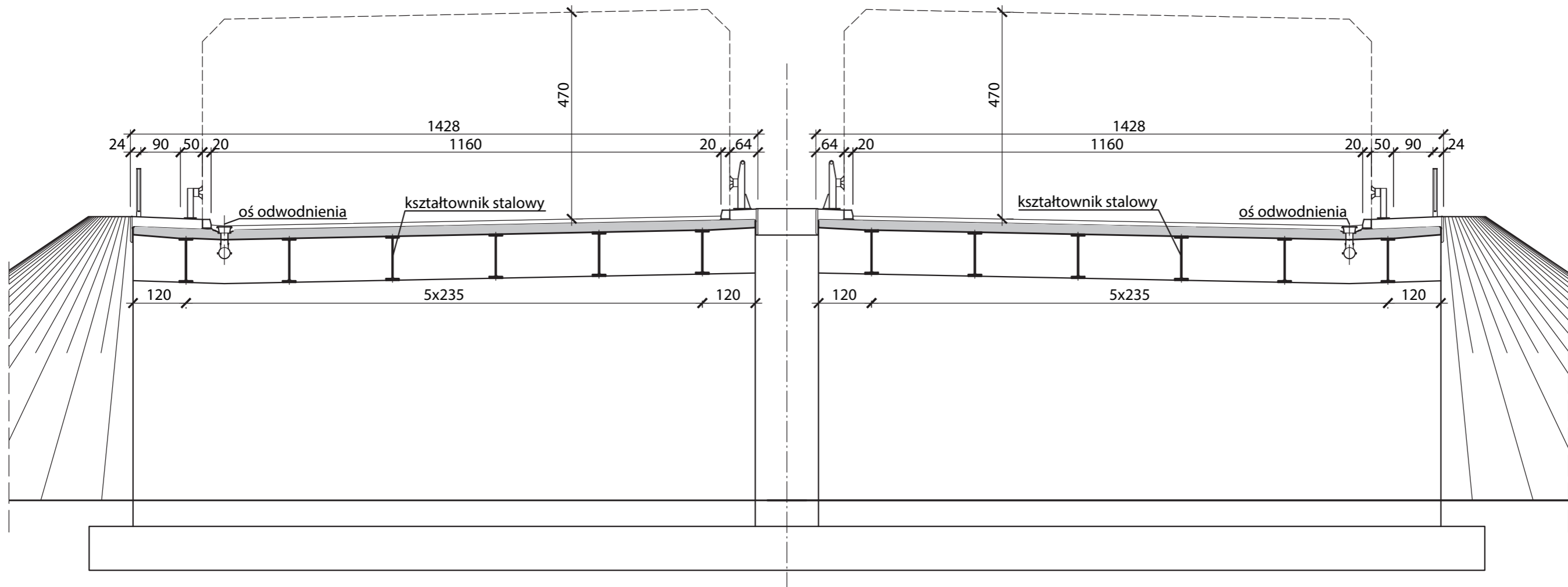
1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Wymiary elementów - wiadukt nad linią kolejową													
Rozp. obiektu	Grubość korpusu			Grubość ławy	Wysokość ramy	Wymiary ławy fundamentowej		Kształtownik					
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]			B1 [m]	B2 [m]	A	S	G/GP	Z	L	D
20	1.0	1.3	1.0	11.5	1.5	3.5	HE 900 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 800 B	HE 700 B	

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY OBIEKTU RAMOWEGO NAD LINIĄ KOLEJOWĄ

Z6-RPK

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy A - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

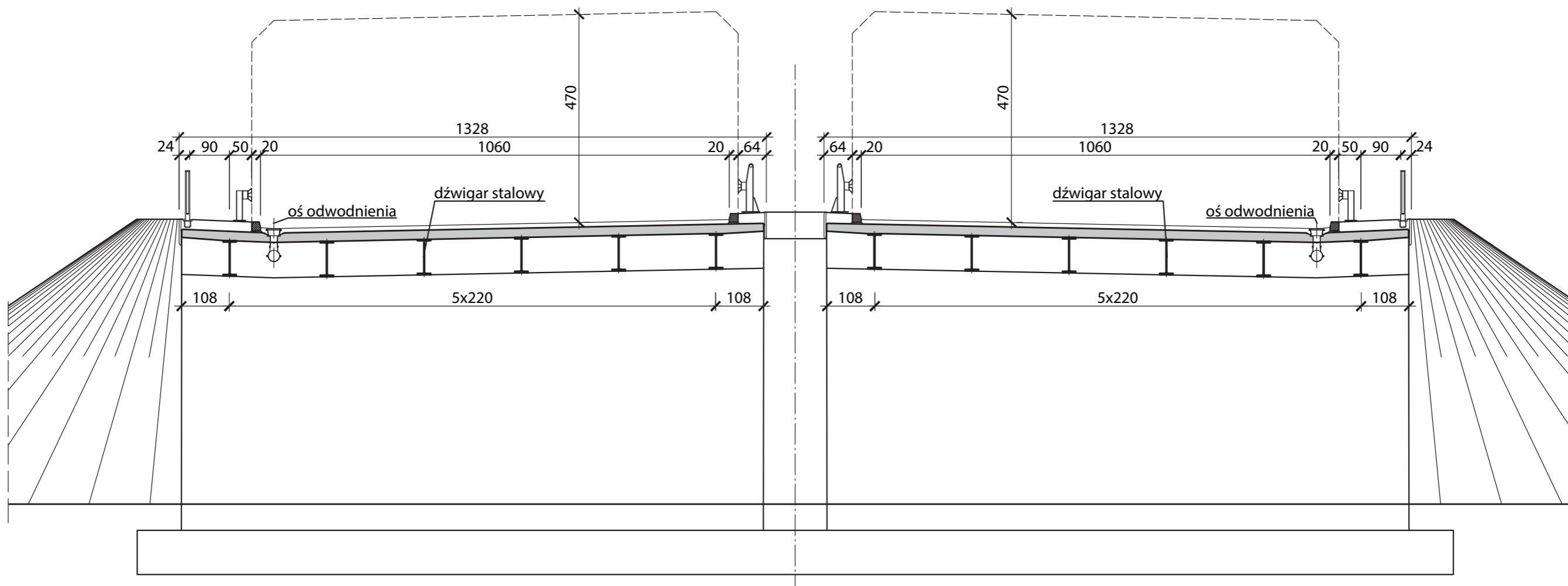
Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	298	455	1.52	203	133	117	HE 900 B
25	369	470	1.27	184	145	130	HL 1000 A
30	440	484	1.10	177	161	143	HL 1000 M
35	513	523	1.02	177	174	224	HL 1100x548
40	584	538	0.92	172	186	308	HL 1000x748

Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	298	541	1.81	230	127	117	HE 900 B

Z6-RA

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy S - schemat



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

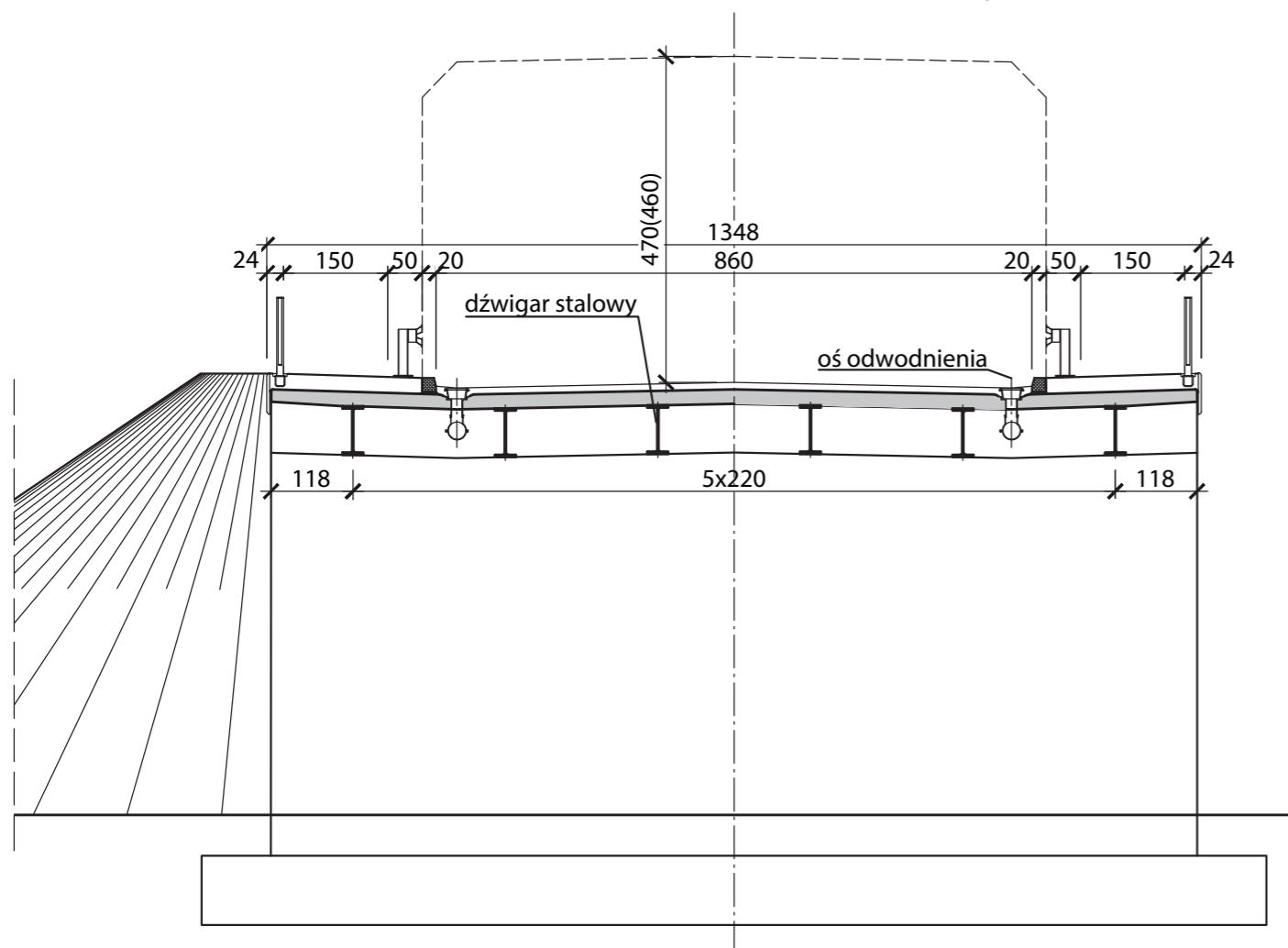
Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	277	503	1.81	230	127	113	HE 800 B

Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	277	423	1.52	204	134	113	HE 800 B
25	343	436	1.27	185	145	137	HE 1000 B
30	409	450	1.10	179	162	163	HL 1000 B
35	477	486	1.02	177	173	191	HL 1100 M
40	543	500	0.92	172	187	269	HL 1100x607

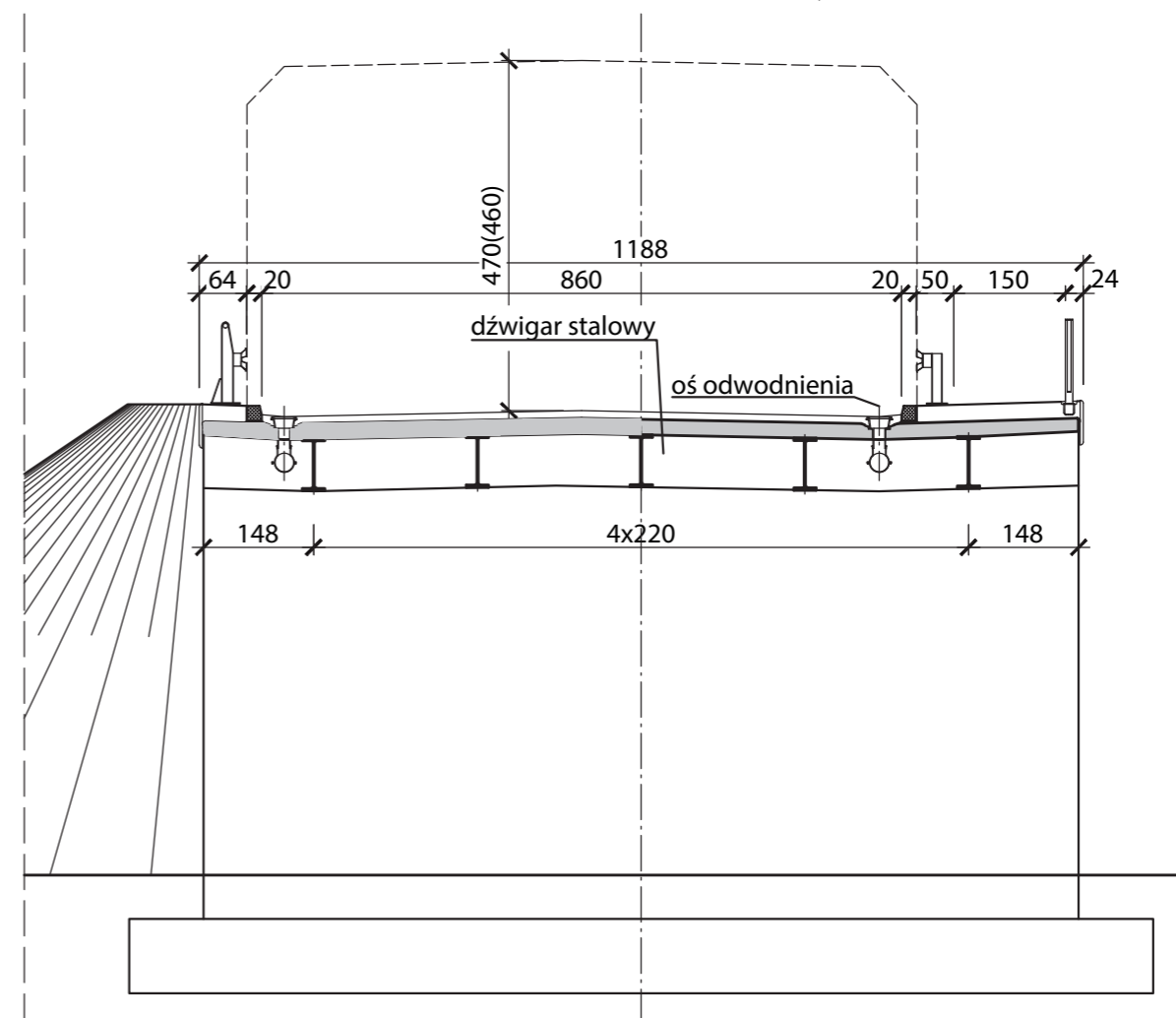
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S

Z6-RS

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy G/GP - schemat chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	281	429	1.52	201	132	112	HE 800 B
25	348	443	1.27	184	144	125	HE 900 B
30	415	457	1.10	176	160	149	HL 1100 A
35	484	493	1.02	174	171	169	HL 1100 B
40	551	507	0.92	170	184	239	HL 1100x548

Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

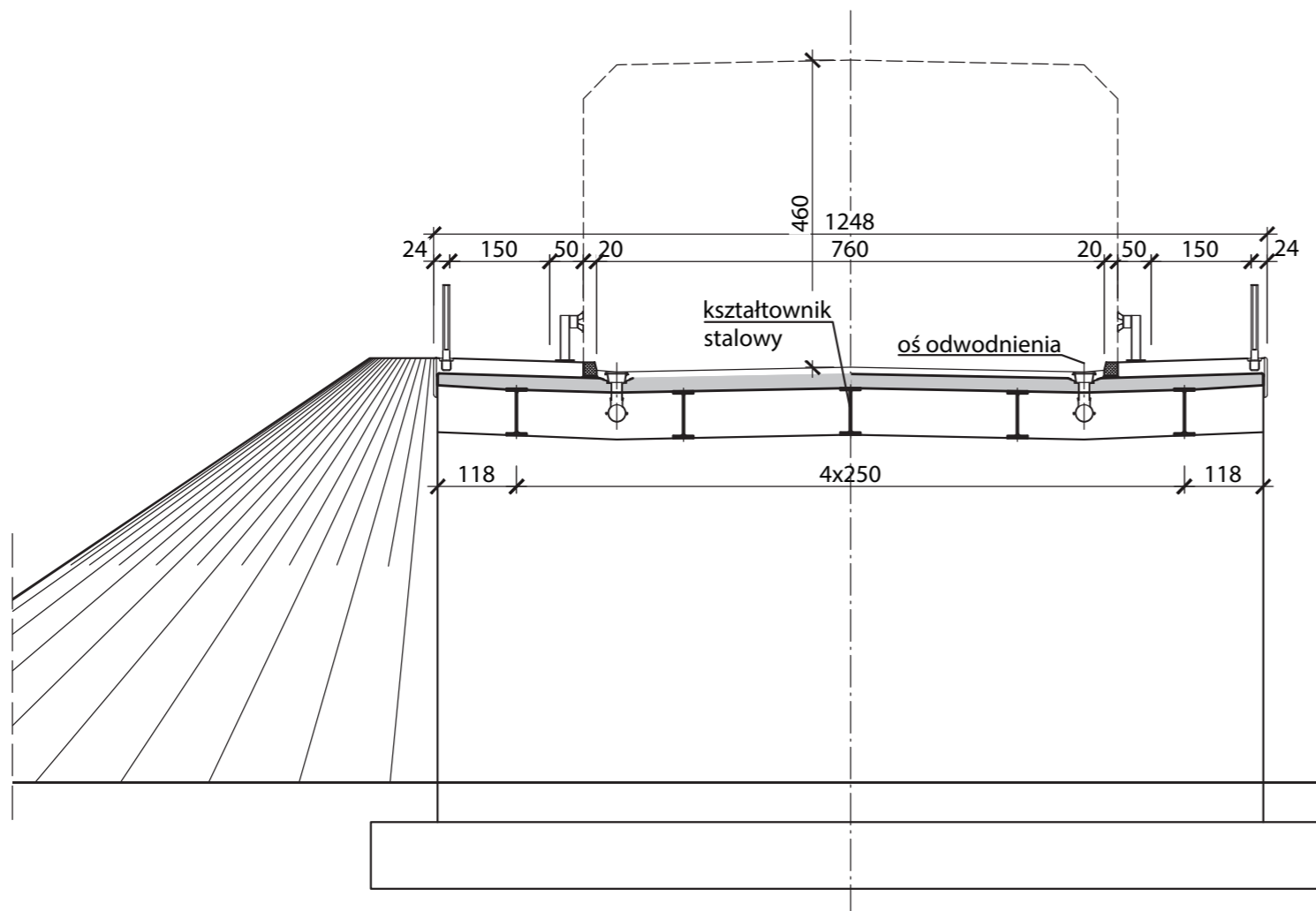
Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	281	510	1.81	221	122	112	HE 800 B

Z6-RG/GP

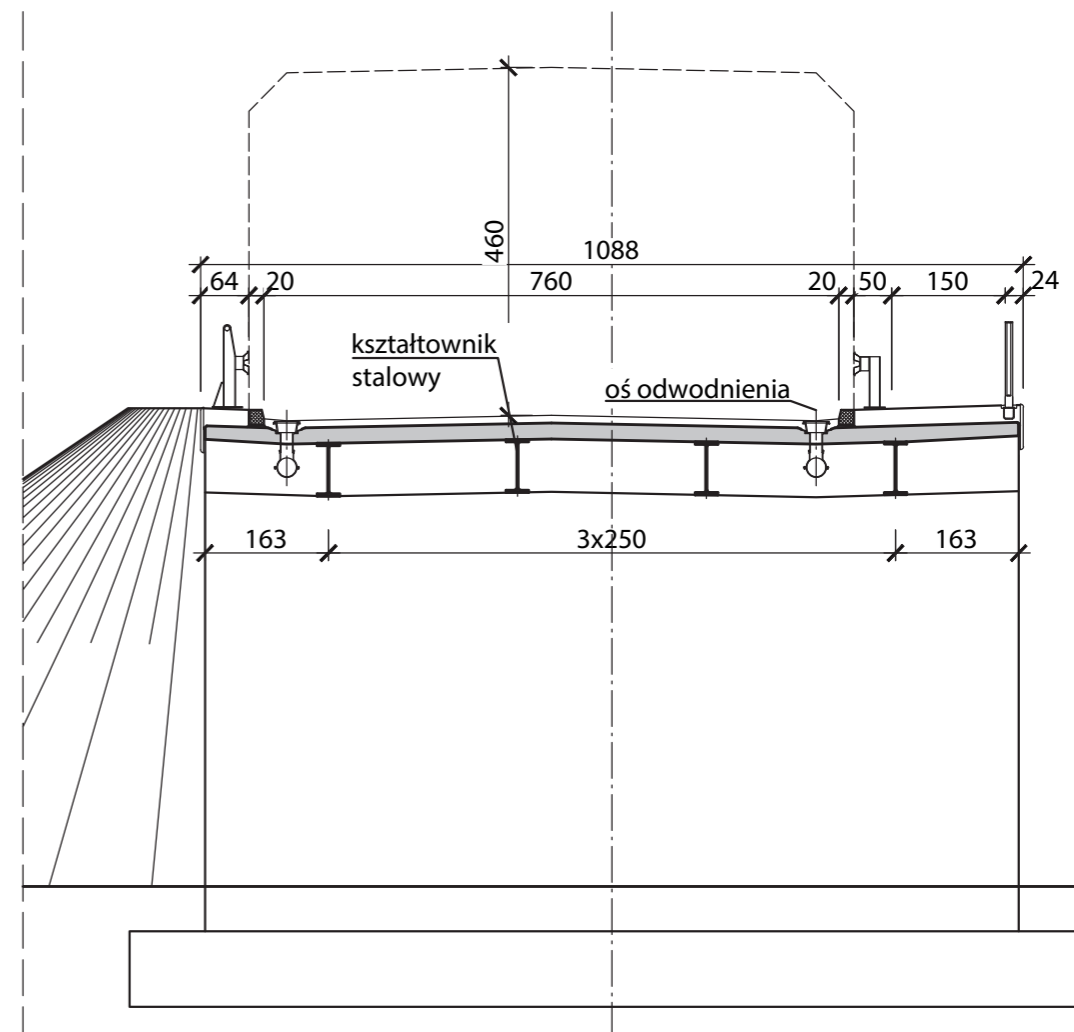
TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G i GP

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy Z - schemat

chodnik dwustronny



chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	260	472	1.81	224	124	101	HE 800 B

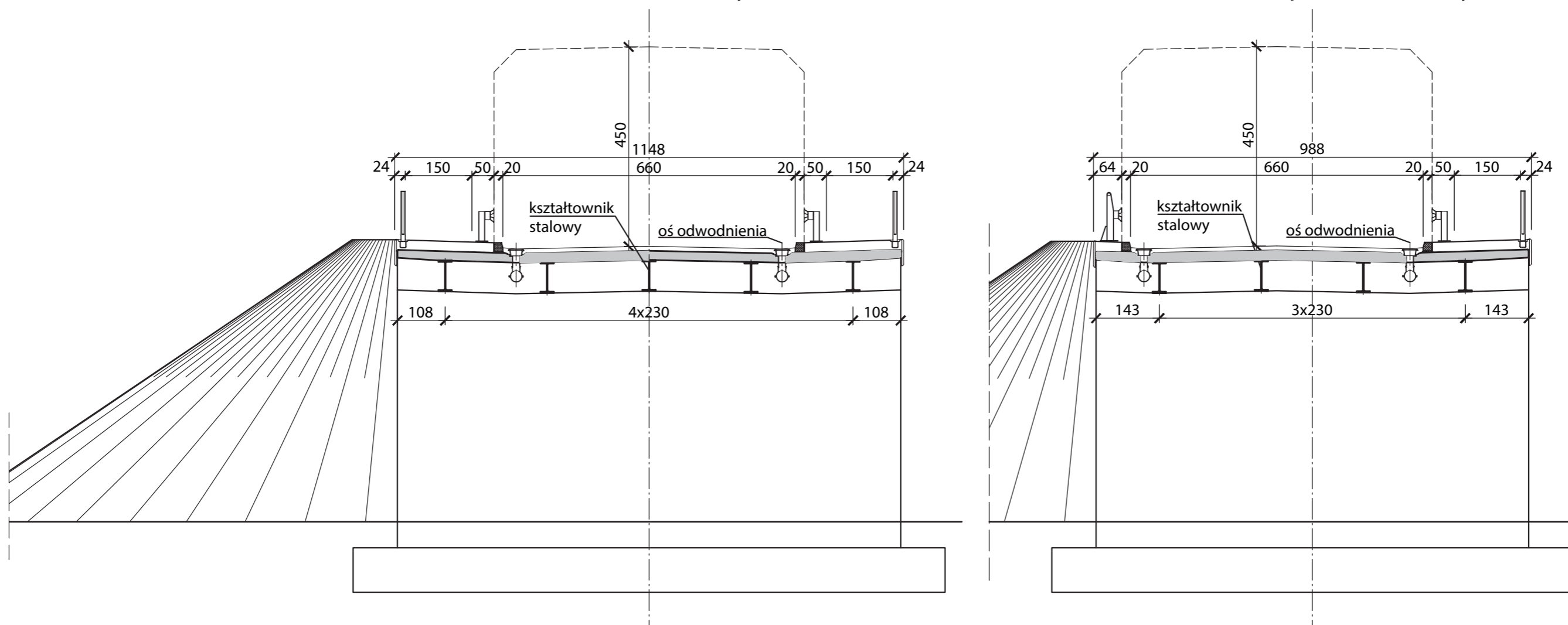
Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	260	397	1.52	203	133	101	HE 800 B
25	322	410	1.27	184	144	122	HE 1000 B
30	384	423	1.10	177	161	134	HL 1100 A
35	448	456	1.02	175	171	169	HL 1100 M
40	510	469	0.92	168	183	215	HL 1100X548

Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z

Z6-RZ

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy L - schemat chodnik dwustronny chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	239	365	1.52	204	134	109	HE 700 B
25	296	377	1.27	184	144	123	HE 900 B
30	353	389	1.10	177	161	136	HL 1000 A
35	412	420	1.02	174	171	166	HL 1100 B
40	469	432	0.92	164	179	234	HL 1100x548

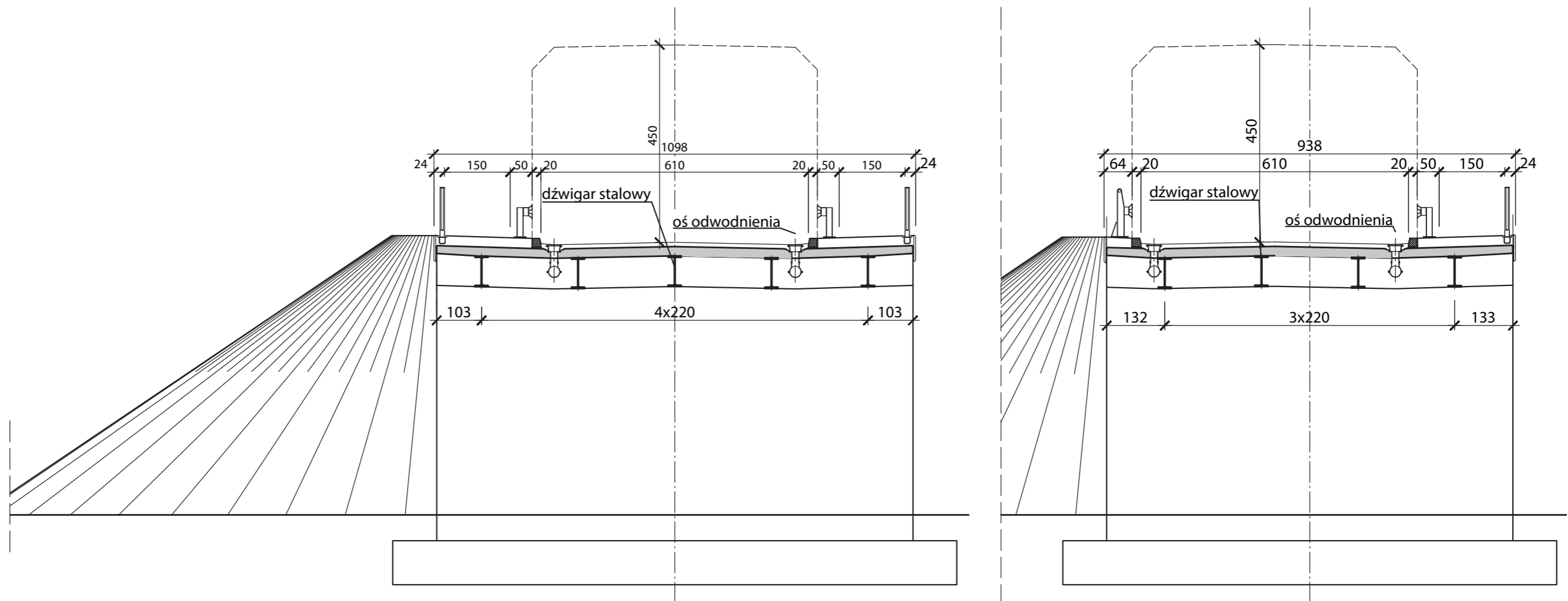
Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	239	434	1.81	232	128	109	HE 800 B

Z6-RL

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Przekrój poprzeczny obiektu ramowego w ciągu drogi klasy D - schemat chodnik dwustronny
chodnik jednostronny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Rysunek czytać łącznie z rysunkami rozwiązań szczegółowych Z6-WR, Z4-RW

Zużycie materiałów - wiadukt nad linią kolejową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	229	415	1.81	227	125	105	HE 700 B

Zużycie materiałów - wiadukt nad przeszkodą drogową							
Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształtownika
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]
20	229	349	1.52	204	134	105	HE 700 B
25	283	360	1.27	177	139	128	HE 900 B
30	338	372	1.10	176	160	142	HL 1000 A
35	393	401	1.02	173	169	173	HL 1100 B
40	448	413	0.92	163	177	223	HL 1100 R

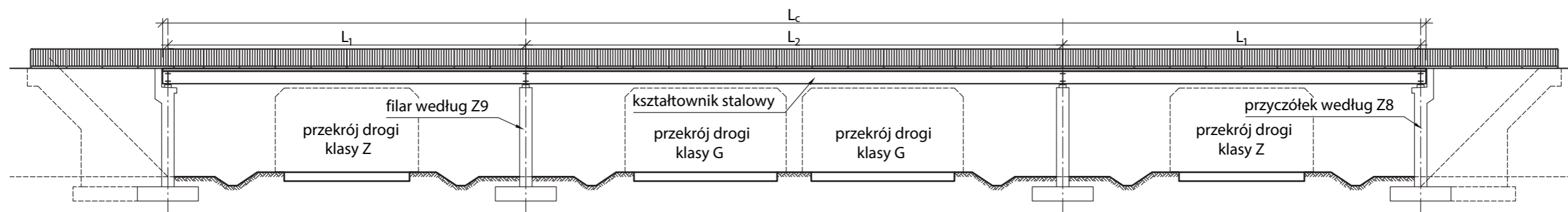
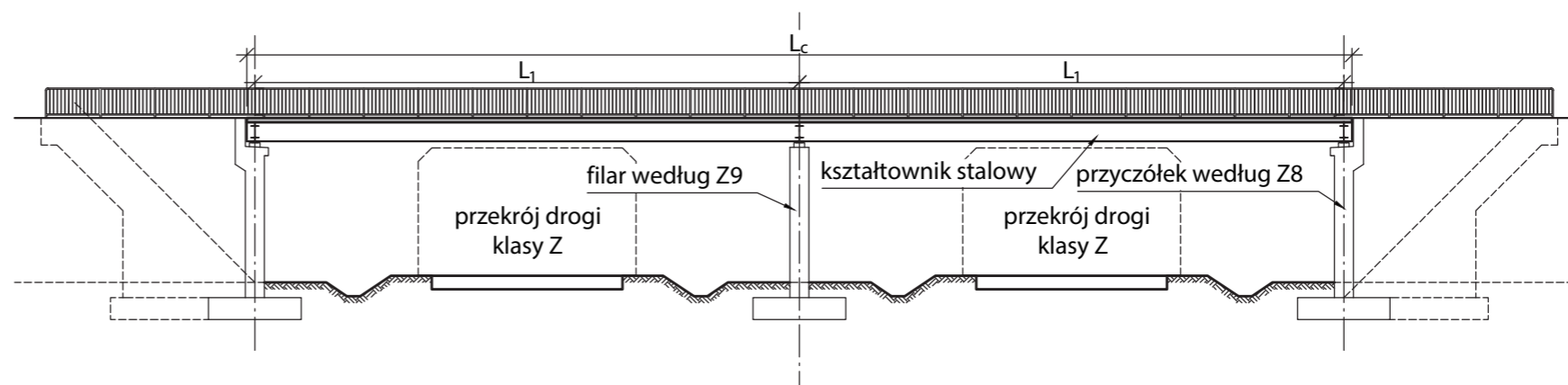
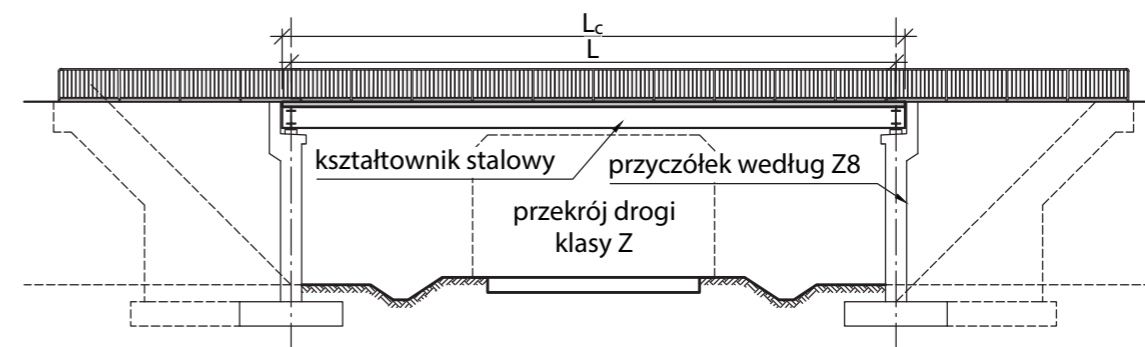
Zużycie dla wariantu z obustronnym chodnikiem

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU RAMOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Z6-RD

Wymiary elementów - kładka dla pieszych					
Rozp. obiektu				Przekrój kształownika dźwigara	Przekrój kształownika poprzeczniczy
[m]	L1 [m]	L2 [m]	LC [m]	[-]	[-]
20	20	-	20.6	HE 500 B	HE 360 B
30	30	-	30.6	HE 700 B	HE 500 B
40	40	-	40.6	HL 1000 A	HE 700 B
20+20	20	20	40.6	HE 500 B	HE 360 B
30+30	30	30	60.6	HE 900 B	HE 600 B
20+30+20	20	30	70.6	HE 600 B	HE 400 B

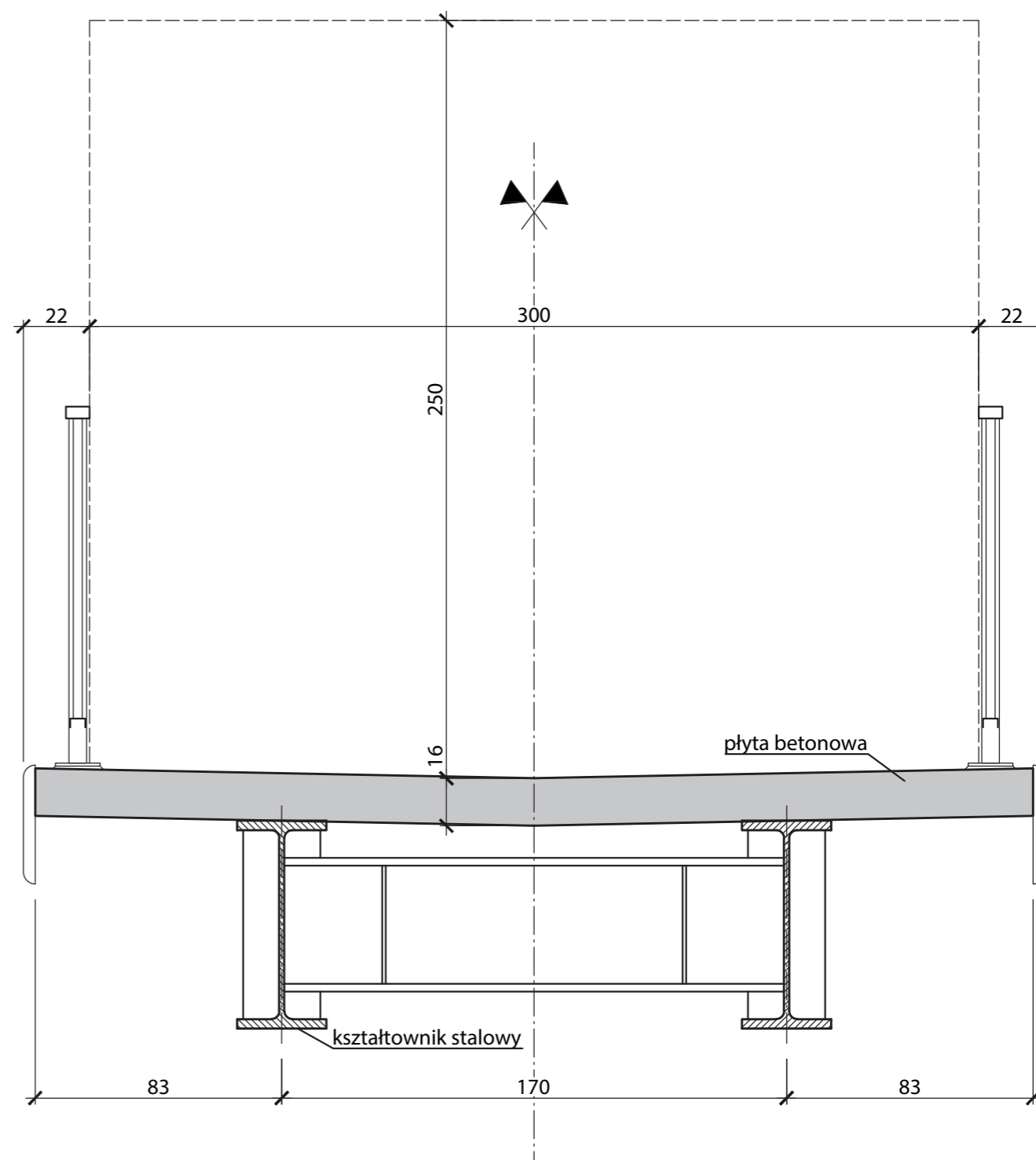
Przekrój podłużny kładki dla pieszych - schemat



Z6-KP

TYPOWY PRZEKRÓJ PODŁUŻNY KŁADKI DLA PIESZYCH

Przekrój poprzeczny podporowy kładki dla pieszych - schemat

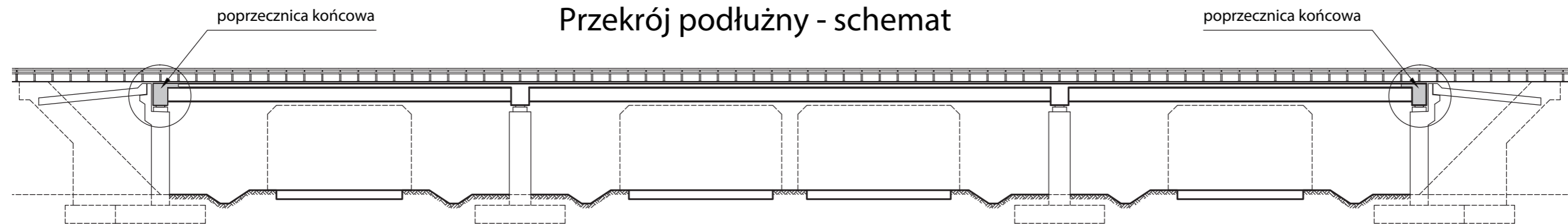


Zużycie materiałów - kładka dla pieszych

Rozp. obiektu	Pow. płyty pomostu	Beton C30/37		Zbrojenie		Stal konstrukcyjna	Przekrój kształownika dźwigara	Przekrój kształownika poprzecznicy
		[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]			
[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]	[-]
20	71	11	0.16	27	168	118	HE 500 B	HE 360 B
30	105	17	0.16	27	168	149	HE 700 B	HE 500 B
40	140	22	0.16	27	168	196	HL 1000 A	HE 700 B
20+20	140	22	0.16	31	196	116	HE 500 B	HE 360 B
30+30	208	33	0.16	31	196	178	HE 900 B	HE 600 B
20+30+20	243	39	0.16	31	196	130	HE 600 B	HE 400 B

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY KŁADKI DLA PIESZYCH

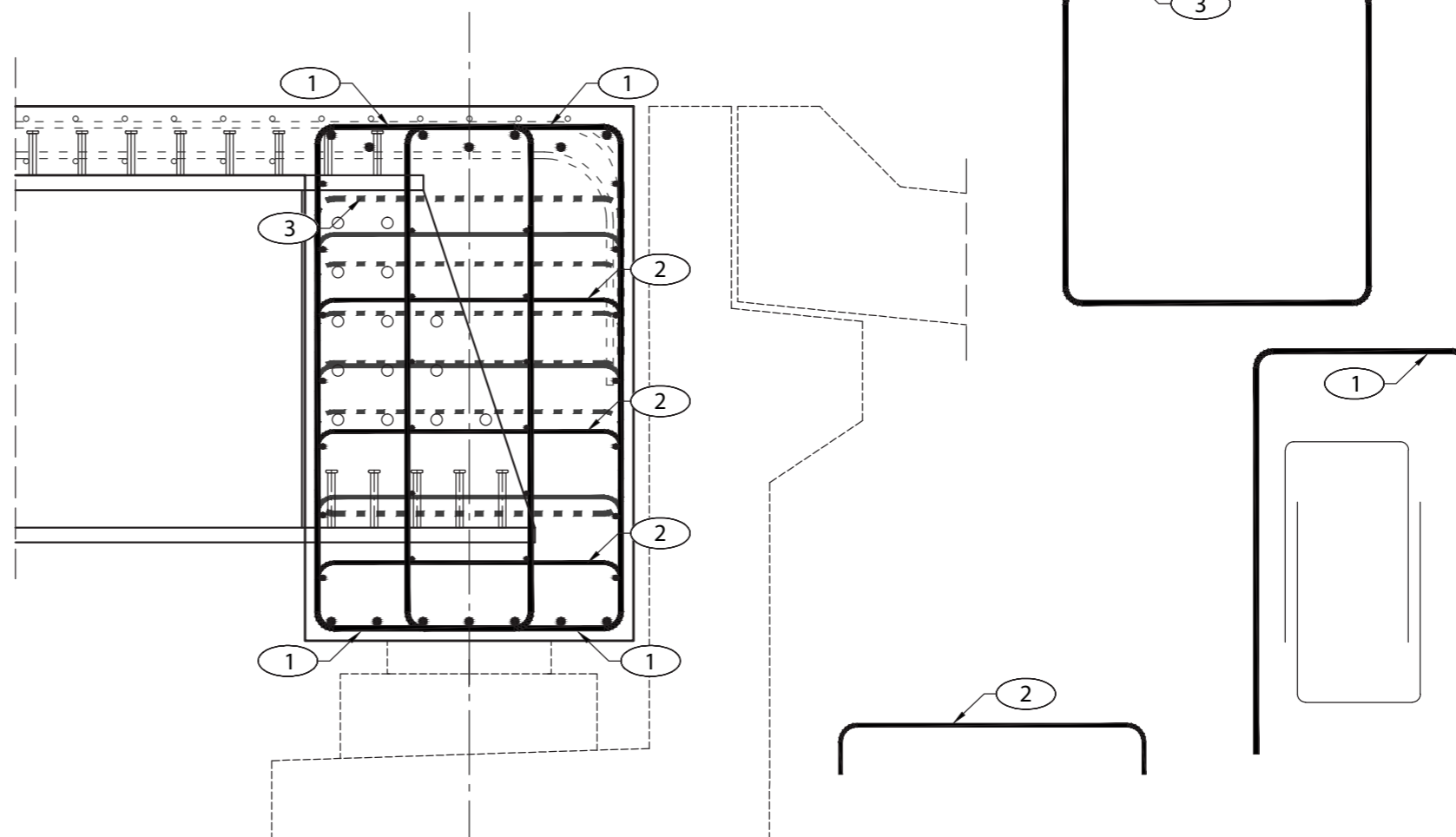
Z6-K



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Gięcie i łączenie prętów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w [9].
2. Ilość zbrojenia głównego i poprzecznego należy określić na podstawie klasy drogi na obiekcie oraz rozpiętości obiektu.
3. Wymagania materiałowe i technologiczne dla betonu i stali zbrojeniowej podano w części II katalogu.
4. Umieszczenie szczegółów zbrojenia przedstawiono na schemacie powyżej.

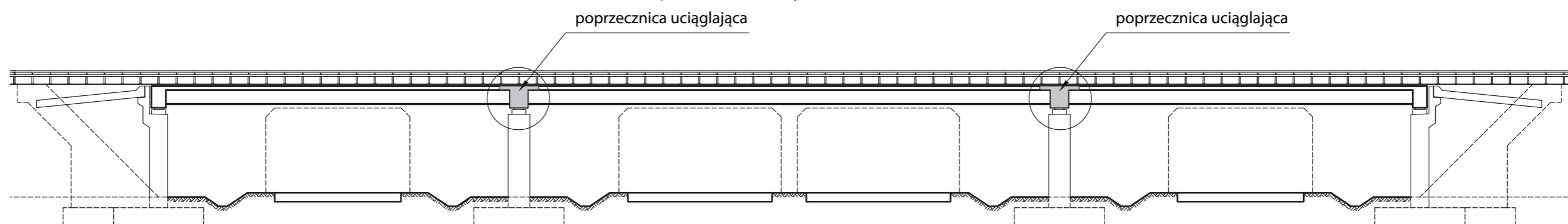
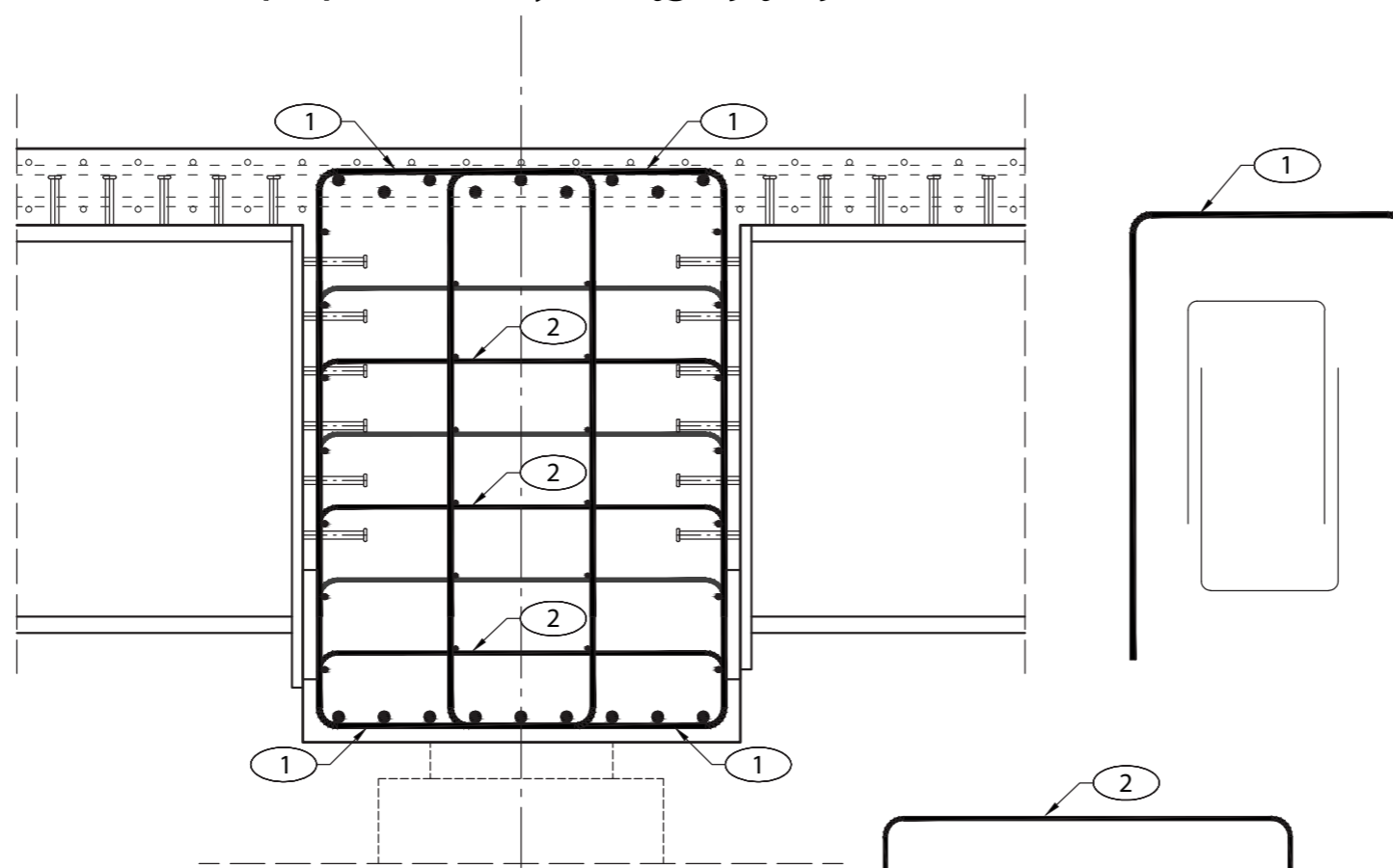
Przekrój - schemat zbrojenia poprzecznicą końcową



Z6-WPK

TYPOWA POPRZECZNICA KOŃCOWA

Przekrój podłużny - schemat

Przekrój - schemat zbrojenia
poprzecznicą uciągającą

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Gięcie i łączenie prętów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w [9].
2. Ilość zbrojenia głównego i poprzecznego należy określić na podstawie klasy drogi na obiekcie oraz rozpiętości obiektu.
3. Wymagania materiałowe i technologiczne dla betonu i stali zbrojeniowej podano w części II katalogu.
4. Umiejscowienie szczegółów zbrojenia przedstawiono na schemacie powyżej.

TYPOWA POPRZECZNICA UCIĄGLAJĄCA

Z6-WPU

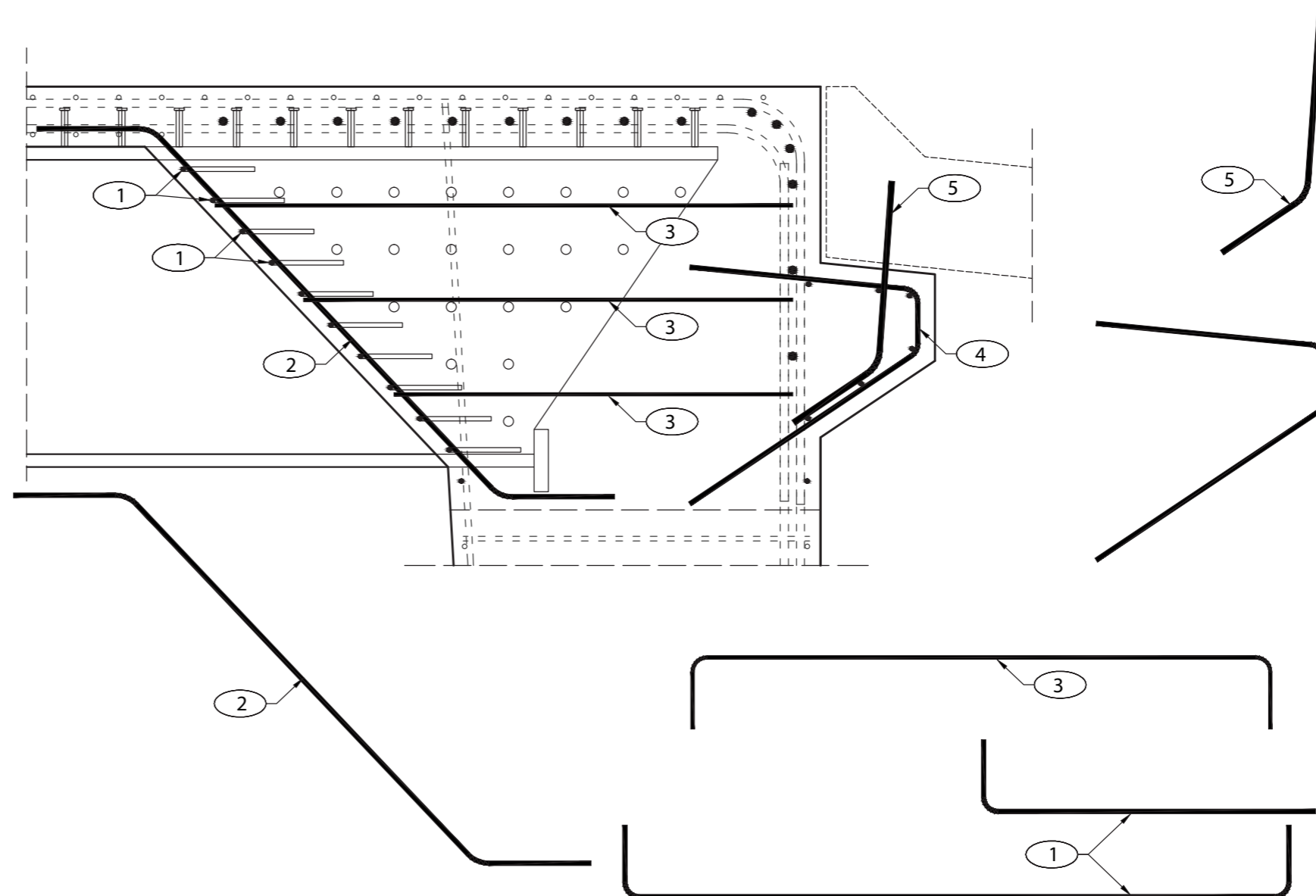
Przekrój podłużny - schemat



Przekrój - schemat zbrojenia węzła ramy

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Gięcie i łączenie prętów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w [9].
2. Ilość zbrojenia głównego i poprzecznego należy określić na podstawie klasy drogi na obiekcie oraz rozpiętości obiektu.
3. Wymagania materiałowe i technologiczne dla betonu i stali zbrojeniowej podano w części II katalogu.
4. Umieszczenie szczegółów zbrojenia przedstawiono na schemacie powyżej.



Z6-WR

TYPOWY WĘZEŁ RAMY

Zeszyt Z7

OBIEKTY BELKOWE Z BETONU SPREŻONEGO





Z7 Obiekty belkowe z betonu sprężonego

Z7-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe obiekty mostowe z betonu sprężonego dla rozpiętości przęsł od 20 do 40 m w układzie jedno-, dwu- i trzyprzęsłowym.

Z7-2. OPIS TECHNICZNY

Z7-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Obiekty będą służyć do przeprowadzenia ruchu samochodowego i pieszego nad przeszkodami wodnymi i lądowymi o szerokości od 20 do 40 m oraz wysokości do 8,2 m. Zestawienie klas dróg oraz przyjętych szerokości użytkowych na obiekcie przedstawiono w Tab. Z7-1. Obciążenie obiektów mostowych przyjęto zgodnie z [7] (Tab. Z7-2).

Tab. Z7-1. Szerokości użytkowe na obiektach

Klasa drogi	Szerokości użytkowe			
	jezdnia	pas awaryjny	chodniki	uwagi
A	2 x 2 x 3,75 m	2 x 3,00 m	2 x 0,90 m	osobne jezdnie
S	2 x 2 x 3,50 m	2 x 2,50 m	2 x 0,90 m	osobne jezdnie
GP, G	2 x 3,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
Z	2 x 3,00 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
L	2 x 2,75 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	
D	2 x 2,50 m	-	1 lub 2 x 1,50 m	

Tab. Z7-2. Klasy obciążenia pojazdami samochodowymi

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Klasa II

Obiekty mostowe zostały dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym LM3 według Załącznika A do [7].

Z wyjątkiem przyjętych obciążeń wszystkie pozostałe parametry techniczne obiektu oraz wyposażenia powinny być zgodne z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Z7-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania obiektów mostowych o schemacie statycznym belki jednoprzęsłowej o rozpiętości 20, 25, 30, 35 i 40 m, dwuprzęsłowej o rozpiętości 20, 25 i 30 m oraz trzyprzęsłowej o rozpiętości 21+ 30+ 21 m, 24,5+ 35+ 24, 5m, 28+ 40+ 28 m.

Z7-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Podpory, warunki i sposób posadowienia należy dobrać na podstawie części Z8 i Z9.

Z7-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Zalecane elementy wyposażenia:

- izolacja płyty pomostu-bitumiczna o grubości $0,5 \div 1$ cm,
- warstwa ochronna + ścierna bitumiczna o grubości całkowitej około 10 cm zgodnie z wymaganiami [22] dla zakładanej klasy obciążenia ruchem,
- krawężniki kamienne 20 x 20 cm,
- kapy o grubości około 23 cm, pokryte nawierzchnią epoksydowo-poliuretanową o grubości min. 3 mm ograniczone polimerobetonowymi deskami gzymsowymi grubości min. 4 cm,
- system odwodnienia i odprowadzenia wody w zależności od długości obiektu i spadków podłużnych,
- bariery/barieroporęcze ochronne o maksymalnej szerokości ugięcia $D = 0,6$ m,
- balustrady szczeblinkowe,
- osłony przeciwporażeniowe nad liniami kolejowymi.

Z7-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z7-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z7-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z7-3.

Tab. Z7-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu obciążenia ruchomego LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze					
	$\alpha Q1$	$\alpha Qi, i \geq 2$	$\alpha q1$	$\alpha q2$	$\alpha qi, i \geq 2$	αqr
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z7-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9]. Przęsła zostały zaprojektowane z betonu klasy C40/50. Sprężenie belek stanowią ciągną ze stali Y1860 klasy 2 (o niskiej relaksacji) i charakterystycznej wytrzymałości na rozciąganie $f_{pk} = 1860$ MPa. Do zbrojenia ustrojów nośnych mostów zastosowano stal zbrojeniową o wysokiej ciągliwości klasy C. Przyjęto gatunek stali B500SP o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto według [8]: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali sprężającej i zbrojeniowej $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji elementów konstrukcji przęsła ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z7-4.

Tab. Z7-4. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Przyjęta klasa wytrzymałości betonu
Przęsło	XC4, XD1, XF2	C40/50

W obliczeniach zbrojenia płyty pomostu i poprzecznic przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla powyższych klas ekspozycji wynoszącą dla płyty, belek i poprzecznic $c_{min} = 30$ mm.

Z7-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu uwzględniono następujące przypadki obciążeń:

- obciążenia stałe
 - ciężar własny przęsła (przyłożony po rozdeskowaniu),
 - sprzężenie,
 - ciężar własny elementów wyposażenia,
 - nierównomierne osiadania podpór,
- obciążenia zmienne
 - pionowe obciążenie ruchome – model LM1,
 - siły od hamowania i przyspieszania,
 - obciążenie tłumem pieszych na chodniku,
 - oddziaływania termiczne,
 - reologia (pełzanie i skurcz betonu),
 - uderzenie pojazdu w przęsło,
 - obciążenie pojazdem specjalnym LM3.

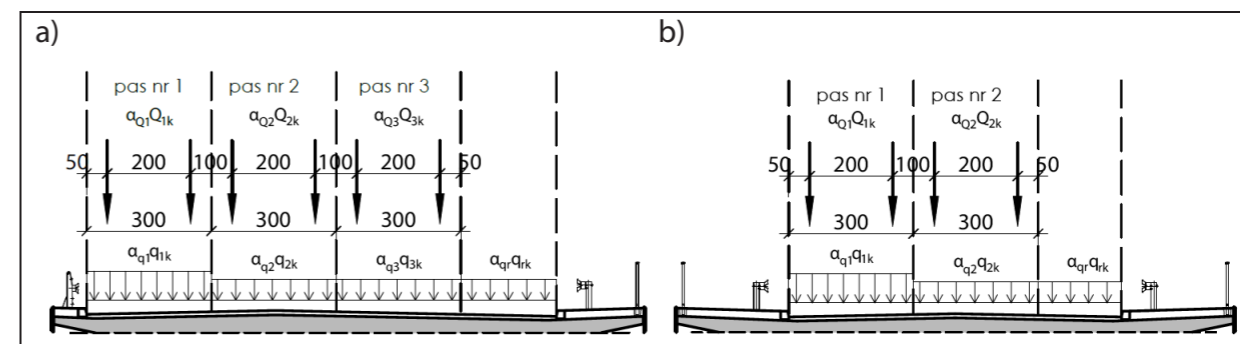
Tab. Z7-5. Wartości obciążeń stałych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	–	
2.	Wyposażenie	Nawierzchnia	23	kN/m ³	Przyjęto grubość nominalną nawierzchni równą 9 cm, przy czym w obliczeniach uwzględniono przewidywane zmiany grubości nawierzchni o +40% i -20% zgodnie z zaleceniami normy [5]
		Izolacja	14	kN/m ³	Grubość izolacji 1 cm
		Kapa chodnikowa	25	kN/m ³	Grubość kap chodnikowych 23 cm
		Deska gzymsowa	0,6	kN/m	Obciążenie dla deski o wysokości 60 cm i grubości 4 cm
		Bariera ochronna	1,0	kN/m	–
Balustrada	0,5	kN/m	–		
3.	Nierównomierne osiadanie podpór	10	mm	–	

Tab. Z7-6. Wartości obciążeń zmiennych przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi	
1.	Pionowe obciążenie ruchome na przęsle – model LM1	TS	pas nr 1: $\alpha_{Q1}Q_{1k} = 300$; pas nr 2: $\alpha_{Q3}Q_{2k} = 200$; pas nr 3: $\alpha_{Q3}Q_{3k} = 100$;	kN	Obciążenie jednej osi tandemu TS
		UDL	pas nr 1: $\alpha_{q1}q_{1k} = \alpha_{q1} \cdot 9$ pas nr 2: $\alpha_{q2}q_{2k} = \alpha_{q2} \cdot 2,5$ pas nr 3: $\alpha_{q3}q_{3k} = \alpha_{q3} \cdot 2,5$ obszar pozostały: $\alpha_{qr} q_{rk} = \alpha_{q1} \cdot 2,5$	kN/m ²	Obciążenie równomiernie rozłożone, wartość zależna od klasy obciążenia
2.	Hamowanie i przyspieszanie na przęsle	TS	$Q_{lkQ} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) = 360$	kN	Hamowanie pojazdu TS przyłożone do pasa nr 1
		UDL	$Q_{lkq} = 0,1\alpha_{q1}q_{1k}$	kN/m ²	Hamowanie od obciążenia UDL przyłożone do pasa nr 1 na całej długości przęsła L, wartość zależna od klasy obciążenia
3.	Obciążenie tłumem	3,0	kN/m ²	Wartość kombinacyjna obciążenia tłumem na chodniku	
4.	Temperatura	$\Delta T_{N,exp}$	37	°C	Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za wydłużenie przęsła
		$\Delta T_{N,con}$	-39		Składowa równomiernej zmiany temperatury odpowiedzialnej za skrócenie przęsła
		$\Delta T_{M,heat}$	15 · ksurr ksurr = 0,7		Powierzchnia górna płyty cieplejsza niż dolna
		$\Delta T_{M,cool}$	8 · ksurr ksurr = 1,0		Powierzchnia dolna płyty cieplejsza niż górna

Liczba pasów umownych na obiekcie zależy od szerokości jezdni (klasy drogi).



Rys. Z7-1. Schemat ustawienia obciążenia ruchomego LM1: a) na jezdniach dróg klasy A, S, b) na jezdniach dróg klasy GP, G, Z, L, D

Obciążenie równomiernie rozłożone UDL ustawiono tylko w najbardziej niekorzystnym położeniu. W modelu obliczeniowym zostały uwzględnione przypadki położenia pasa

umownego nr 1 z prawej lub z lewej strony jezdni. Hamowanie i przyspieszanie na prześle uwzględniono tylko na pasie nr 1, przyjmując jego położenie z prawej lub lewej strony.

Wartości charakterystyczne minimalnej (T_{min}) i maksymalnej (T_{max}) temperatury powietrza w cieniu określono na podstawie krajowych map izotermicznych dla lokalizacji, w których występują temperatury ekstremalne. Do obliczeń przyjęto maksymalne i minimalne wartości składowej równomiernej temperatury mostu. Wartości składowej liniowej różnicy temperatury ($\Delta T_{M,heat}$ i $\Delta T_{M,cool}$) zredukowano przez współczynnik k_{sur} ze względu na grubość nawierzchni równą 10 cm.

Z7-3.2. METODYKA OBLICZEŃ

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- obliczenia obiektów betonowych sprężonych na budowie przeprowadzono dla układów najbardziej niekorzystnych: jedno-, dwu- i trzyprzęsłowych opisanych w punkcie Z7-2.2,
- analizie poddano obiekty o przekrojach poprzecznych według części rysunkowej.

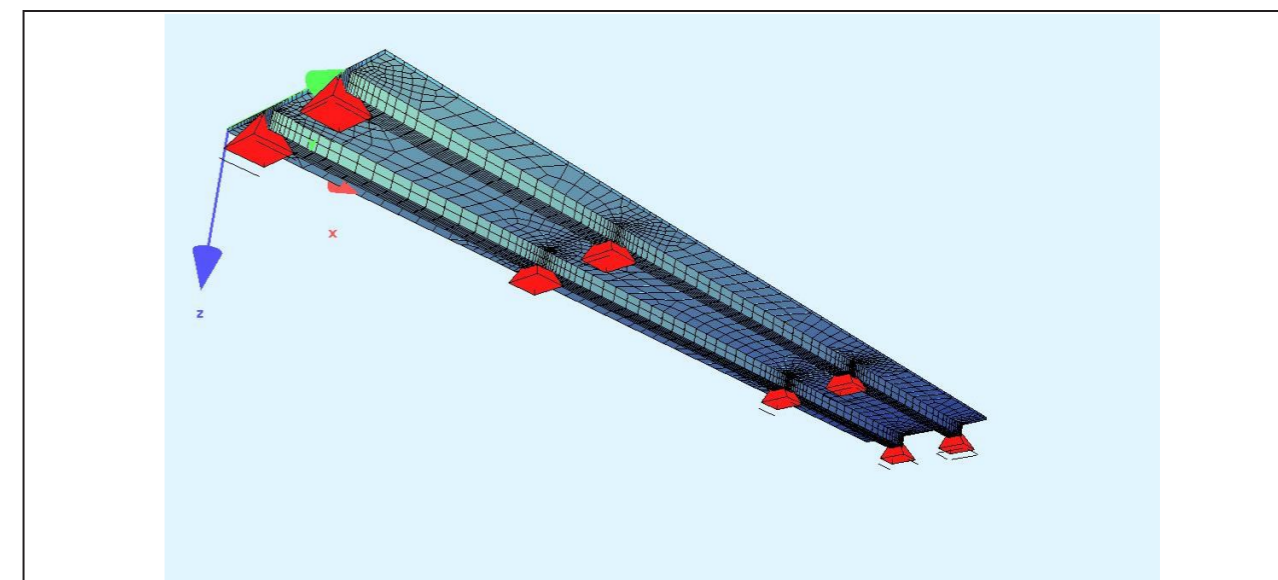
W charakterystycznych przekrojach wyznaczono ekstremalne wartości efektów oddziaływań w postaci sił wewnętrznych, naprężeń oraz szerokości rys (elementy żelbetowe poprzecznic). Przeprowadzono sprawdzenie stanów granicznych elementów konstrukcji przęseł. W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcje ze względu na wytrzymałość materiałową (STR). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowej. W stanach granicznych użytkowania sprawdzono elementy sprężone ze względu na możliwość wystąpienia dekompresji, ograniczenie naprężeń w betonie oraz stali sprężającej, a elementy żelbetowe ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie i stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne szerokości rys. W obliczeniach warunku dekompresji zastosowano obciążenia z kombinacji częstej, w obliczeniach ograniczenia naprężeń obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarcia rys z kombinacji prawie stałej. Uwzględniono również występujące straty doraźne siły sprężającej oraz opóźnione straty sprężenia w kablobetonie. Straty doraźne podzielono na straty spowodowane doraźnymi odkształceniami betonu z uwzględnieniem kolejności sprężania poszczególnych cięgien oraz straty w zakotwieniu według Europejskiej Aprobatai Technicznej. Dodatkowo wyznaczono wartości reakcji na łożyska, przemieszczeń poziomych i ugięć od obciążeń ruchomych.

Sprawdzenia przeprowadzono w miarodajnych sytuacjach obliczeniowych:

- w chwili sprężenia,
- w chwili oddania obiektu do użytkowania,
- w chwili zakończenia przewidywanego okresu eksploatacji.

Z7-3.3. MODEL OBLICZENIOWY

Modele obliczeniowe konstrukcji obiektów opracowano z zastosowaniem metody elementów skończonych. Do uwzględnienia faz budowy i wyznaczenia efektów reologicznych wykorzystano wbudowany moduł CSM (*ang. Construction Stage Manager*). Opracowano modele numeryczne wykonane z elementów powierzchniowych w przestrzeni trójwymiarowej (klasy e^2p^3). Geometrię przyjęto w modelu zgodnie z częścią rysunkową.



Rys. Z7-2. Wizualizacja modelu obliczeniowego – obiekt trzyprzęsłowy

Z7-3.4. KOMBINACJE

Dla każdej klasy drogi na obiekcie i rozpiętości przęsła obiektów w układzie jedno-, dwu- i trzyprzęsłowym (przedstawionych w części rysunkowej) przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO – wymiarowanie elementów przęsła, zestawienie sił do obliczeń posadowienia.
- kombinacja charakterystyczna – sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $0,6f_{ck}$ oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8f_{yk}$,
- kombinacja częsta – sprawdzenie warunku dekompresji,
- kombinacja prawie stała – ograniczenie rozwarcia rys (poprzecznic i płyta pomostu)
- kombinacja wyjątkowa – wymiarowanie elementów przęsła, zestawienie sił do obliczeń posadowienia.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO) określono według wzoru (6.10) podanego w [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B).

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono ze wzoru (6.14b) podanego w [4]. Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono wg wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z7-3.5. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Dla każdego typu belki spośród wszystkich przypadków obliczeniowych (obiekty jedno-, dwu- i trzyprzęsłowe dla poszczególnych klas dróg) wyznaczono najbardziej niekorzystne wartości efektów oddziaływań.

Wartości maksymalnych reakcji pionowych od kombinacji charakterystycznej i obliczeniowej obciążeń dla obiektów jednoprzęsłowych zestawiono w Tab. Z7-7.

Tab. Z7-7. Zestawienie maksymalnych charakterystycznych wartości reakcji pionowych [kN]

Rozpiętość teoretyczna [m]	Klasa drogi na obiekcie					
	A	S	G	Z	L	D
20	5413	5180	4022	3219	3093	3093
25	6662	6385	5001	3996	3849	3849
30	8017	7689	6069	4845	4674	4674
35	9558	9190	7303	5832	5631	5631
40	11246	10821	8653	6909	6673	6673

W tabelach Tab. Z7-8÷Tab. Z7-10 zestawiono wartości maksymalnych momentów zginających odpowiednio dla obiektów jedno-, dwu- i trzyprzęsłowych.

Tab. Z7-8. Obiekty jednoprzęsłowe-moment zginające

Klasa drogi	Rozpiętość teoretyczna [m]	20	25	30	35	40
A	M1	24001	38957	57107	81359	111498
S	M1	23042	36965	54223	77554	106655
GP	M1	19258	31186	46291	66650	91941
G	M1	18061	29215	43536	62872	87215
Z	M1	16053	25899	38248	54738	75363
LiD	M1	15869	25464	37527	53517	73526

M1-moment przęsłowy [kNm]

Tab. Z7-9. Obiekty dwuprzęsłowe-moment zginające

Klasa drogi	Rozpiętość teoretyczna [m]	20	25	30	35	40
A	M1	18618	27035	36927	49823	70210
	M2	-18193	-28353	-41446	-61268	-92306
S	M1	17488	25216	33326	47120	66811
	M2	-17270	-26848	-38172	-58533	-88709
GP	M1	15759	23097	31980	44007	57930
	M2	-16215	-25333	-37165	-53584	-72866
G	M1	14672	21642	29978	41455	54764
	M2	-15123	-23788	-35041	-50918	-69460
Z	M1	12790	18660	25739	35536	46674
	M2	-13588	-21226	-31064	-44684	-60668
LiD	M1	12240	17958	24787	34188	33769
	M2	-12979	-20294	-29742	-42781	-58138

M1-moment przęsłowy [kNm]
M2-moment podporowy [kNm]

Tab. Z7-10. Obiekty trzyprzęsłowe-moment zginające

Klasa drogi	Rozpiętość teoretyczna [m]	30	35	40
A	M1	19553	25650	19903
	M2	-26313	-36848	-50769
	M3	25869	34715	46011
S	M1	18361	24144	31317
	M2	-25020	-35127	-48565
	M3	24380	32764	43561
GP	M1	16400	21667	27794
	M2	-24334	-33397	-45796
	M3	22492	30266	40196
G	M1	15807	20134	26033
	M2	-22972	-32068	-44390
	M3	21032	28521	37913
Z	M1	13722	17289	22324
	M2	-20272	-27855	-37821
	M3	18054	24466	32455
LiD	M1	12560	16573	21331
	M2	-19099	-26598	-36495
	M3	17519	23528	31179

M1-moment przęsłowy - przęsło skrajne [kNm]
M2-moment podporowy [kNm]
M3-moment przęsłowy - przęsło środkowe [kNm]

Z7-3.6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

W przypadku projektowania przęseł sprężonych według [8], [9] decydujące najczęściej okazuje się sprawdzenie warunku dekompresji w stanie granicznym użyteczności wykonywane dla obciążeń według kombinacji częstej.

Projektowanie przęseł sprężonych wykonywanych monolitycznie jest procesem złożonym i wymaga uwzględnienia wielu zmiennych parametrów. W związku z tym zaleca się stosowanie indywidualnego podejścia do projektowania tego typu obiektów i każdorazowej optymalizacji parametrów konstrukcji zarówno w zakresie doboru układu konstrukcyjnego, przekroju belek, jak i parametrów sprężenia.

Z7-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Z7-4.1. BETON

Wymagania materiałowe dla betonów przeznaczonych do wykonania elementów sprężonych monolitycznych obiektów belkowych i płytowych należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu. Wymagania co do materiałów, z których jest wykonywany obiekt, należy traktować jako wymagania minimalne. Beton, z którego wykonane są elementy konstrukcyjne powinien spełniać wymagania podane w Tab. Z7-11.

Tab. Z7-11. Wymagania betonu elementów monolitycznych

Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania
Beton			
1	Wytrzymałość betonu na ściskanie / klasa betonu	-	≥C40/50
2	Nasiąkliwość betonu	% (m/m)	≤5
3	Odporność betonu na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	F150

Z7-4.2. OTULINA BETONU

Otulinę nominalną elementów sprężonych monolitycznych należy przyjmować według [8], uwzględniając trwałość konstrukcji i klasy ekspozycji dla warunków środowiskowych.

Z7-4.3. KRUSZYWO

Kruszywo do betonu powinno być zgodne z [15] o stopniu mrozoodporności F1. Uziarnienie kruszywa powinno być ustalone w receptce laboratoryjnej mieszanki betonowej przy założonych parametrach wymaganych dla produkowanego wyrobu.

Z7-4.4. STAL ZBROJENIOWA

Stal zbrojeniowa użyta w elementach sprężonych monolitycznych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z7-4.5. STAL SPRĘŻAJĄCA

Stal sprężająca użyta w elementach sprężonych monolitycznych powinna spełniać wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z7-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Typową technologią budowy dla obiektów sprężonych jest wznoszenie przęseł na rusztowaniach stacjonarnych pełnych lub otwartych dla obiektów jednoprzęsłowych. W przypadku budowy obiektów o rozpiętościach przęseł od 20 do 40 m, długich, wieloprzęsłowych, prostych w planie, o stałej lub zbliżonej rozpiętości przęsła korzystne jest zastosowanie technologii rusztowań przesuwnych (budowa ustroju nośnego przęsła po przęsle). Podpory wykonywane są w tradycyjnej metodzie deskowania na mokro.

Drogowe obiekty monolityczne należy zrealizować według następującej kolejności robót:

- wykonanie fundamentów i korpusów podpór,
- wykonanie rusztowań stacjonarnych (lub przesuwnych) pod deskowanie ustroju nośnego,
- wykonanie montażu zbrojenia miękkiego oraz zbrojenia sprężającego (odpowiednie trasowanie), w tym dozbrojenie stref zakotwień kabli, montaż głowic i rur osłonowych kabli,
- betonowanie ustroju nośnego przęsła (przęseł); w przypadku gdy proces betonowania przęsła (przęseł) przekraczałby 12 h, należy wyodrębnić strefę przęsłową oraz podporowe obejmujące do 15% rozpiętości przęsła; w pierwszej kolejności należy wykonać betonowanie w strefie przęsłowej, a po jego zakończeniu przystąpić do betonowania stref podporowych,
- sprężenie kabli po stwardnieniu i uzyskaniu minimalnej wytrzymałości przez beton,
- iniekcja kabli sprężających oraz uszczelnienie osłonek kabli,

- po uzyskaniu wymaganej wytrzymałości betonu przystąpienie do montażu i układania typowych elementów wyposażenia.

Z7-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW (WSKAŹNIKI)

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odniesiono do materiałów konstrukcyjnych: betonu, stali zbrojeniowej i stali sprężającej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu m^3 ,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m^2 rzutu płyty pomostu kg/m^2 , kg/m^3 itd.

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

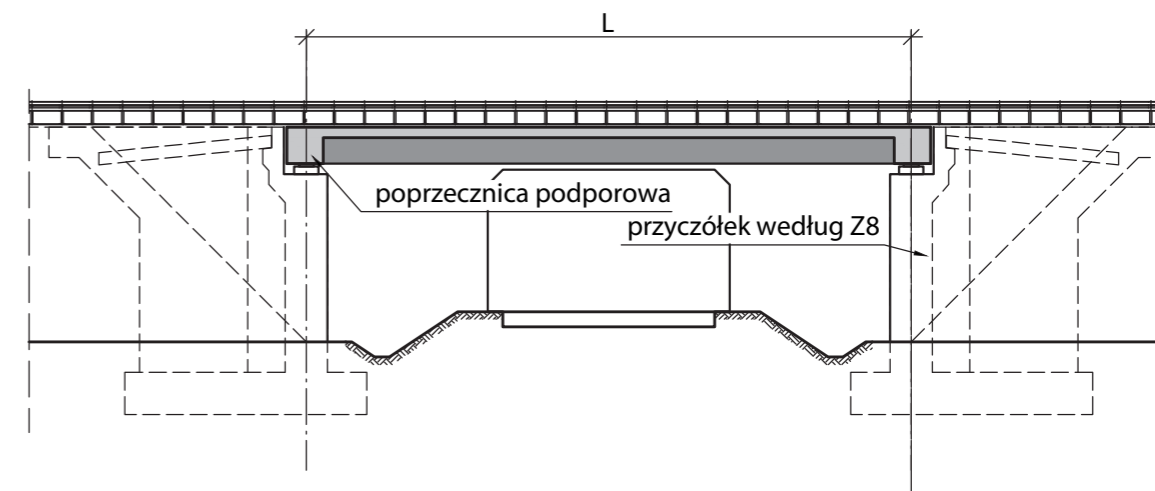
Dla analizowanych w katalogu typowych przekrojów drogowych przyjęto rozwiązanie w postaci ustrojów nośnych dwubelkowych. Wybór ten jest podyktowany korzystnym ukształtowaniem deskowania, optymalnymi wskaźnikami zużycia materiału oraz znaczącym ograniczeniem występowania momentów o zmiennych znakach w pomoście. Przyjęto także ukształtowanie przekroju poprzecznego, tak aby oś odwodnienia pomostu znajdowała się poza obrysem dźwigara, co ma na celu ograniczenie wpływu ewentualnych nieszczelności odwodnienia na trwałość dźwigara sprężonego. Obiekty monolityczne sprężone pozwalają projektantowi na dużą swobodę kształtowania ustroju nośnego, zwłaszcza w warunkach, w których geometria obiektu mostowego jest narzucona przez czynniki zewnętrzne na które projektant ma ograniczony wpływ. Dotyczy w szczególności budowy obiektów przy istniejącej infrastrukturze-nadziemnej i podziemnej. Obiekty monolityczne sprężone pozwalają w łatwy sposób na uzyskanie konstrukcji o nierównych długościach przęseł, przy skośnych skrzyżowaniach z przeszkodami, przy zmiennej szerokości obiektu (np. na dojeździe do skrzyżowania) lub kiedy geometria drogi wymaga zastosowania obiektu o osi zakrzywionej w planie. Tego typu sytuacje nie są objęte zakresem katalogu i wymagają indywidualnego projektowania konstrukcji obiektu mostowego. Takie projektowanie, mające na celu dostosowanie konstrukcji obiektu do innych niż katalogowe szerokości użytkowych lub rozpiętości przęseł, może skutkować tym, że poprawny i optymalny przekrój poprzeczny konstrukcji będzie przekrojem płytowym ze wspornikami, dwu-, trójbelkowym lub obiektem o większej liczbie dźwigarów. W takich przypadkach wskaźniki zużycia materiałów podane w katalogu mogą stanowić zgrubne przybliżenie (na m^2 powierzchni pomostu) dla szacowania zużycia materiału dla obiektu indywidualnego. Należy mieć jednak na uwadze, że utrudnienia geometryczne (skos, zmienna szerokość pomostu, zakrzywienie w planie) zazwyczaj powodują zwiększenie ilości materiałów niezbędnych do budowy takiego ustroju nośnego.

W przypadku przekrojów niesymetrycznych (z chodnikiem jednostronnym) zużycie materiałów należy określić na podstawie podanych w tabelach wskaźników materiałowych proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu. Wskaźniki materiałowe dla obiektów o rozpiętościach pośrednich do podanych w tabelach należy interpolować. Zużycie materiałów dla obiektów wieloprzęsłowych należy określić proporcjonalnie do powierzchni płyty pomostu.

Z7-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

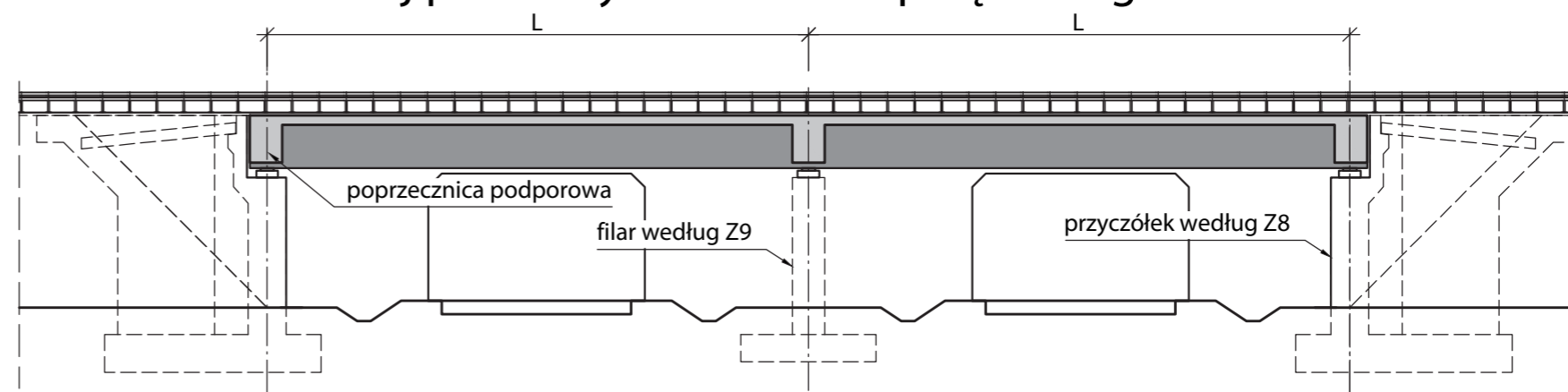
Z7-P	Typowe przekroje podłużne obiektów
Z7-PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-2-1PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-2-2PA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-WPA	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy A
Z7-PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-2-1PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-2-2PS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-WPS	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy S
Z7-PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy GP/G
Z7-2-1PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy GP/G
Z7-2-2PG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy GP/G
Z7-WPG/GP	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy GP/G
Z7-PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-2-1PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-2-2PZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-WPZ	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy Z
Z7-PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-2-1PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-2-2PL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-WPL	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy L
Z7-PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu jednoprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-2-1PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-2-2PD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu dwuprzęsłowego w ciągu drogi klasy D
Z7-WPD	Typowy przekrój poprzeczny obiektu wieloprzęsłowego w ciągu drogi klasy D

Przekrój podłużny obiektu jednoprzęsłowego - schemat

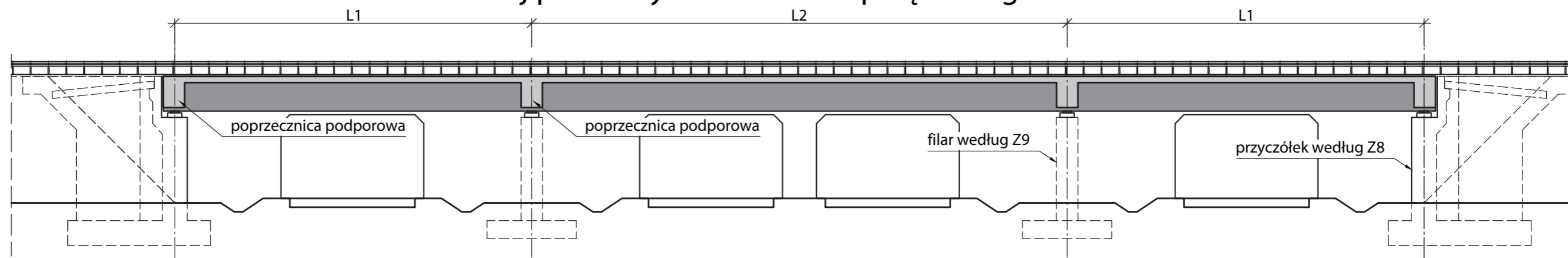


Wymiary elementów	
Rozpiętości obiektu	Wysokość konstrukcyjna
L [m]	G3 [m]
Obiekty jednoprzęsłowe (L)	
20	1.2
25	1.6
30	2.0
35	2.5
40	3.0
Obiekty dwuprzęsłowe (L)	
20	1.1
25	1.4
30	1.6
35	2.0
40	2.3
Obiekty wieloprzęsłowe (L1 + L2 + L1)	
20 + 30 + 20	1.3
25 + 35 + 25	1.6
30 + 40 + 30	2.0

Przekrój podłużny obiektu dwuprzęsłowego - schemat

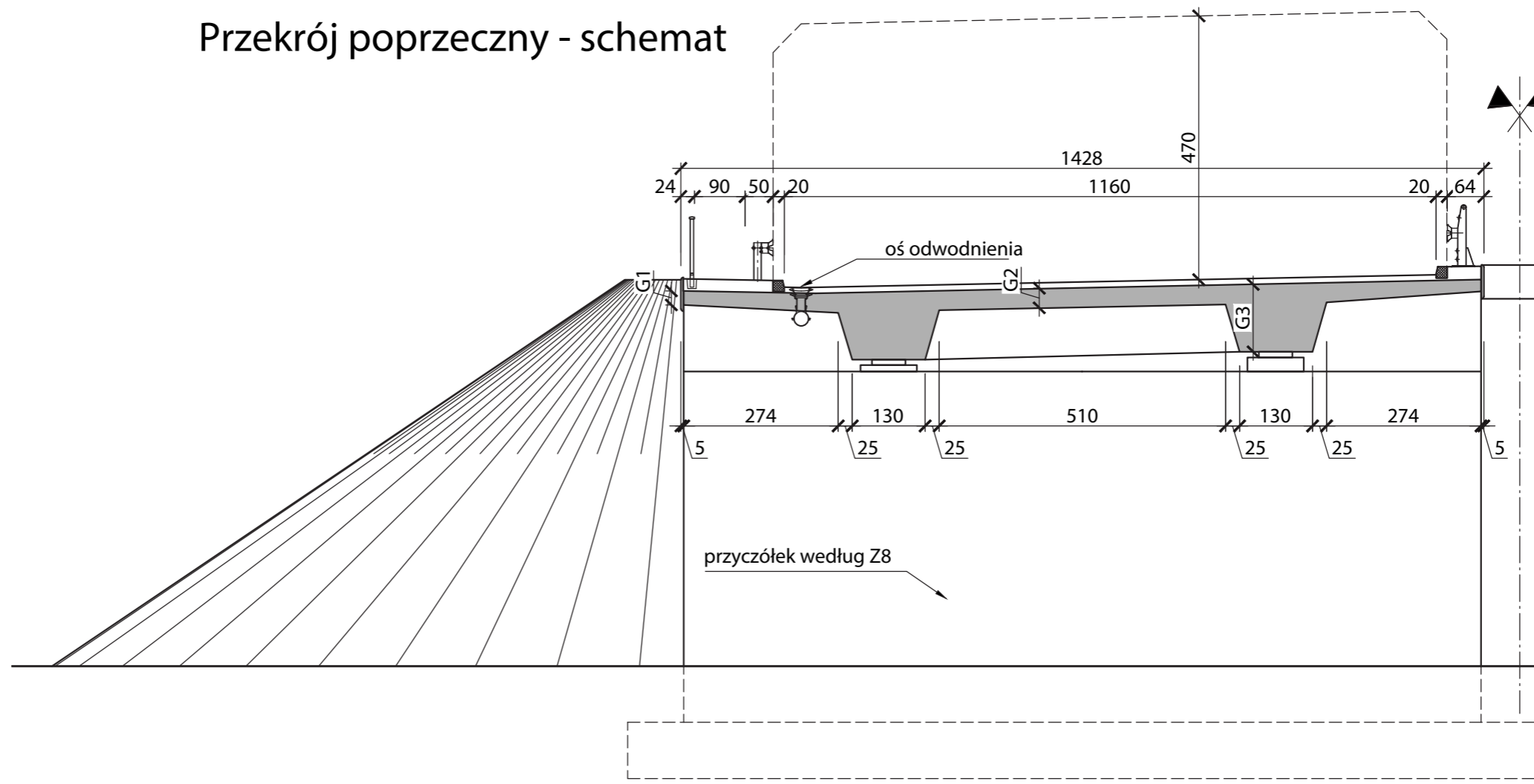


Przekrój podłużny obiektu wieloprzęsłowego - schemat



TYPOWE PRZEKROJE PODŁUŻNE OBIEKTÓW **Z7-P**

Przekrój poprzeczny - schemat

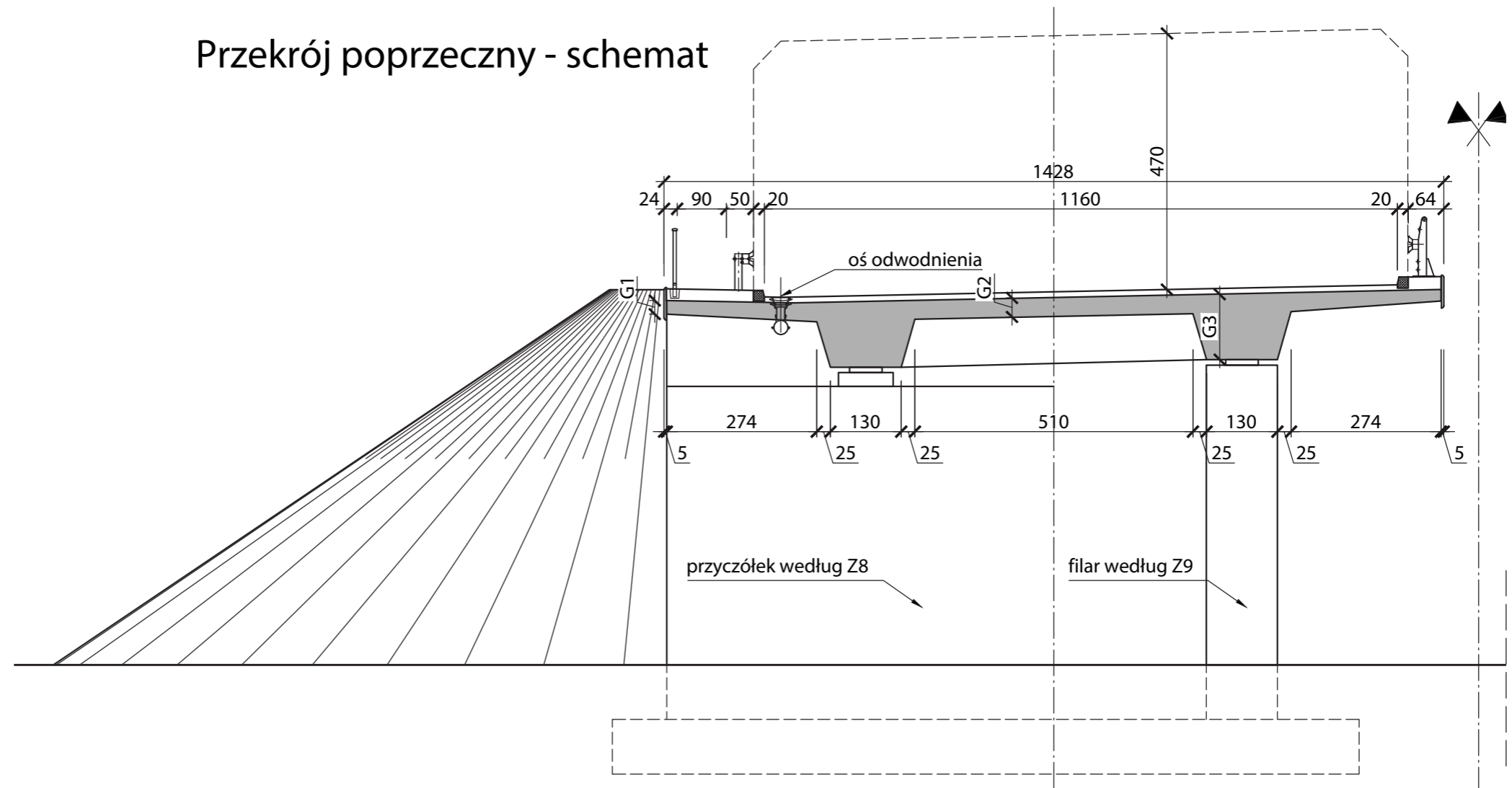


Rozpiętość obiektu (w osiach)	Zużycie materiałów					
	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	302	153	141	277	21	6231
25	373	223	144	240	21	7715
30	444	304	146	213	24	10732
35	515	417	149	183	24	12463
40	586	542	151	163	28	16221

Rozpiętość obiektu (w osiach)	Wymiary elementów		
	Grubość płyty		
	[m]	G1 [m]	G2 [m]
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PA TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

Przekrój poprzeczny - schemat

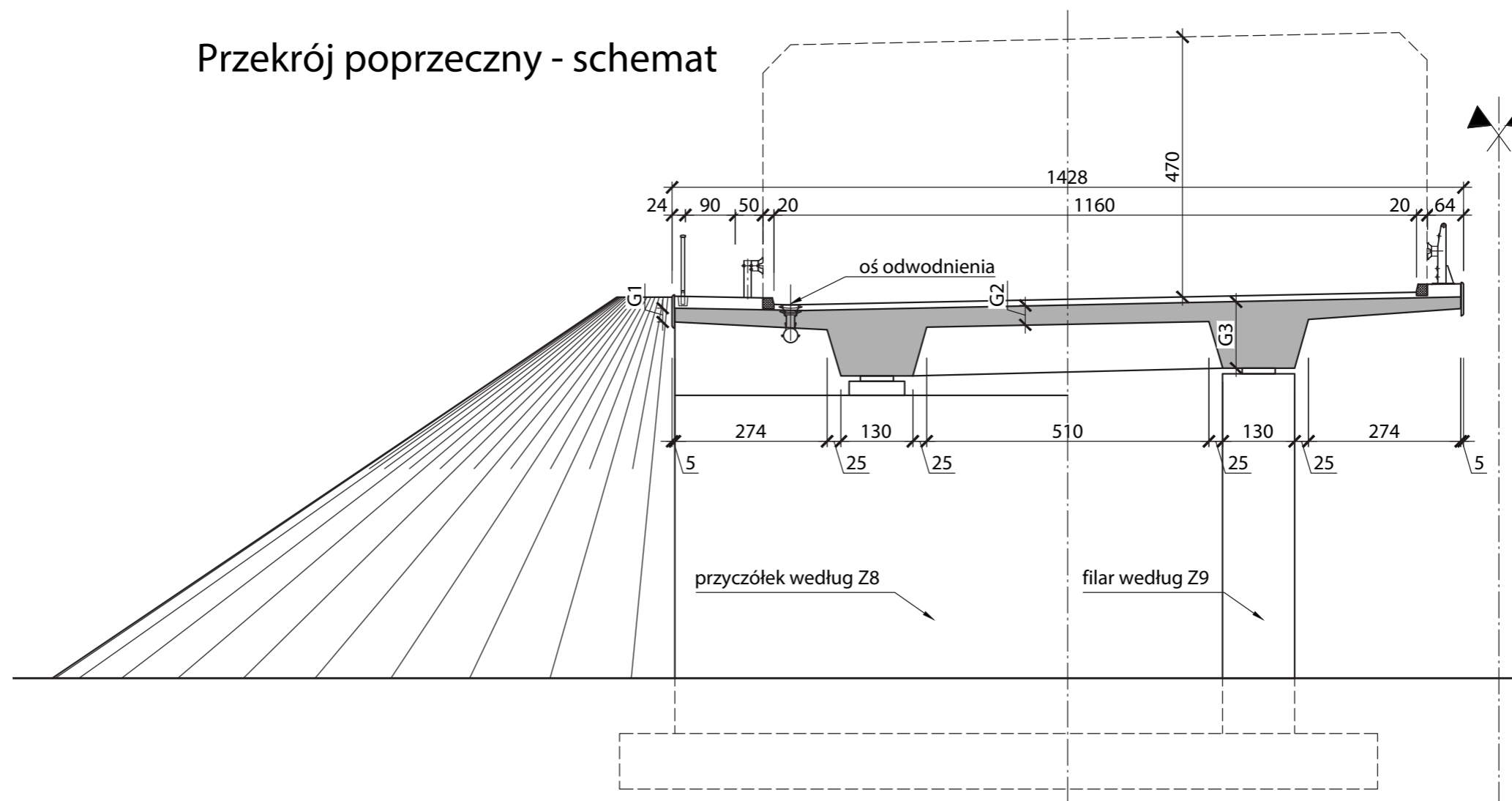


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	585	295	136	270	23	13501
25	727	409	138	244	25	18002
30	869	540	139	223	28	24530

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A **Z7-2-1PA**

Przekrój poprzeczny - schemat



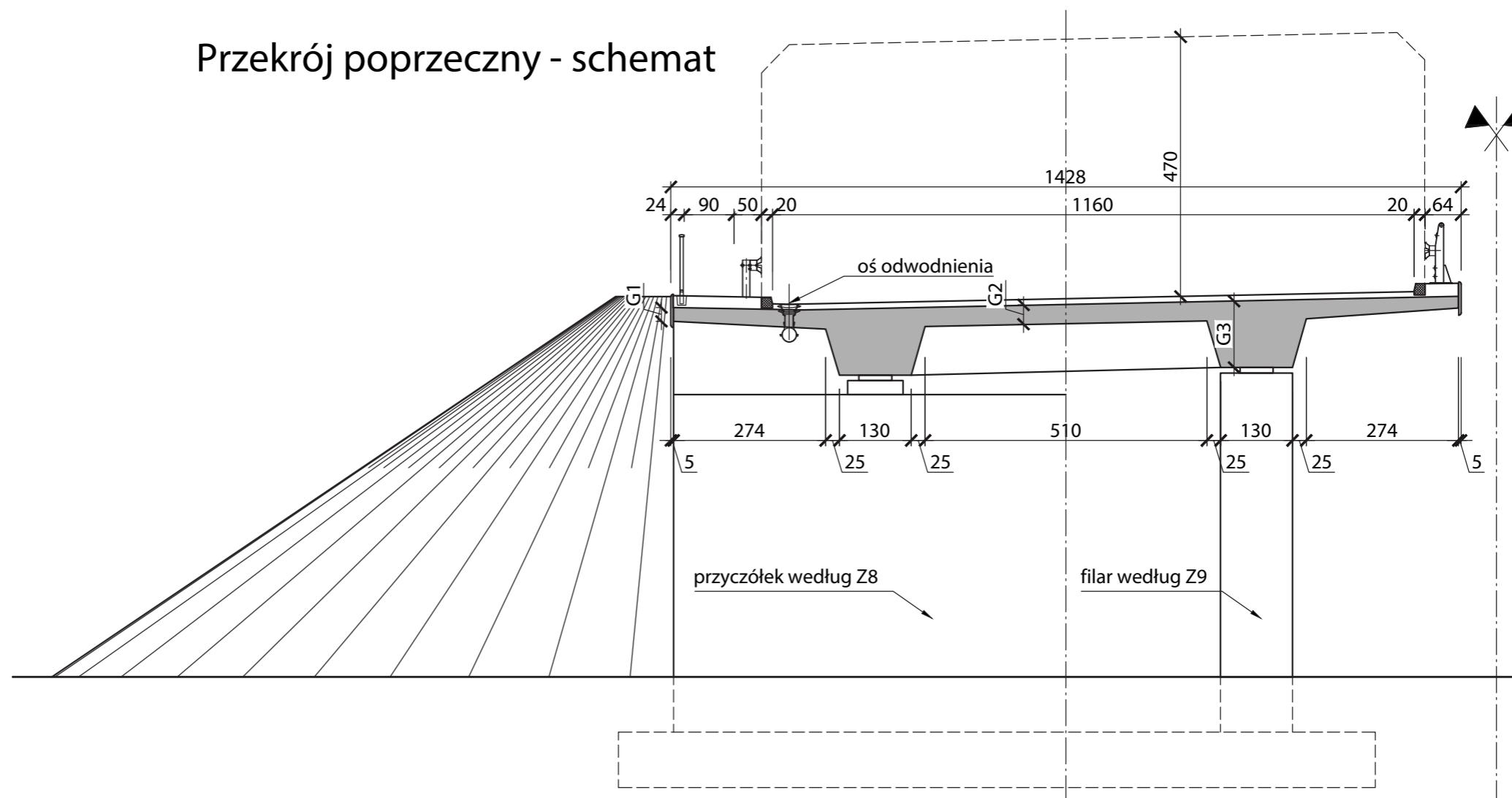
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
35	1011	759	140	187	32	32047
40	1153	1101	141	148	42	48664

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PA

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A

Przekrój poprzeczny - schemat

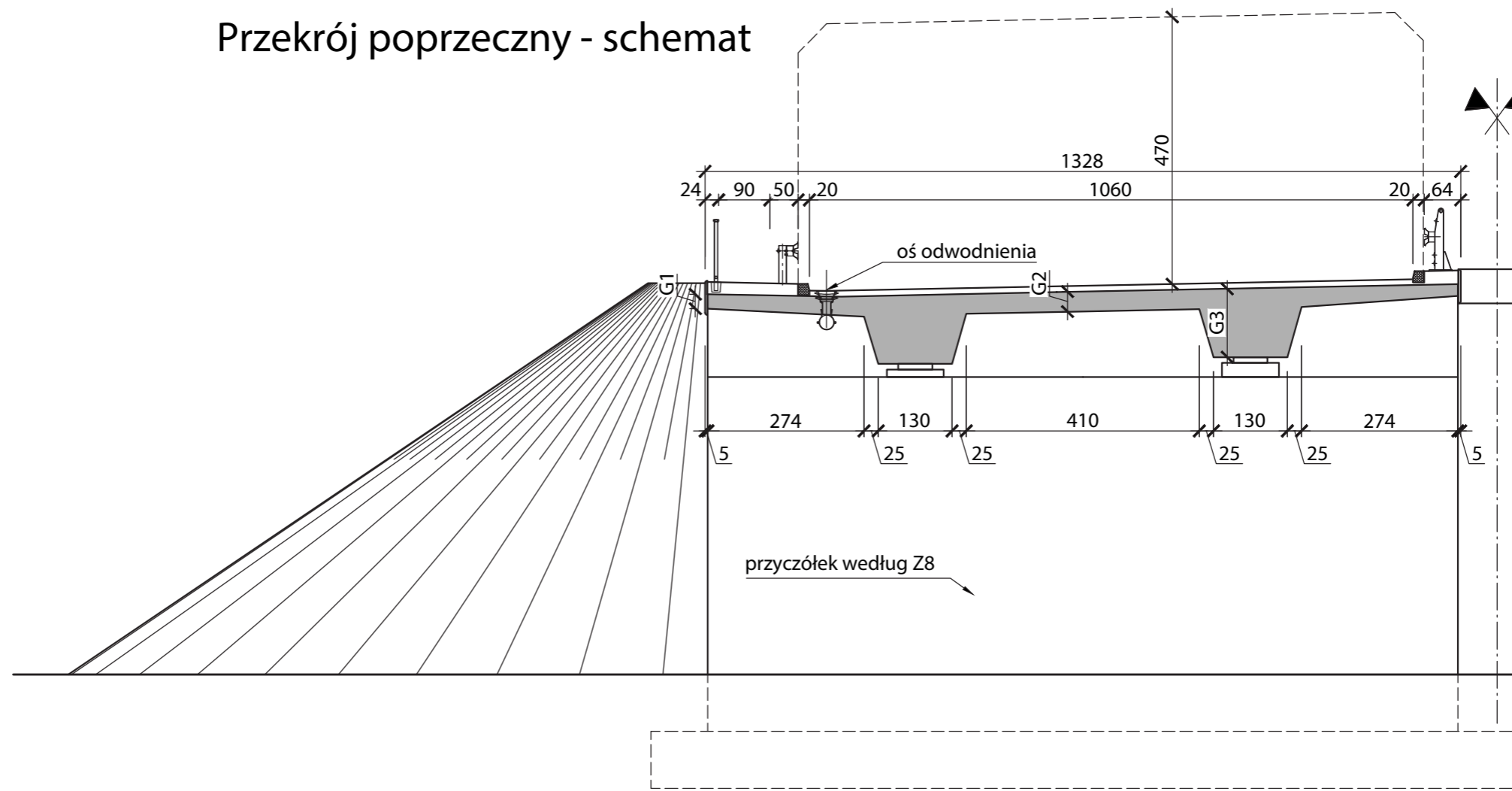


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty pomostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
21+30+21	1039	578	137	247	21	21958
24.5+35+24.5	1210	756	138	221	25	29772
28+40+28	1380	989	139	195	28	38773

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY A **Z7-WPA**

Przekrój poprzeczny - schemat



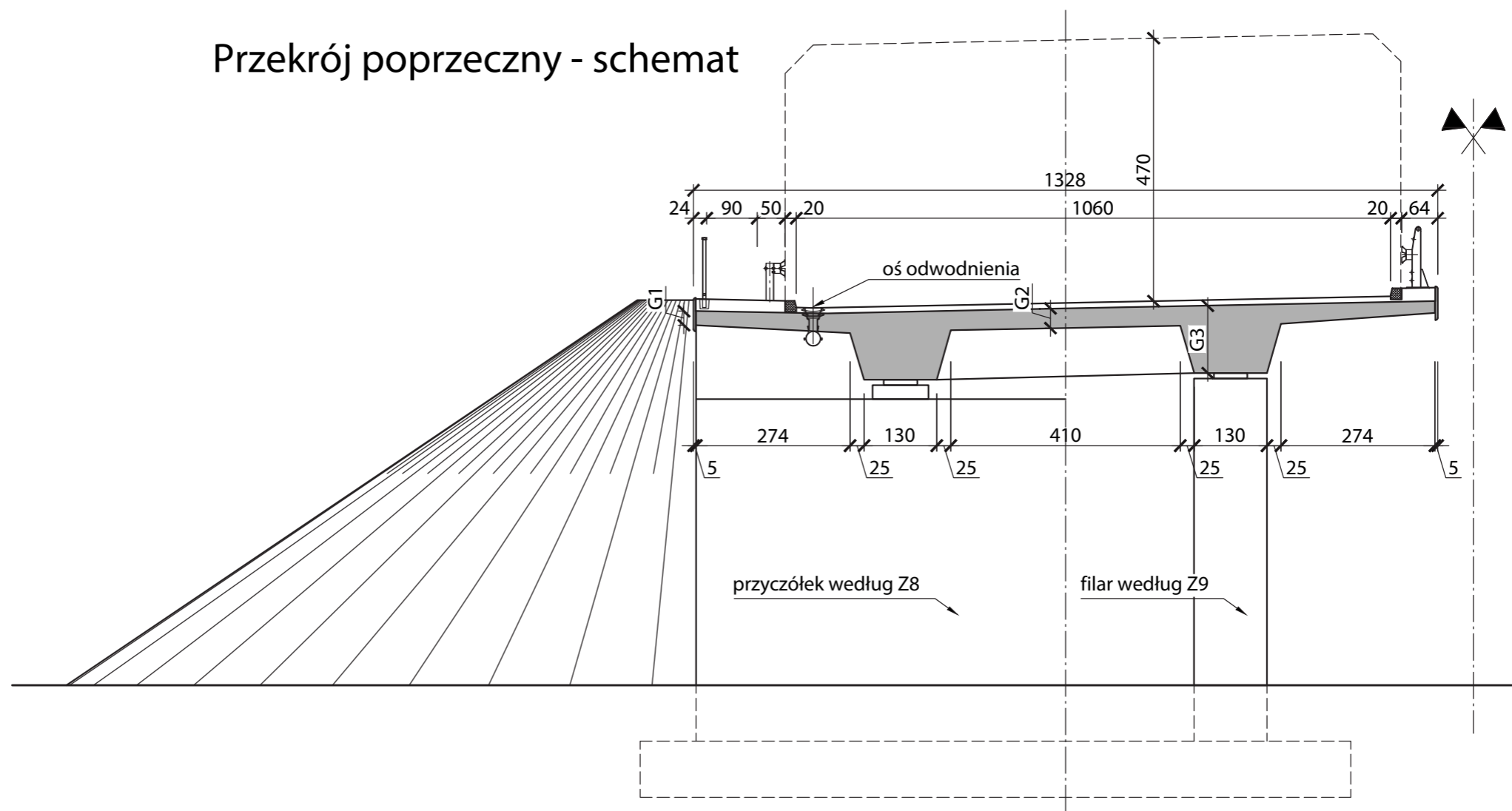
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Zużycie materiałów					
	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie (bez posadowienia)		Kable sprężające	
			[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	280	146	140	267	20	5712
25	346	214	143	231	22	7715
30	412	293	145	204	22	9199
35	478	405	150	175	26	12463
40	544	528	151	156	28	15207

Rozpiętość obiektu (w osiach)	Wymiary elementów		
	Grubość płyty		
	[m]	G1 [m]	G2 [m]
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PS

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S

Przekrój poprzeczny - schemat

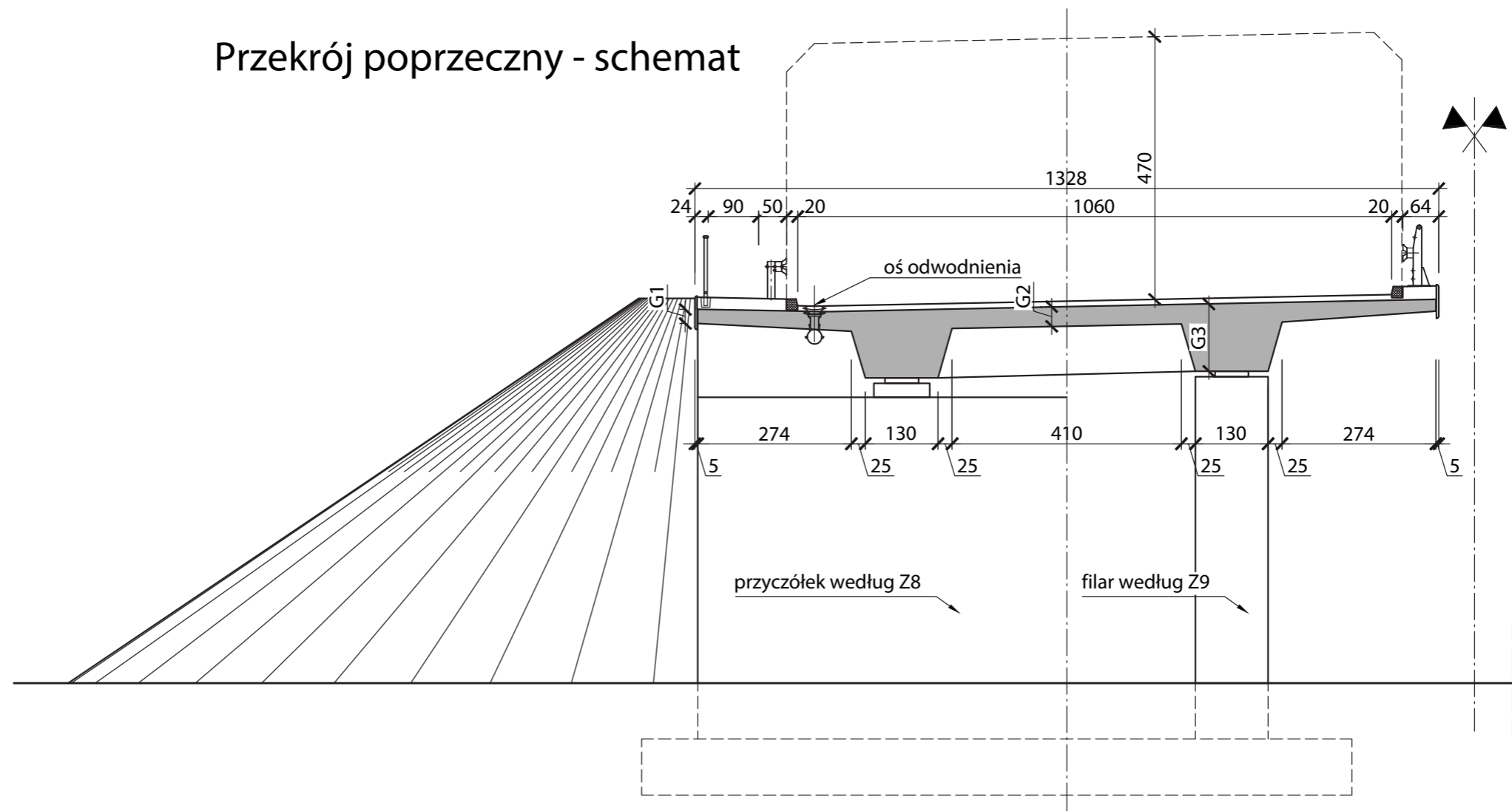


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	544	280	135	261	23	12463
25	676	388	136	237	25	16716
30	808	518	137	214	30	24530

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S **Z7-2-1PS**

Przekrój poprzeczny - schemat



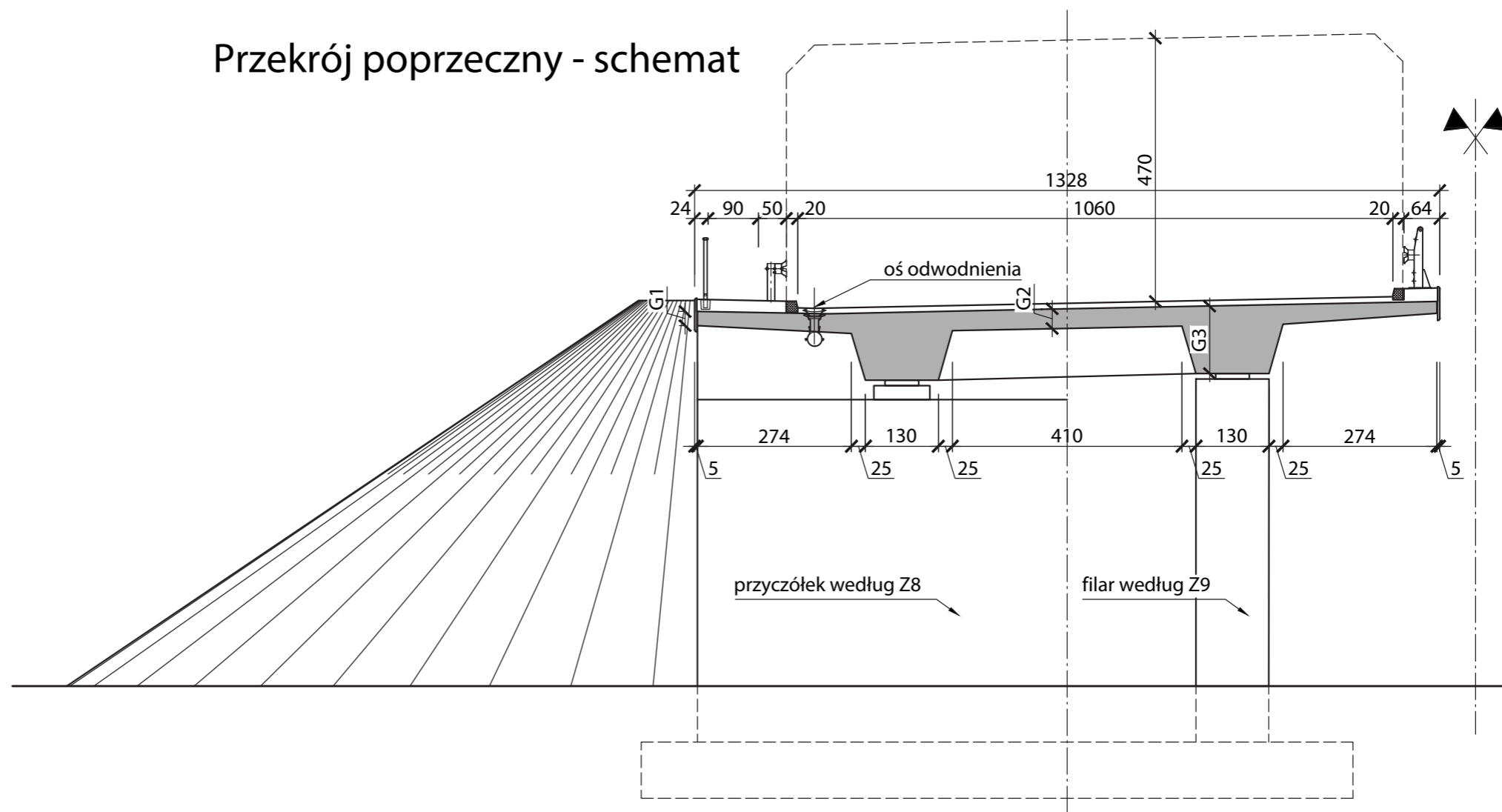
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg]
35	940	733	139	178	34	32047
40	1072	1072	140	140	45	48664

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PS

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S

Przekrój poprzeczny - schemat

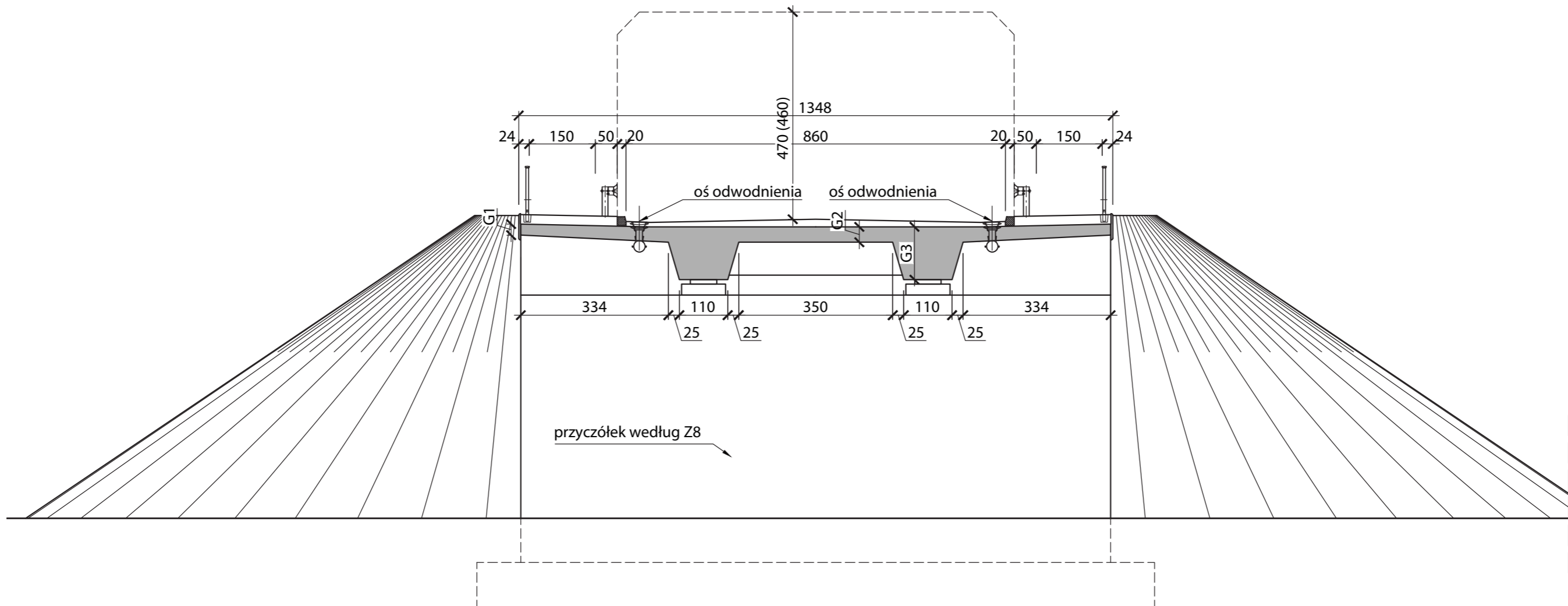


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty pomostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
[m]	[m ²]	[m ³]				
21+30+21	966	551	137	238	23	21958
24.5+35+24.5	1125	725	138	211	25	27645
28+40+28	1283	954	139	186	26	33926

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
[m]			
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY S **Z7-WPS**

Przekrój poprzeczny - schemat



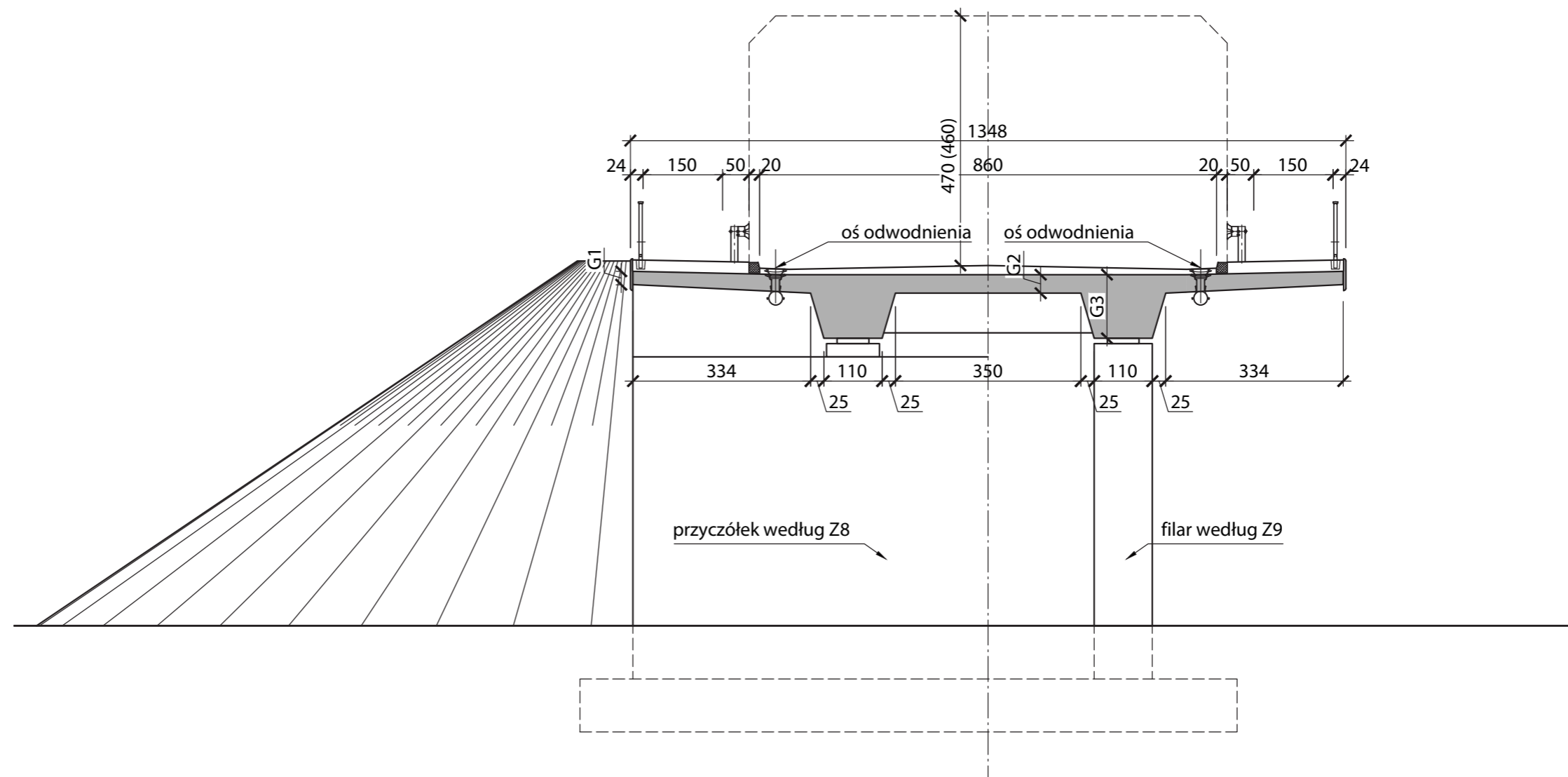
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	285	140	134	283	15	4154
25	352	201	135	248	15	5143
30	419	273	136	221	18	7666
35	486	373	138	191	22	10682
40	553	484	139	171	26	14194

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
[m]			
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PG/GP

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP

Przekrój poprzeczny - schemat

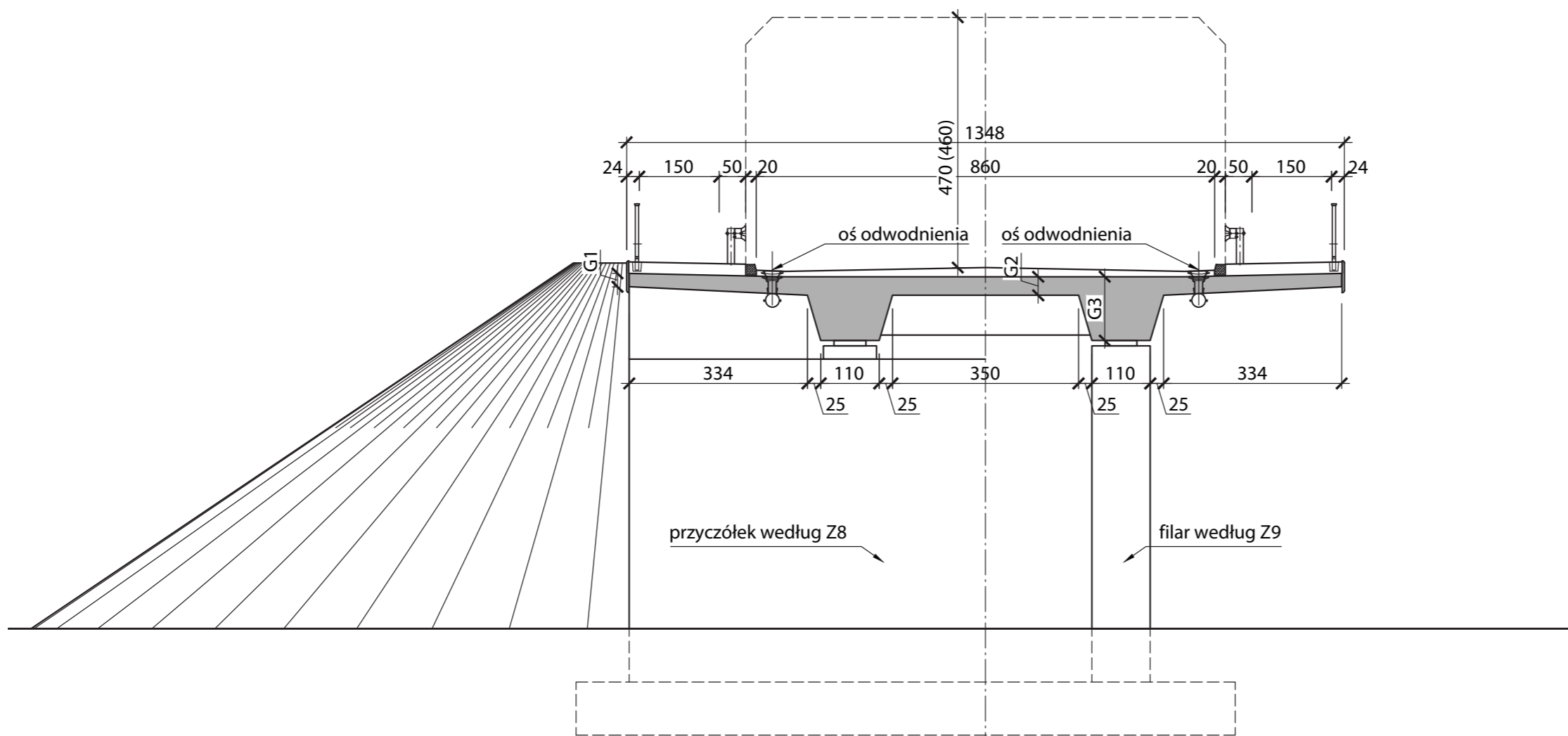


Zużycie materiałów						
"Rozpiętość obiektu (w osiach)"	Powierzchnia płyty mostu	"Beton C30/37"	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	552	268	134	275	19	10386
25	686	370	135	250	23	15430
30	820	487	136	230	28	22997

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP **Z7-2-1PG/GP**

Przekrój poprzeczny - schemat



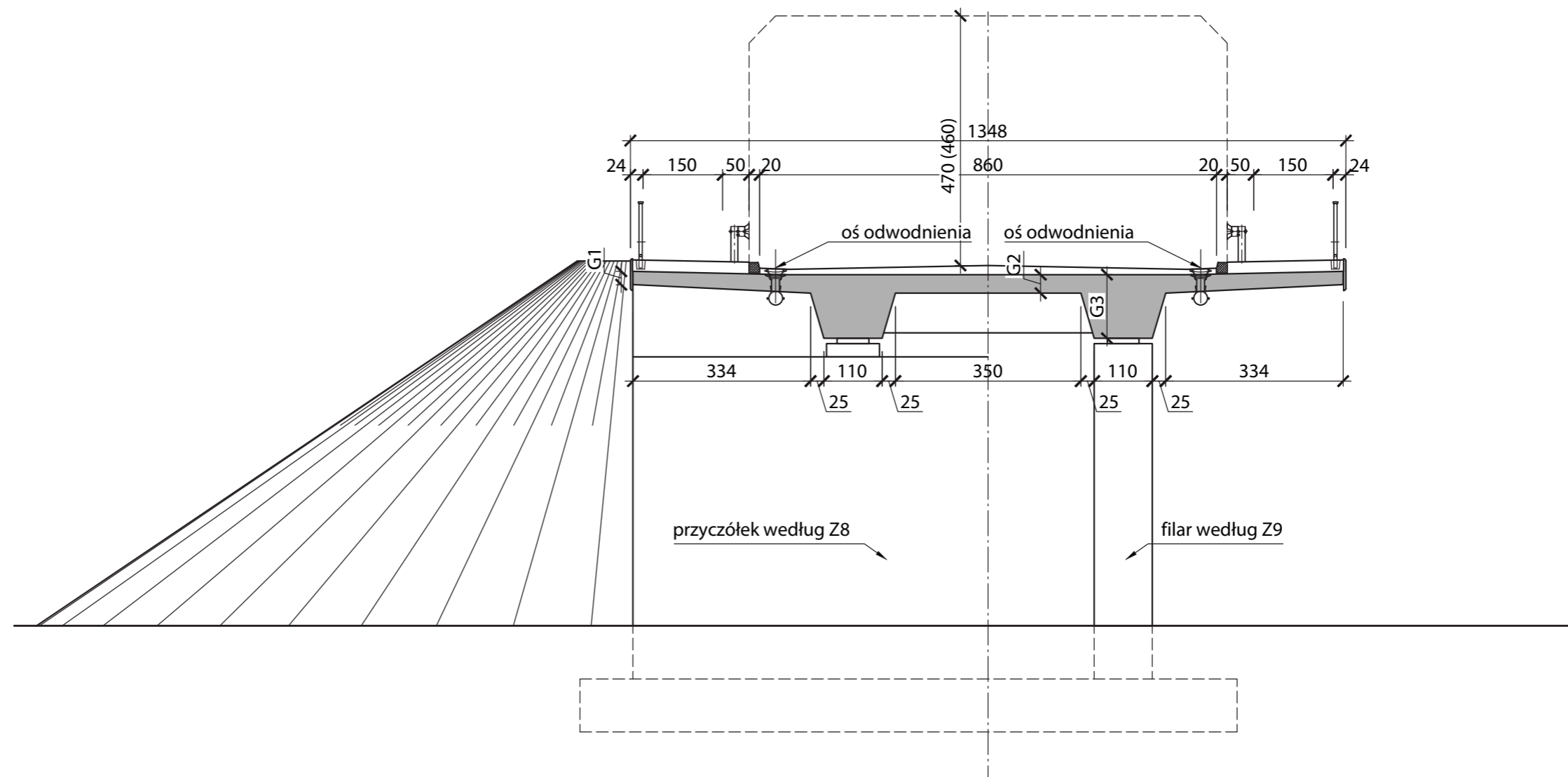
Zużycie materiałów						
"Rozpiętość obiektu (w osiach)"	Powierzchnia płyty mostu	"Beton C30/37"	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
35	954	648	138	203	32	30267
40	1088	808	139	187	37	40553

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PG/GP

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP

Przekrój poprzeczny - schemat

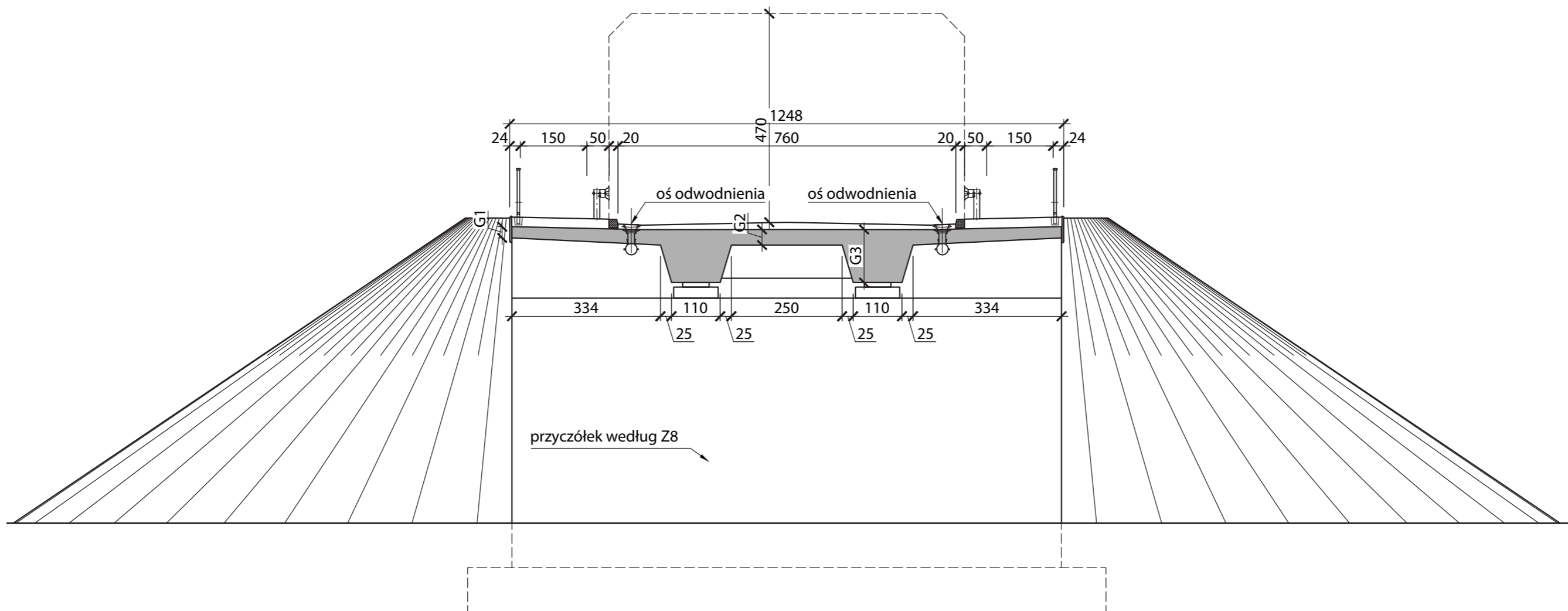


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach) [m]	Powierzchnia płyty pomostu [m ²]	Beton C40/50 [m ³]	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
21+30+21	981	523	135	253	22	21958
24.5+35+24.5	1142	682	136	227	24	27645
28+40+28	1302	888	137	201	26	33926

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach) [m]	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY G/GP **Z7-WPG/GP**

Przekrój poprzeczny - schemat

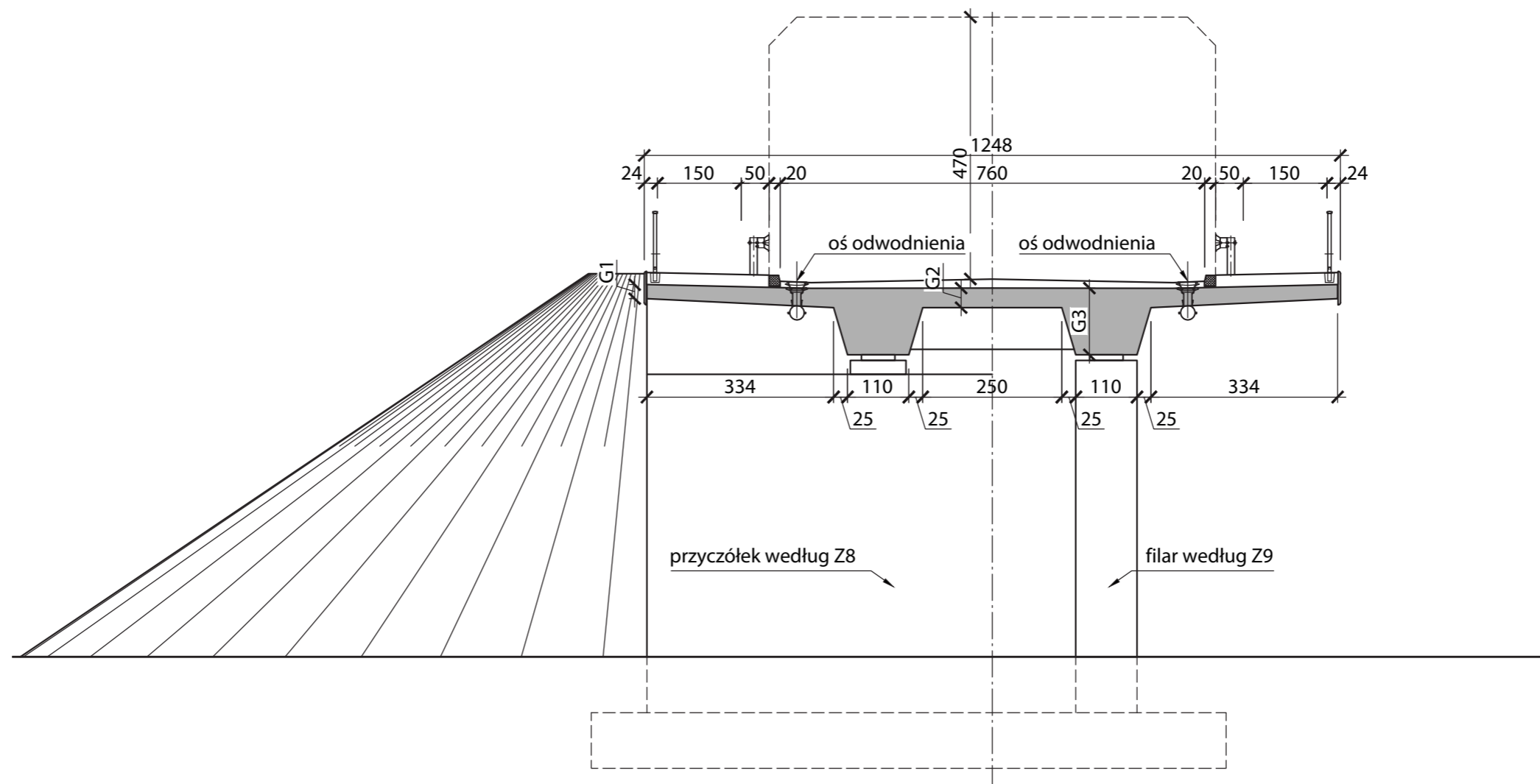


Zużycie materiałów						
"Rozpiętość obiektu (w osiach)"	Powierzchnia płyty mostu	"Beton C40/50"	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	264	132	138	274	14	3635
25	326	192	141	238	16	5143
30	388	262	143	212	18	6899
35	450	360	146	182	22	9792
40	512	469	149	163	26	13180

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PZ TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z

Przekrój poprzeczny - schemat

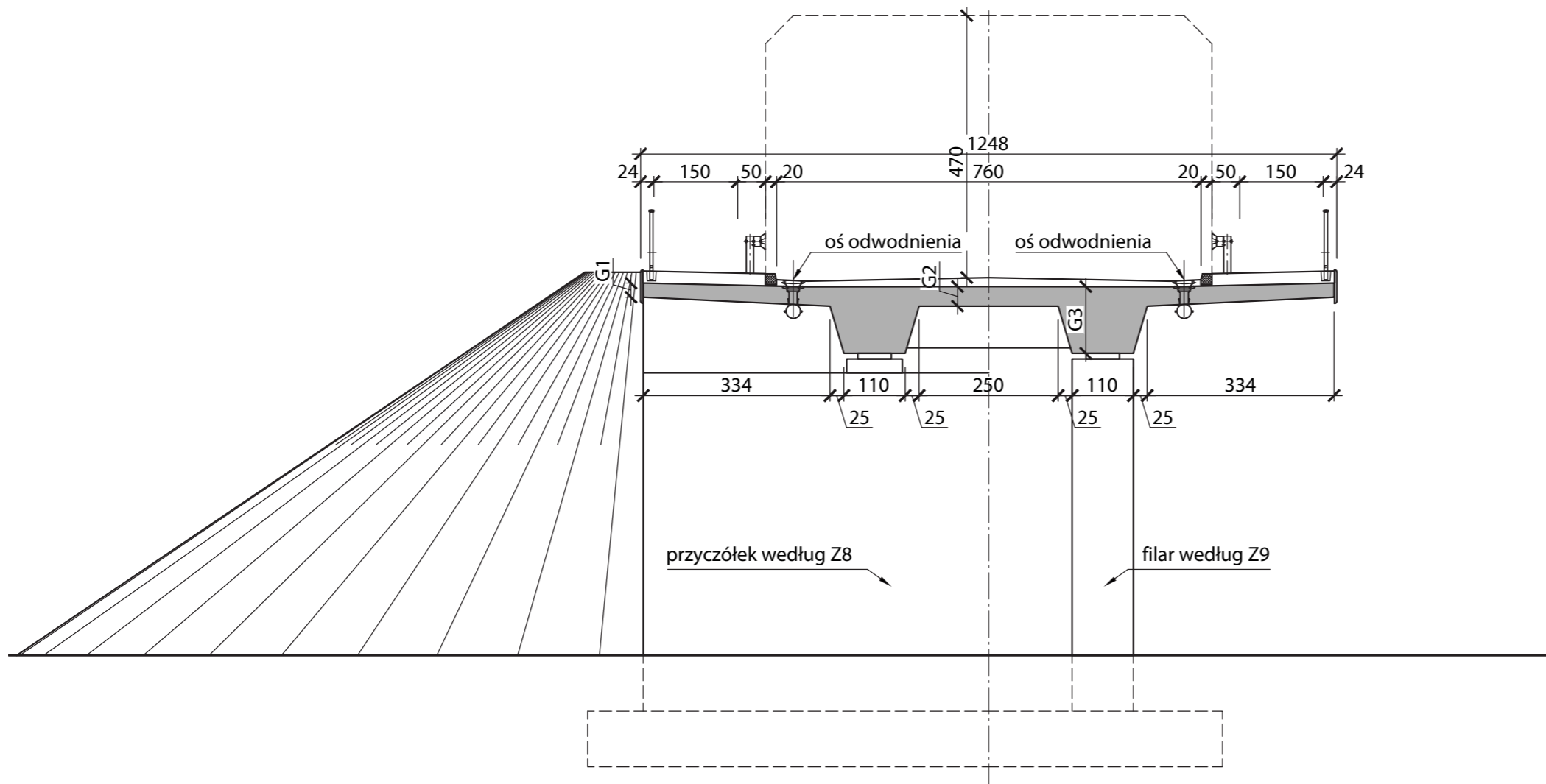


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	511	253	132	265	20	10386
25	635	352	133	240	24	15430
30	759	465	135	220	28	21464

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z **Z7-2-1PZ**

Przekrój poprzeczny - schemat



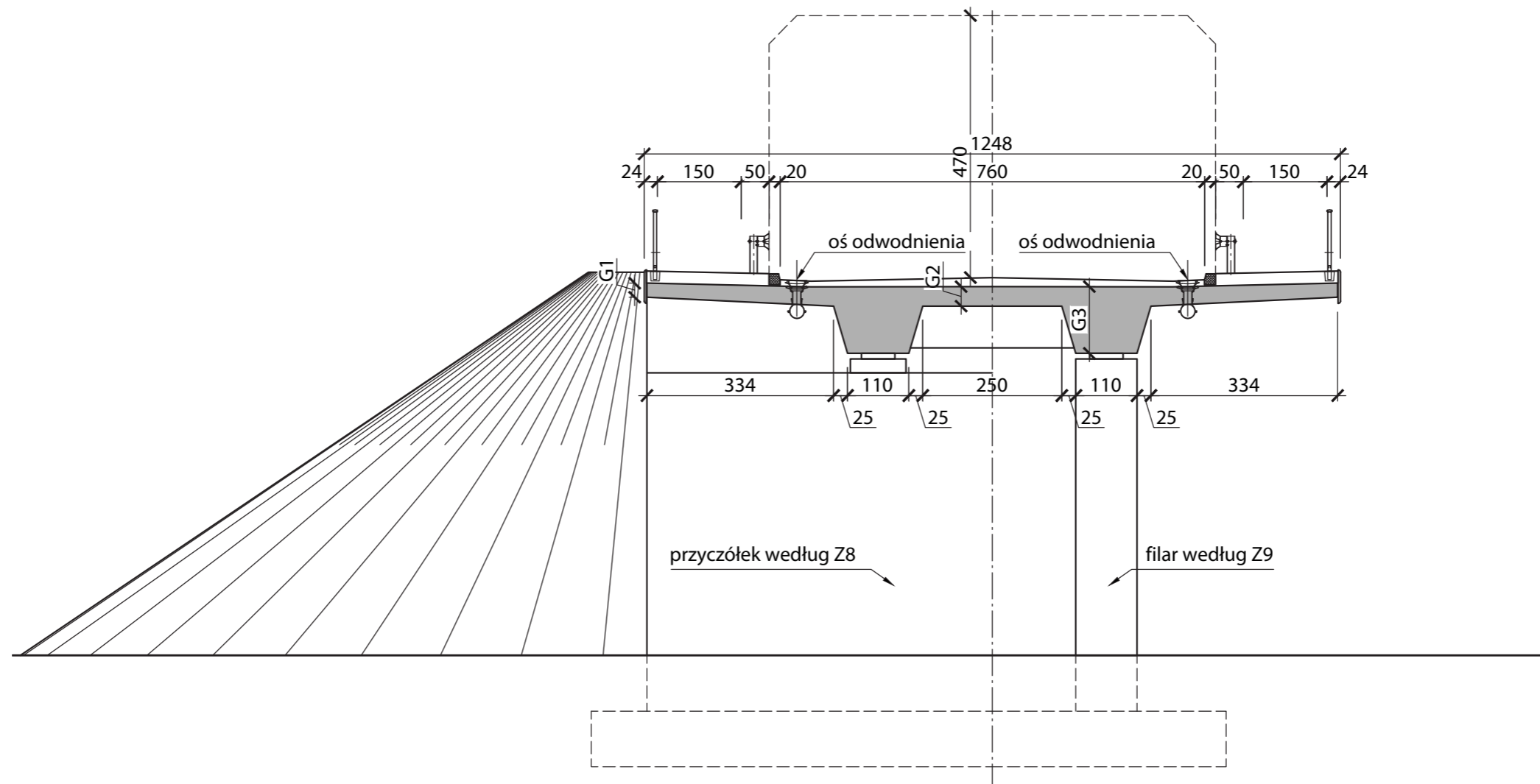
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
35	883	622	136	193	32	28486
40	1007	779	137	178	38	38525

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PZ

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z

Przekrój poprzeczny - schemat

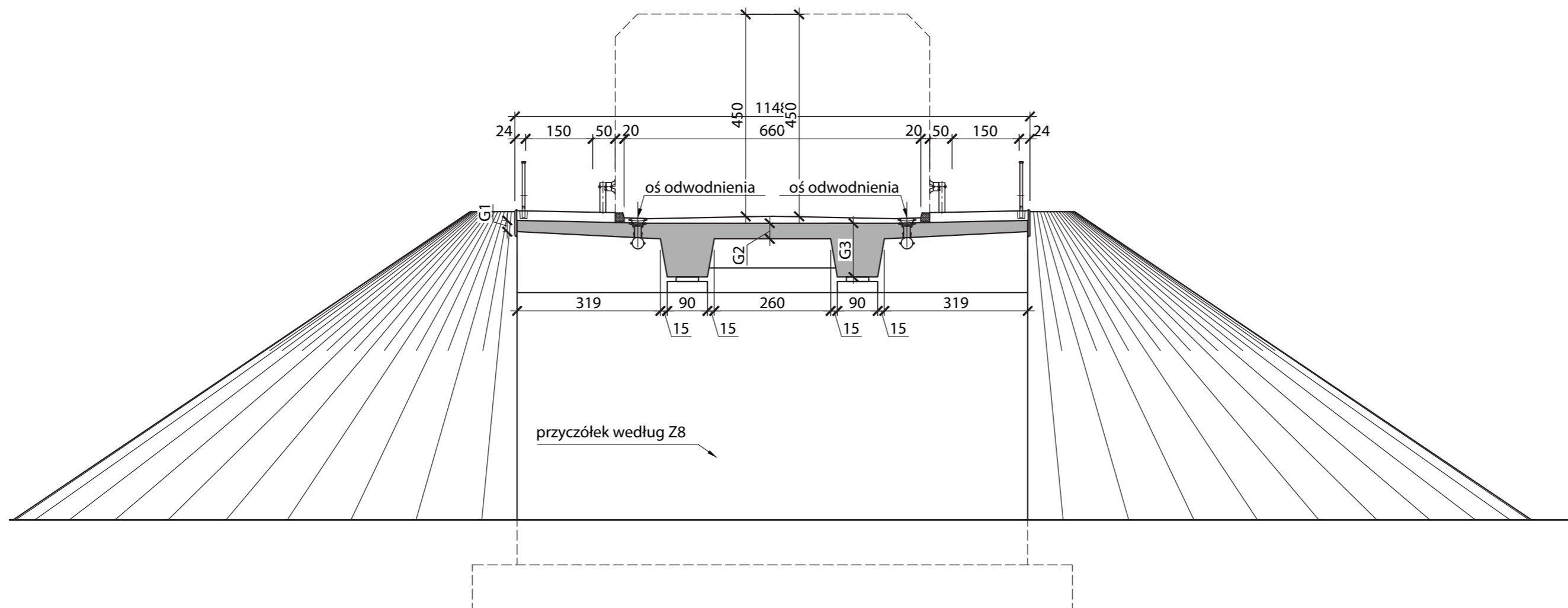


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
21+30+21	908	504	133	240	22	20128
24.5+35+24.5	1056	651	134	217	24	25519
28+40+28	1205	853	135	191	26	31503

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY Z **Z7-WPZ**

Przekrój poprzeczny - schemat



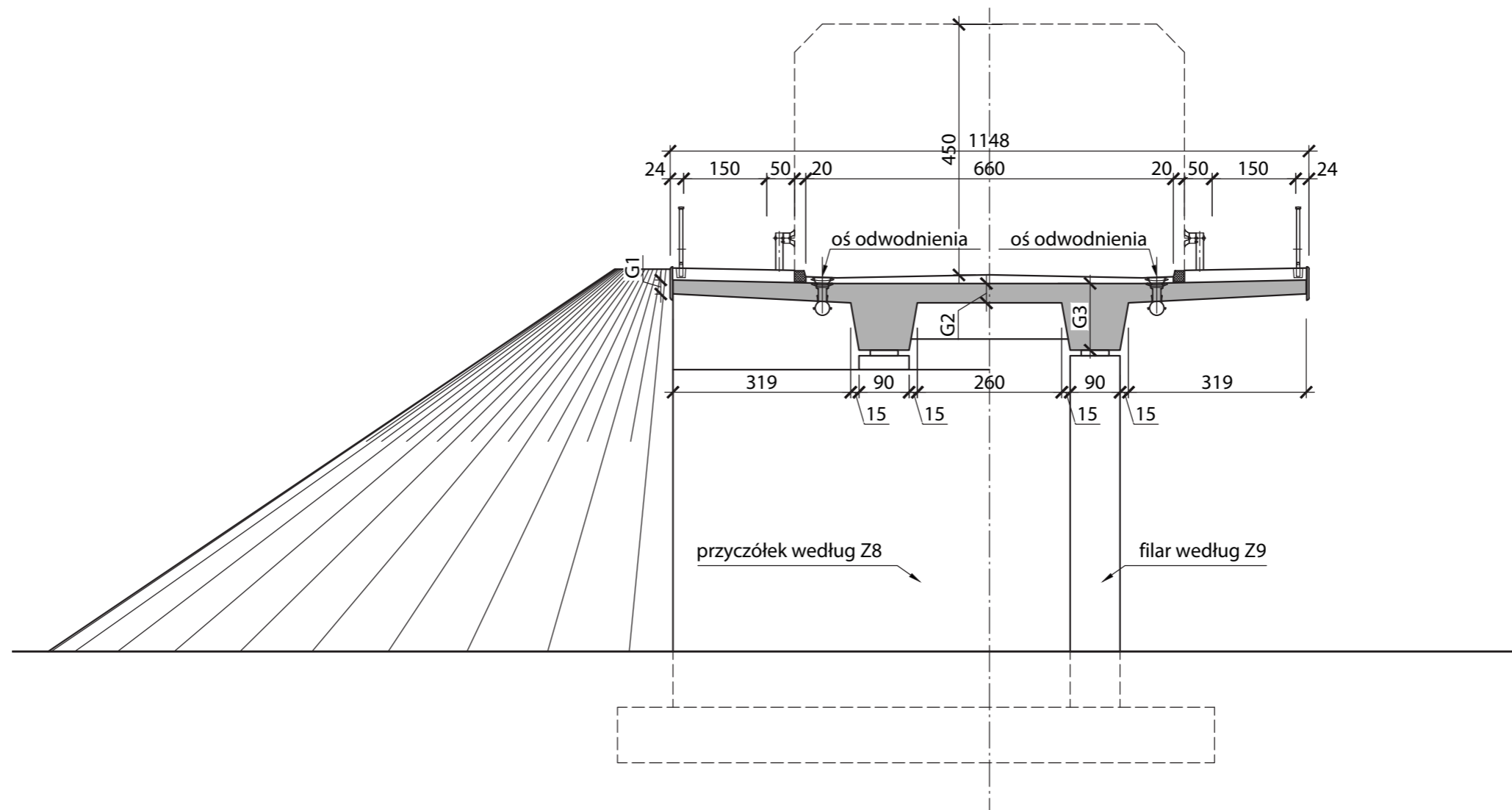
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Zużycie materiałów					
	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]		
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	243	114	107	226	13	3116
25	300	164	110	202	15	4500
30	357	221	114	183	17	6132
35	414	301	117	161	19	8012
40	471	388	120	146	24	11152

Rozpiętość obiektu (w osiach)	Wymiary elementów		
	Grubość płyty		
	[m]	G1 [m]	G2 [m]
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PL

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Przekrój poprzeczny - schemat

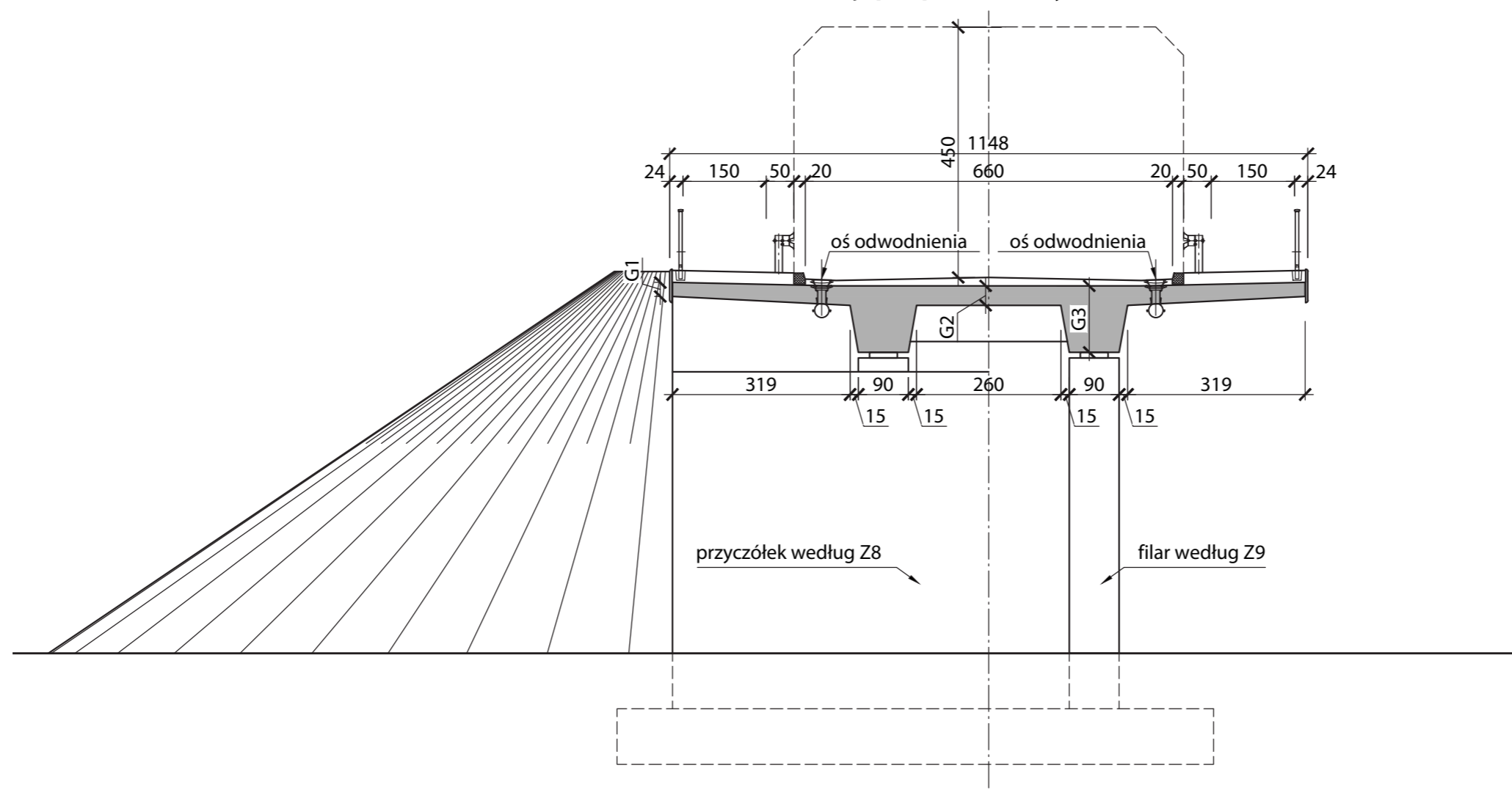


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	470	220	125	266	18	8308
25	584	303	126	243	22	12858
30	698	397	128	225	26	18397

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
[m]			
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L **Z7-2-1PL**

Przekrój poprzeczny - schemat



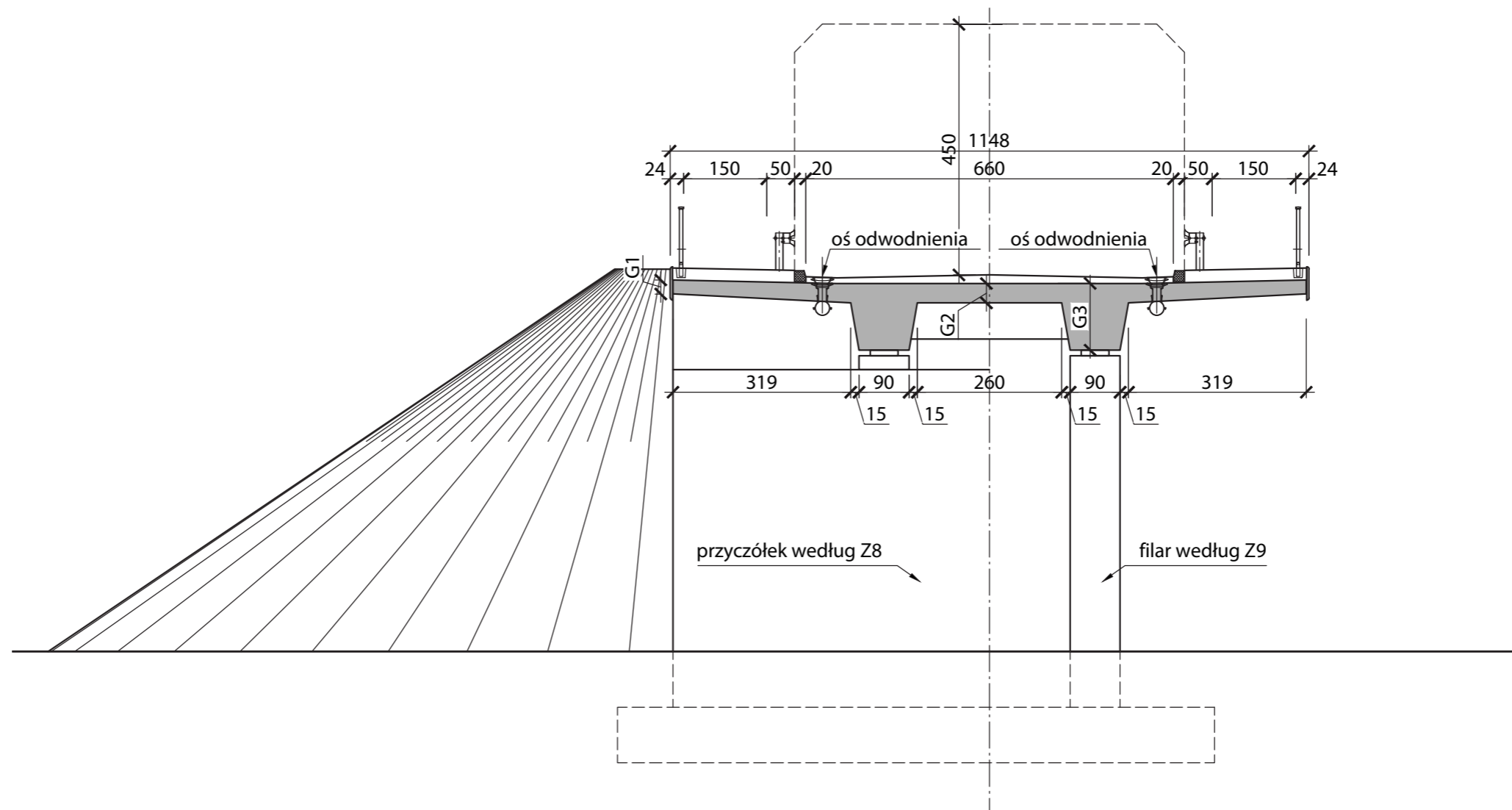
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
35	812	524	130	200	31	24925
40	926	652	131	186	35	32443

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PL

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Przekrój poprzeczny - schemat



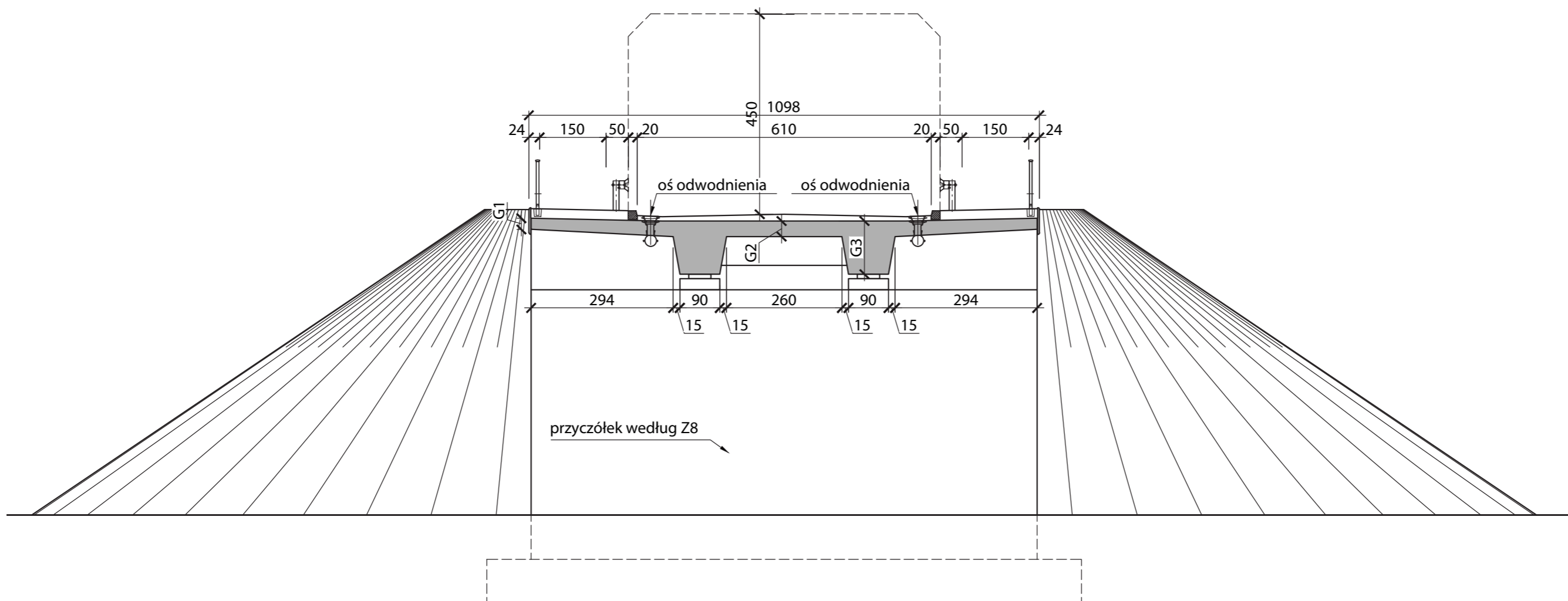
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
21+30+21	834	428	126	246	20	16469
24.5+35+24.5	971	550	127	222	22	21266
28+40+28	1108	719	129	199	24	26656

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY L

Z7-WPL

Przekrój poprzeczny - schemat



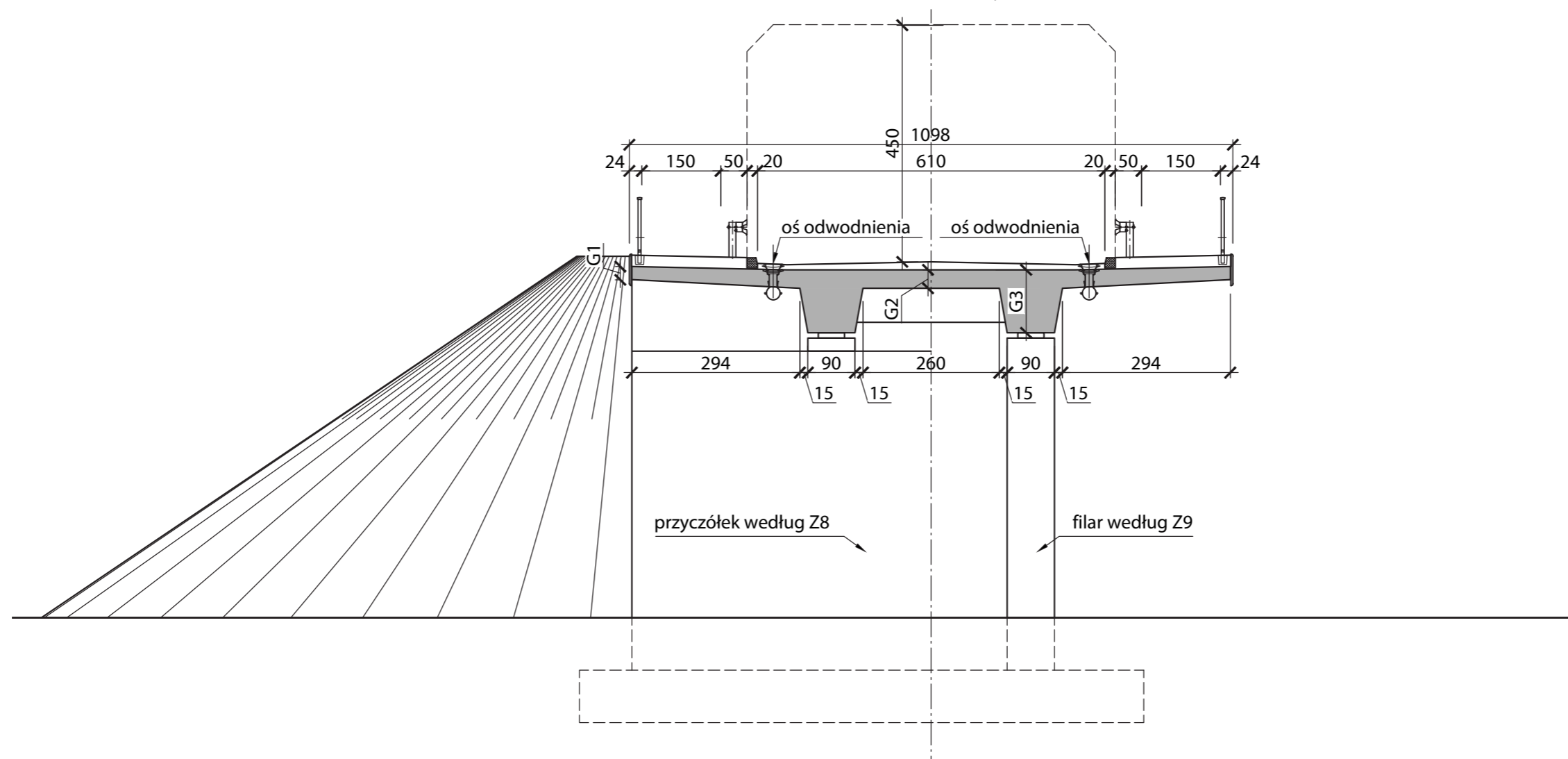
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	233	112	107	223	13	3116
25	287	161	110	196	16	4500
30	342	217	114	180	18	6132
35	396	295	117	157	20	8012
40	451	380	120	142	25	11152

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	[m]	G1 [m]	G2 [m]
[m]	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
20	0.25	0.35	1.2
25	0.25	0.35	1.6
30	0.25	0.35	2.0
35	0.25	0.35	2.5
40	0.25	0.35	3.0

Z7-PD

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU JEDNOPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Przekrój poprzeczny - schemat

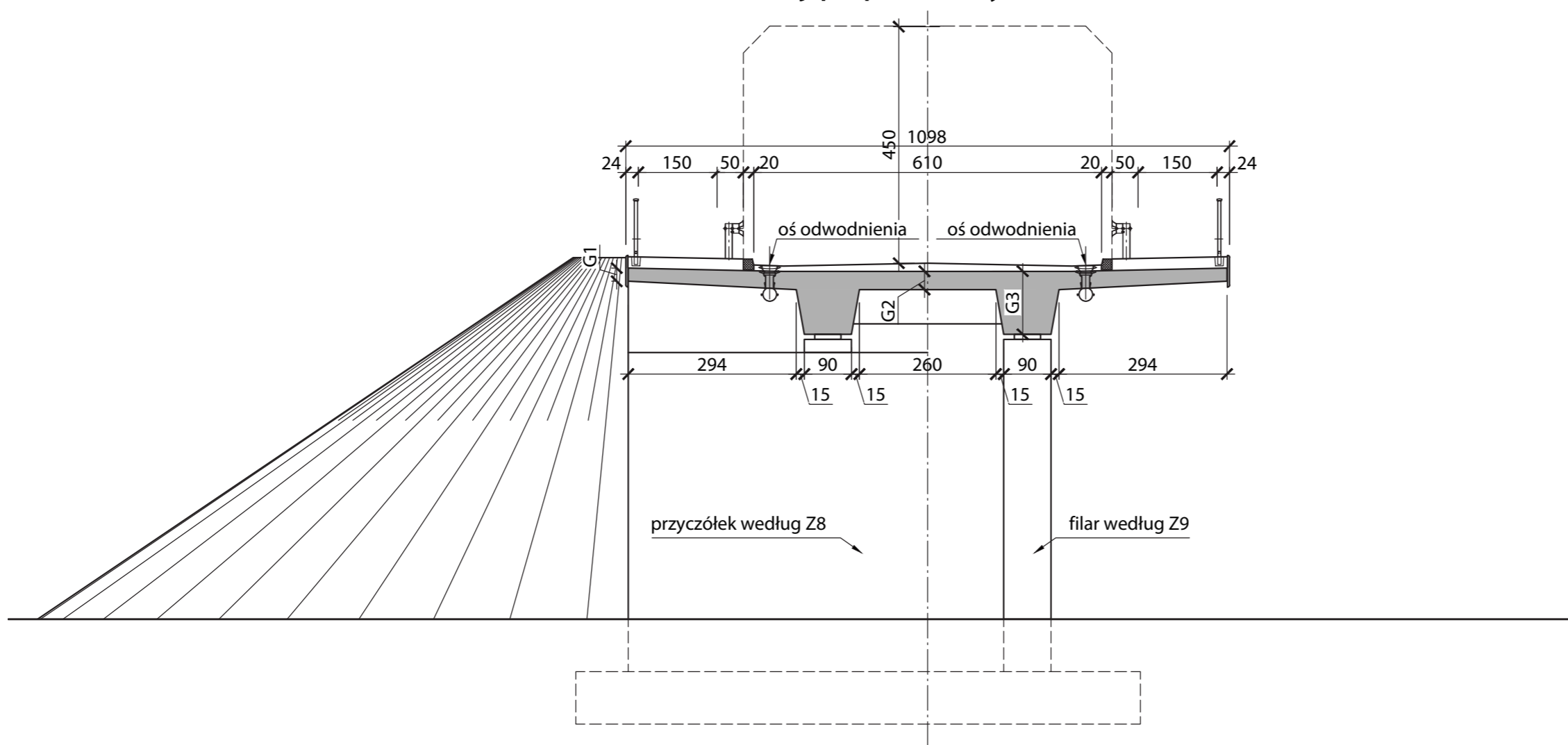


Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
			[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
20	450	216	125	261	18	8308
25	559	297	126	237	23	12858
30	668	389	128	220	28	18397

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
[m]			
20	0.25	0.35	1.1
25	0.25	0.35	1.4
30	0.25	0.35	1.6

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D **Z7-2-1PD**

Przekrój poprzeczny - schemat



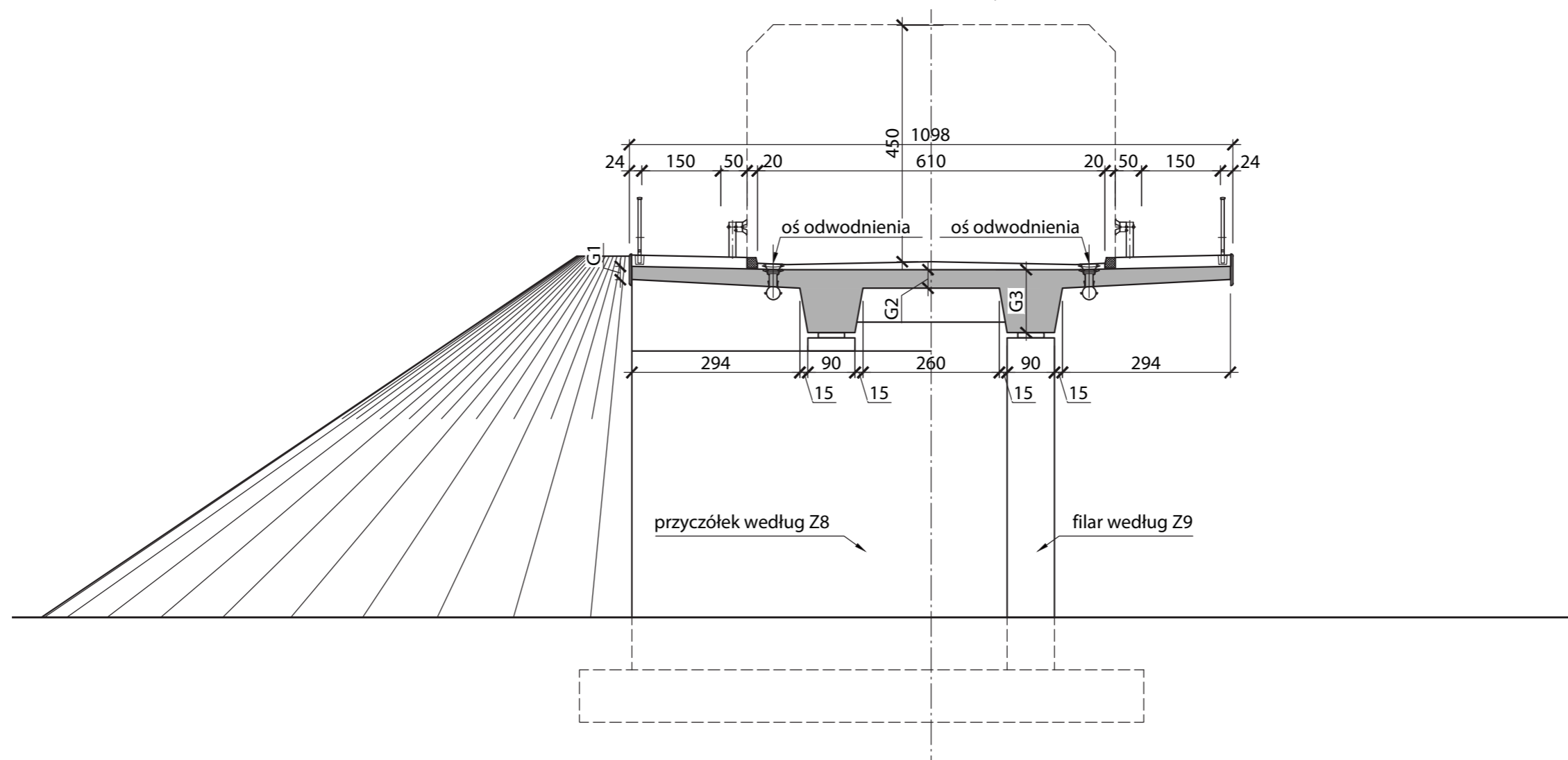
Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50	Zbrojenie		Kable sprężające	
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
35	777	514	130	197	32	24925
40	886	639	131	182	37	32443

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
35	0.25	0.35	2.0
40	0.25	0.35	2.3

Z7-2-2PD

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU DWUPRZĘŚŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D

Przekrój poprzeczny - schemat



Zużycie materiałów						
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Powierzchnia płyty mostu	Beton C40/50			Kable sprężające	
		Beton	Zbrojenie			
[m]	[m ²]	[m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg]
21+30+21	798	419	126	240	21	16469
24.5+35+24.5	929	539	127	219	23	21266
28+40+28	1060	705	129	194	25	26656

Wymiary elementów			
Rozpiętość obiektu (w osiach)	Grubość płyty		
	G1 [m]	G2 [m]	G3 [m]
21+30+21	0.25	0.35	1.30
24.5+35+24.5	0.25	0.35	1.60
28+40+28	0.25	0.35	2.00

TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY OBIEKTU WIELOPRZĘSŁOWEGO W CIĄGU DROGI KLASY D **Z7-WPD**



Zeszyt Z8

PRZYCZÓŁKI MOSTOWE





Z8 Przyczółki mostowe

Z8-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe rozwiązania przyczółków żelbetowych o konstrukcji pełnościenniej, skrzydeł żelbetowych monolitycznych. Przedmiotowe przyczółki będą utrzymywać nasyp drogowy oraz przenosić obciążenia ze wszystkich typów przęseł mostowych o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej lub ciągłej wyszczególnionych w przedmiotowym katalogu.

Z8-2. OPIS TECHNICZNY

Z8-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Podział przyczółków na typy ustalono w zależności od wysokości przeszkody oraz typu konstrukcji przęsła opartego na przyczółku. Wysokość przeszkody jest tutaj odległością od poziomu terenu przed przyczółkiem do spodu konstrukcji przęsła. Przyjęto grubość obsypania fundamentu przyczółka od strony przeszkody równą 1 m.

Tab. Z8-1. Typy przyczółków

Typ przyczółka	Wysokość przeszkody [m]	Rodzaj skrajni pod obiektem	Typ konstrukcji przęsła (dotyczy przedstawionych w niniejszym katalogu)
TYP 1	5,90	Drogowa	Wszystkie typy o wysokości konstrukcyjnej od 1,0 do 1,3 m oparte na trzech łożyskach.
TYP 2	6,90	Drogowa	Przęsła o konstrukcji wrażliwej na uderzenie pojazdu o wysokości konstrukcyjnej od 1,0 do 1,3 m oparte na trzech łożyskach.
TYP 3	8,20	Kolejowa	Wszystkie typy o wysokości konstrukcyjnej od 1,0 do 1,3 m oparte na trzech łożyskach.
TYP 4	5,90	Drogowa	Przęsła belkowe sprężone o wysokości konstrukcyjnej od 1,2 do 3,0 m oparte na dwóch łożyskach.
TYP 5	8,20	Kolejowa	Przęsła belkowe sprężone o wysokości konstrukcyjnej 1,2 m oparte na dwóch łożyskach.
TYP 6	5,90	Drogowa	Przęsła kładek dla pieszych oparte na dwóch łożyskach.

Tab. Z8-2. Podstawowe gabaryty przyczółków

Typ przyczółka	Wysokość całkowita przyczółka H2 [m]	Grubość korpusu przyczółka [m]	Grubość ławy fundamentowej [m]
TYP 1	9,0-9,30	1,10	1,10
TYP 2	10,10-10,40	1,20	1,20
TYP 3	11,60-11,90	1,40	1,40
TYP 4	9,30-11,10	1,20	1,20
TYP 5	11,80	1,40	1,40
TYP 6	8,76	1,00	1,00

Zmiany wysokości całkowitej przyczółka w ramach jednego typu wynikają ze zmian wysokości ścianki zapleczonej zależnej od wysokości konstrukcyjnej przęsła na obiekcie.

Szerokość przyczółka zmienia się w zależności od klasy drogi na obiekcie. Szczegółowe wymiary przyczółków podano w części rysunkowej.

Obciążenie obiektów mostowych należy przyjąć zgodnie z [7] (Tab. Z8-3).

Tab. Z8-3. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi.

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	klasa I
Z, L, D	klasa II

Skrzydła monolityczne zaproponowano w dwóch wariantach: podwieszane do korpusu lub wolnostojąca ściana oporowa o wysokości analogicznej do przedmiotowych przyczółków.

Z8-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania przyczółków pełnościennych – żelbetowych o schemacie statycznym ściany oporowej oraz skrzydeł monolitycznych.

Z8-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych w miejscu planowanego zamierzenia. W przypadku stwierdzenia na efektywnej głębokości podłoża takich samych bądź lepszych parametrów gruntowych od przedstawionych w punkcie Z8-3.5 można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z8-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Zalecane elementy wyposażenia przyczółków:

- płyta przejściowa,
- łożyska,
- urządzenia dylatacyjne.

Łożyska oraz urządzenia dylatacyjne należy stosować zależnie od konstrukcji obiektu zgodnie z rozwiązaniami przedstawionymi w częściach dotyczących rozwiązań przęseł.

Z8-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z8-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z8-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Obciążenia ruchome obiektów mostowych, w tym obciążenia naziomu za przyczółkiem, przyjęto według [7].

Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z8-4.

Tab. Z8-4. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg [7]					
	α_{Q1}	$\alpha_{Qi}, i \geq 2$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qi}, i \geq 2$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Obliczenia murów oporowych wykonano zgodnie z obowiązującymi [5], [6], [7], [13]. Dodatkowo posiłkowano się normami polskimi [18], zastąpionymi obecnie przez obowiązujące Eurokody.

Z8-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9]. Przyczółki zostały zaprojektowane z betonu klasy C30/37 zbrojonego prętami ze stali o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto równe: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji betonu ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z8-5.

Tab. Z8-5. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji przyczółków i skrzydeł

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Minimalna klasa wytrzymałości betonu wymagana ze względu na klasę ekspozycji
Korpus przyczółka	XC4, XD1, XF2	C30/37
Ława fundamentowa	XC2, XA1	C30/37

Do wymiarowania elementów konstrukcyjnych przyczółka przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla powyższych klas ekspozycji wynoszącą:

- dla korpusu przyczółka $c_{min} = 50$ mm,
- dla ławy fundamentowej $c_{min} = 70$ mm.

Z8-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu uwzględniono następujące obciążenia działające na przyczółek:

- ciężar własny podpory,
- ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu,
- parcie gruntu zasyпки za przyczółkiem,
- parcie od obciążenia ruchomego na naziomie,
- siły pionowe z przęsła od obciążeń stałych i ruchomych,
- siły poziome od tarcia w łożyskach (dla łożyska przesuwne na podporze),
- siły poziome od hamowania na przęsle (dla łożyska stałego na podporze),
- oddziaływania termiczne na korpus przyczółka,
- reologia (skurcz betonu podpory).

W obliczeniach skrzydeł uwzględniono następujące obciążenia:

- ciężar własny skrzydła,
- ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu skrzydła,
- parcie gruntu zasyпки,
- parcie od obciążenie ruchomego na naziomie.

Wartości parcia gruntu na ścianę pionową przyczółka wyznaczono, przyjmując założenia takie jak w Tab. Z8-6.

Tab. Z8-6. Parametry gruntu zasykowego przyjęte w obliczeniach parcia (wartości charakterystyczne)

Lp.	Materiał zasykowy przyczółka	piasek silnie zagęszczony
1.	Kąt tarcia wewnętrznego zasyпки przyczółka	$\varphi_n = 35^\circ$
2.	Spójność gruntu zasykowego	$c_u = 0$
4.	Ciężar gruntu zasykowego	$\gamma = 18,5$ kN/m ³
5.	Pionowe obciążenie naziomu	$q = 0$ kN/m ²

Współczynnik parcia spoczynkowego obliczono według wzoru:

$$K_0 = (1 - \sin \varphi_n), \quad K_0 = 0,426.$$

Wartość współczynnika parcia granicznego dla poziomej powierzchni naziomu odczytano z nomogramu w [13] dla $\delta/\varphi_n = 0$ i kąta $\varphi_n = 35^\circ$:

$$K_a = 0,28.$$

Do obliczeń przyczółka przyjęto parcie pośrednie gruntu zasyпки za przyczółkiem działające na całej szerokości ściany przyczółka. Współczynnik parcia pośredniego obliczono jako średnią:

$$K_{ap} = 0,5 \cdot (K_0 + K_a) = 0,35.$$

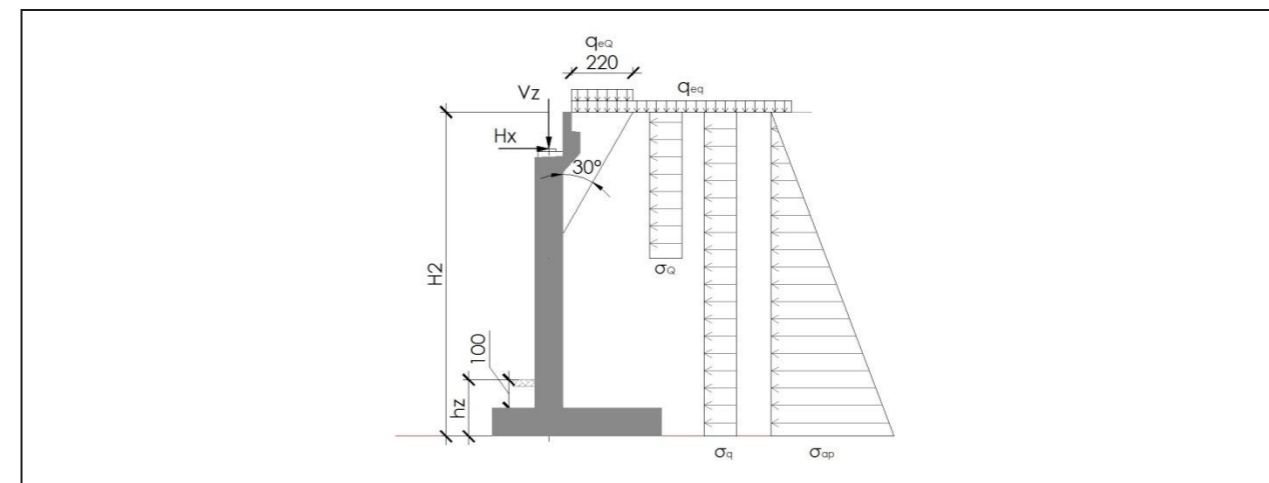
Parcie gruntu od obciążeń ruchomych obliczono, przyjmując obciążenie pionowe naziomu jako obciążenie modelem LM1. Obciążenie od układu TS rozłożono na powierzchni 2,2 m · 3,0 m. Parcie od obciążenia pojazdem TS przyłożono na szerokości równej sumie szerokości pasów umownych na przęsle, natomiast parcie od obciążenia UDL na szerokości równej szerokości jezdni na przęsle.

Zasięg głębokości parcia gruntu od tandemu TS wyznaczono przyjmując wartość kąta rozkładu obciążeń przez zasypkę równy 30° w stosunku do pionu według [7]. W rozkładzie obciążeń ruchomych naziomu pominięto wpływ płyty przejściowej.

Wartości obciążeń ruchomych:

- pas nr 1 $Q_{1k} = 300$ kN; $q_{1k} = 9$ kN/m²
- pas nr 2 $Q_{2k} = 200$ kN; $q_{2k} = 2,5$ kN/m²
- pas nr 3 $Q_{3k} = 100$ kN; $q_{3k} = 2,5$ kN/m²

Oznaczenia obciążeń od parcia gruntu przedstawiono na Rys. Z8-1.



Rys. Z8-1. Schemat obciążenia przyczółka

Tab. Z8-7. Wartości obciążeń przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi
1.	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	Beton zbrojony.
2.	Ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu	18,5	kN/m ³	Przyjęto wysokość gruntu na odsadzkach od strony przeszkody równą 1 m.
3.	Parcie pośrednie gruntu zasypki za przyczółkiem	$\sigma_{ap} = K_{ap} \cdot \gamma \cdot z$ $z = (0 \dots H_2)$	kN/m ²	Rozkład parcia trójkątny. Wartość maksymalna obciążenia zależna od całkowitej wysokości przyczółka H_2 .
4.	Parcie pośrednie od obciążenie ruchomego na naziemie	$\sigma_Q = 21,4$ (A, S) $\sigma_Q = 2,3$ (A, S) $\sigma_Q = 26,8$ (G, GP) $\sigma_Q = 2,6$ (G, GP) $\sigma_Q = 26,8$ (Z, L, D) $\sigma_Q = 2,0$ (Z, L, D)	kN/m ²	Rozkład parcia prostokątny. Wartość parcia zależna od klasy obciążenia na obiekcie i liczby pasów umownych (w nawiasie podano klasy dróg). σ_Q -uśrednione parcie od tandemu TS, σ_Q -uśrednione parcie od obciążenia UDL.
5.	Siły pionowe z przęsła od obciążeń stałych i ruchomych	V_z	kN	Wartości sił z przęseł przyjęto według części katalogu dotyczących obliczeń przęseł.
6.	Siły poziome od hamowania na przęsle (dla łożyska stałego na podporze)	H_x		
7.	Siły poziome od tarcia w łożyskach (dla łożyska przesuwne na podporze)	H_t	kN	Dla każdego typu przyczółka uwzględniono maksymalną mogącą wystąpić wartość.
8.	Temperatura	$\Delta T = 15$	°C	Liniowa różnica temperatury pomiędzy powierzchnią wewnętrzną i zewnętrzną korpusu podpory (ogrzanie lub oziębienie podpory od strony przeszkody).
9.	Obciążenie ścianki zapleczej	$H = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 180$ $V = \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 300$	kN	Obciążenie od jednej osi tandemu TS.

Parcie gruntu σ_{ap} jest obciążeniem stałym, natomiast obciążenie ruchome naziemu (q_{eQ} i q_{eq}) oraz parcie od obciążenia ruchomego (σ_Q i σ_q) to obciążenia zmienne. Są one brane pod uwagę, jeśli tylko efekt ich oddziaływań jest niekorzystny.

Z8-3.2. METODOLOGIA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe przyczółków i skrzydeł monolitycznych wykonano metodą elementów skończonych w programie SOFiSTiK przy założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

W stanach granicznych nośności sprawdzono konstrukcję przyczółka i skrzydeł ze względu na wytrzymałość materiałową (STR), stateczność ogólną (EQU) oraz nośność posadowienia (GEO). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowych.

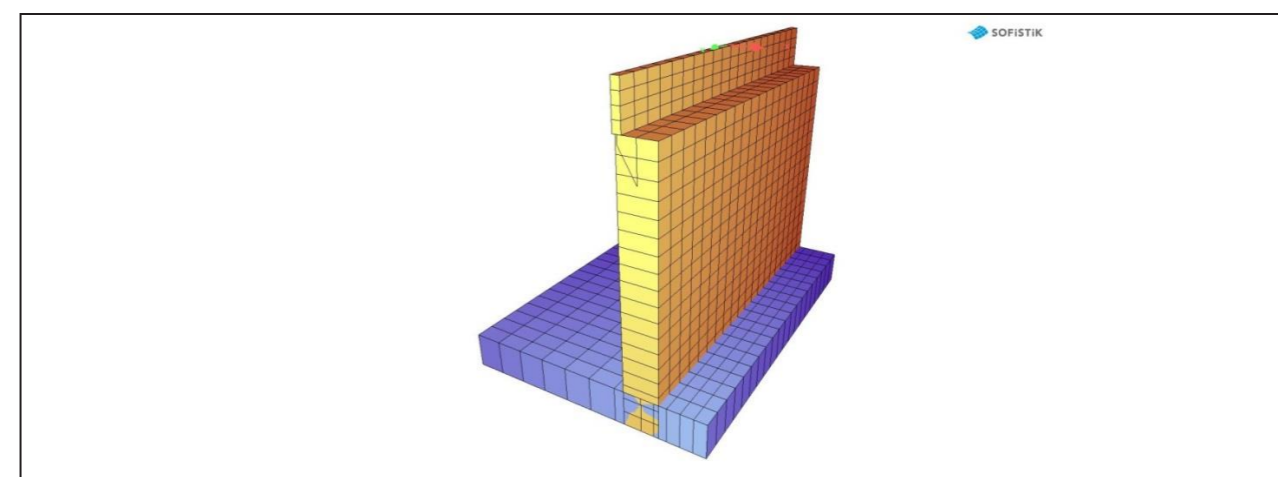
W stanach granicznych użytkowania sprawdzono konstrukcję ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie oraz w stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne rozwarości rys. W obliczeniach ograniczenia naprężeń zastosowano obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarości rys z kombinacji prawie stałej.

Z8-3.3. MODEL OBLICZENIOWY

Model przyczółków został wygenerowany za pomocą elementów dwuwymiarowych opisanych w przestrzeni trójwymiarowej (e2p3). Korpus przyczółka oraz ławę zamodelowano jako płytowe (QUAD) o określonej grubości. W modelu przyczółka pominięto skrzydła (za wyjątkiem przyczółka TYP 6), gdyż jest to najbardziej niekorzystny przypadek pod względem pracy konstrukcji. Obliczenia zbrojenia przyczółka, sprawdzenie rys i naprężeń wykonano, modelując przyczółek posadowiony bezpośrednio na ławie fundamentowej podpartej sprężystości. Wymiary ławy fundamentowej w modelu zostały przyjęte według obliczeń posadowienia.

Grubość elementów przyczółka zmieniają się w zależności od jego wysokości i typu konstrukcji przęsła (podano w części rysunkowej).

Skrzydła zostały obliczone jako wolnostojąca ściana oporowa przy założeniu wykonania dylatacji zapewniającej brak przenoszenia sił na przyczółek (dylatacja pełna).



Rys. Z8-2. Wizualizacja modelu obliczeniowego przyczółka

Z8-3.4. KOMBINACJE

Dla każdego typu przyczółka przedstawionego w części rysunkowej (z uwzględnieniem klasy drogi na obiekcie) przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO -1 – wymiarowanie korpusu przyczółka, zestawienie sił do obliczeń posadowienia,
- kombinacja obliczeniowa STR/GEO - 2 – wymiarowanie ścianki zapleczej przyczółka,
- kombinacja obliczeniowa EQU – zestawienie sił do obliczeń stateczności ogólnej przyczółka,
- kombinacja charakterystyczna – sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $0,6f_{ck}$ oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8f_{yk}$,
- kombinacja prawie stała – ograniczenie rozwarości rys do wartości $w_{max} = 0,3$ mm.

Obliczenia przeprowadzono przy założeniu przęsła opartego na przyczółku. W przypadku planowanego fazowania budowy polegającego na wykonaniu zasypki przyczółka na pełną wysokość przed ustawieniem przęsła na łożyskach należy wykonać dodatkowe obliczenia sprawdzające.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO i EQU) wyznaczono ze wzoru (6.10) [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B). Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji EQU wyznaczono przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (A). Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono ze wzoru (6.14b) [4], a wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono ze wzoru (6.16b) [4]. Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto zgodnie z [4] według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z8-3.5. OBLICZENIA POSADOWIENIA

Nośność posadowienia obliczono przy założeniu posadowienia obiektu na piasku średnim o parametrach, tak jak w Tab. Z8-8.

Tab. Z8-8. Parametry gruntu w poziomie posadowienia ławy

Stopień zagęszczenia	ID = 0,50
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 33^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)	$M_0 = 95\,000 \text{ kPa}$

Zgodnie z zaleceniami [4] i [13] przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności (GEO):

- określenie nośności podłoża na wypieranie gruntu spod fundamentu,
 - określenie nośności podłoża na przesunięcie (poślizg),
- zastosowano podejście obliczeniowe 2, tj. zestaw współczynników częściowych A1+M1+R2.

Ławę fundamentową sprawdzono również na obrót w stanie granicznym nośności (GEO) i stateczności (EQU). Wartości współczynników częściowych odczytano z [4] i [13]. Nośność fundamentów wyznaczono metodą analityczną według załącznika D do normy [13].

Obliczenia wykazały że, posadowienie przyczółków przedstawionych w niniejszym katalogu spełnia warunki nośności oraz stateczność.

Podczas projektowania dojazdów należy dążyć do osiągnięcia jednakowych wartości osiadań fundamentu i nasypu drogowego w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu, stosując odpowiednie wzmocnienie podłoża pod nasypem na dojeździe do obiektu.

Z8-3.6. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Po przeprowadzonych obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych zaprojektowano wszystkie typy przyczółków oraz skrzydeł, określając ich gabaryty i wymagane zbrojenie. W Tab. Z8-9 zestawiono maksymalne wartości momentów zginających w korpusie przyczółka w miejscu połączenia korpusu z ławą fundamentową.

Tab. Z8-9. Wartości momentów zginających

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający [kNm/m]	
	max	min
Przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 9 \text{ m}$		
Klasa I (A, S, GP, G)	1900	300
Klasa II (Z, L, D)	1850	300
Przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 10 \text{ m}$		
Klasa I (A, S, GP, G)	2500	500
Klasa II (Z, L, D)	2400	400
Przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 11 \text{ m}$		
Klasa I (A, S, GP, G)	3300	950
Klasa II (Z, L, D)	3300	950
Przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 9-11 \text{ m}$		
Klasa I (A, S, GP, G)	2800	750
Klasa II (Z, L, D)	2750	750
Przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 11 \text{ m}$		
Klasa I (A, S, GP, G)	3250	900
Klasa II (Z, L, D)	3200	900
Przyczółek kładki dla pieszych		
Kładka – tłum 5 kN/m^2	380	150

Z8-3.7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Obliczone przyczółki spełniają wymagania normowe w zakresie stanów granicznych nośności i użyteczności dla odpowiadających klas obciążeń.

Z8-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

W zakresie materiału należy stosować wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z8-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Z8-5.1. ŻELBETOWE KORPUSY PRZYZCÓLKÓW I SKRZYDEŁ

Wymagania technologiczne dla elementów żelbetowych należy dobierać zgodnie z częścią II katalogu.

Z8-5.1.1. GRUNT ZASYPOWY

Do wykonania zasyпки podpór należy stosować kruszywo niespoiste, przepuszczalne i dobrze zagęszczalne. Zalecane rodzaje kruszyw to piaski średnie, piaski grube, pospółki. Zasyпка powinna spełniać następujące wymagania podane w tabeli Tab. Z8-10.

Tab. Z8-10. Wymagania dla zasyпки inżynierskiej

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wymagania
1.	Ciężar objętościowy	kN/m^3	≤ 19
2.	Kąt tarcia wewnętrznego	stopnie	≥ 34
3.	Wskaźnik zagęszczenia	-	$\geq 0,97$
4.	Wskaźnik wodoprzepuszczalności	m/s	$\geq 6 \times 10^{-5}$
5.	Odczyn pH	-	$4 < \text{pH} < 9$
6.	Wskaźnik różnoziarnistości gruntu	-	≥ 5

Zasyпка powinna być wykonywana równomiernie, warstwami grubości 20-40 cm, zagęszczanymi do osiągnięcia stopnia zagęszczenia zgodnego z dokumentacją projektową.

Z8-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW (WSKAŹNIKI)

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu m^3 ,
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m^3 konstrukcji kg/m^3 .

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

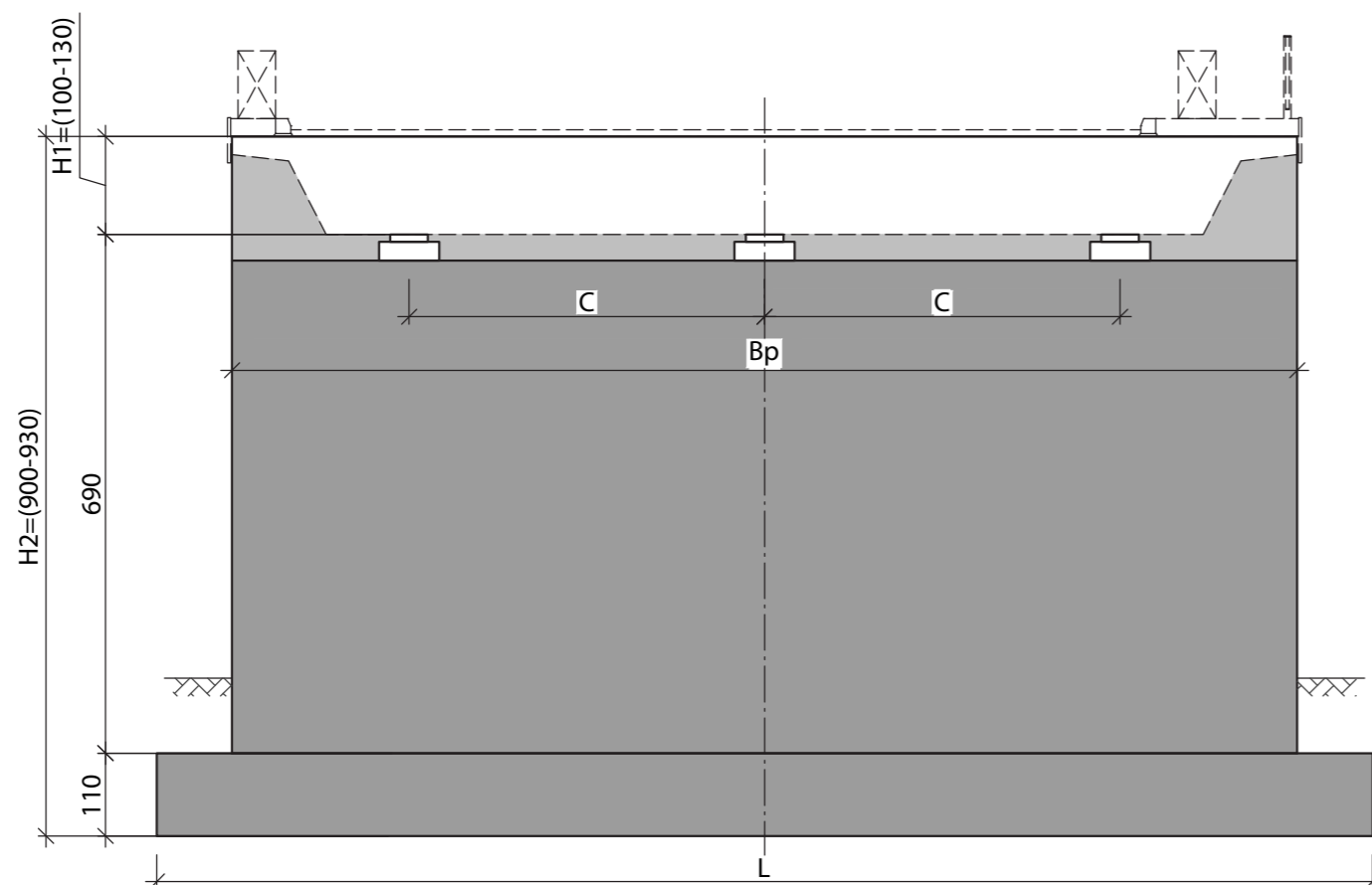
W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres $\pm 5\%$.

Z8-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

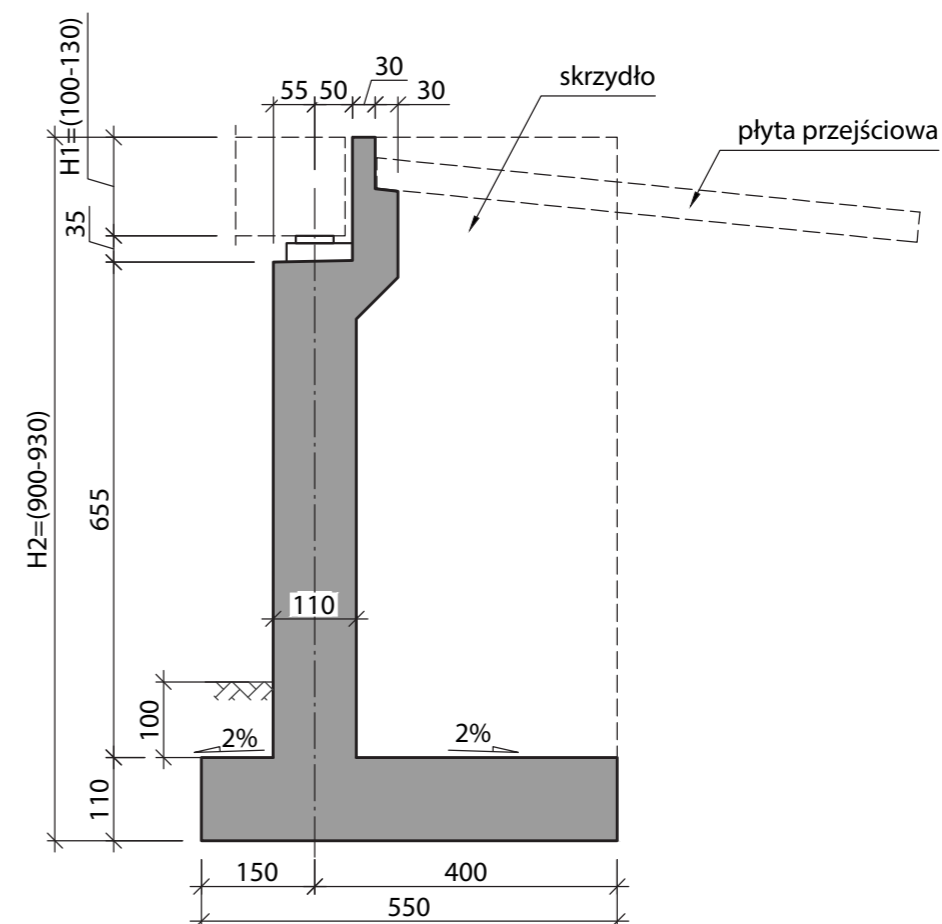
- Z8-PH9 Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 9$ m
- Z8-PH10 Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 10$ m
- Z8-PH11 Typowy przyczółek masywny trzyłożyskowy o wysokości $h = 11$ m
- Z8-P2H9 Typowy przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 9-11$ m
- Z8-P2H11 Typowy przyczółek masywny dwułożyskowy o wysokości $h = 11$ m
- Z8-PK Typowy przyczółek kładki dla pieszych
- Z8-SM Typowe skrzydło żelbetowe monolityczne

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat typ 1

Widok z przodu



Przekrój poprzeczny



Wymiary elementów - przyczółek TYP 1					
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość przyczółka Bp [m]	Wysokość przyczółka H2 [m]		Rozstaw łożysk C [m]	Długość ławy L [m]
		H1=1,0 [m]	H1=1,3 [m]		
		A	14.16		
S	13.16	4.39	15.0		
G/GP	13.36	4.45	15.0		
Z	12.36	4.12	14.0		
L	11.36	3.79	13.0		
D	10.86	3.62	12.5		

Zużycie materiałów - przyczółek TYP 1						
Klasa drogi na obiekcie	Korpus przyczółka				Ława fundamentowa	
	H2 = 9.0 [m]		H2 = 9.3 [m]		Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]
	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]		
A	117	73	118	74	97	66
S	109	73	110	74	91	66
G/GP	110	73	111	74	91	66
Z	102	73	103	74	85	66
L	94	73	95	74	79	66
D	90	73	91	74	76	66

UWAGI I WYJAŚNIENIA

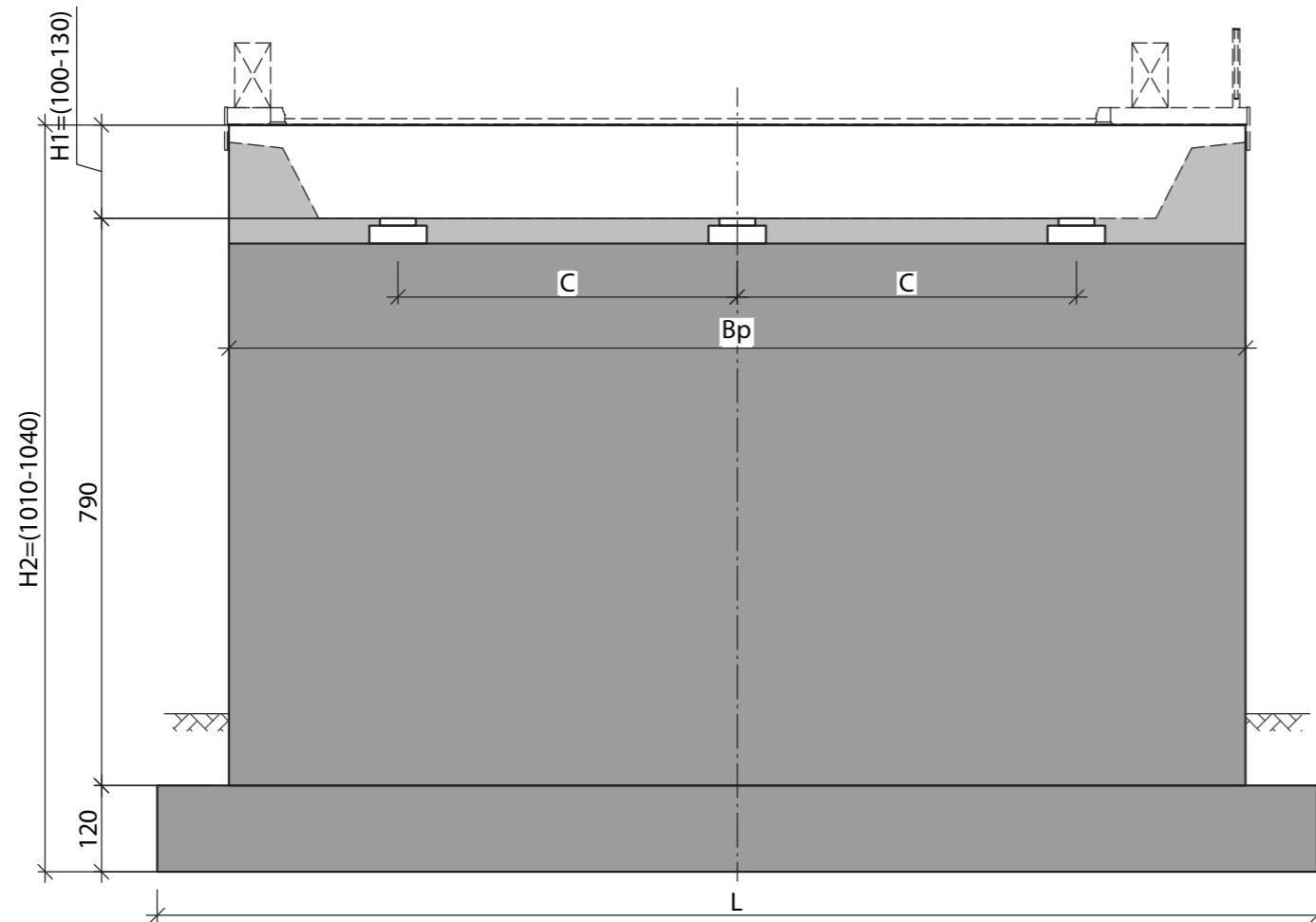
1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przęseł o wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej od 1,0m do 1,3m
4. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

Z8-PH9

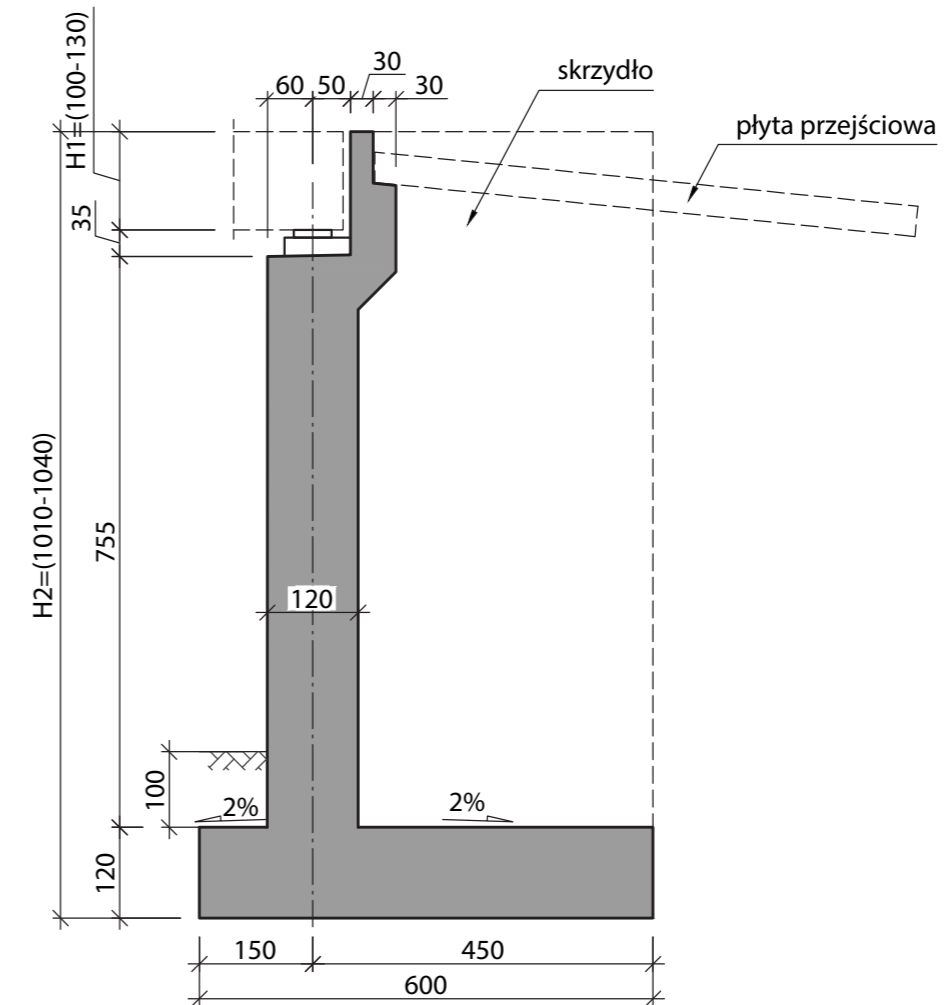
TYPOWY PRZYCZÓŁEK MASYWNY TRZYŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H = 9 m

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat typ 2

Widok z przodu



Przekrój poprzeczny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przęseł o wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej od 1,0m do 1,3m
4. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

Klasa drogi na obiekcie	Zużycie materiałów - przyczółek TYP 2					
	Korpus przyczółka				ława	
	H2 = 10.1 [m]		H2 = 10.4 [m]		Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]
	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]		
A	142	71	144	72	115	66
S	132	71	134	72	108	66
G/GP	134	71	136	72	108	66
Z	124	71	125	72	101	67
L	114	71	115	72	94	67
D	109	70	110	71	90	66

Klasa drogi na obiekcie	Wymiary elementów - przyczółek TYP 2				
	Szerokość przyczółka Bp [m]	Wysokość przyczółka H2 [m]		Rozstaw łożysk C [m]	Długość ławy L [m]
		H1=1,0 [m]	H1=1,3 [m]		
			H2 [m]		
A	14.16	10.1	10.4	4.73	16.0
S	13.16			4.39	15.0
G/GP	13.36			4.45	15.0
Z	12.36			4.12	14.0
L	11.36			3.79	13.0
D	10.86			3.62	12.5

TYPOWY PRZYCZÓŁEK MASYWNY TRZYŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H = 10 m

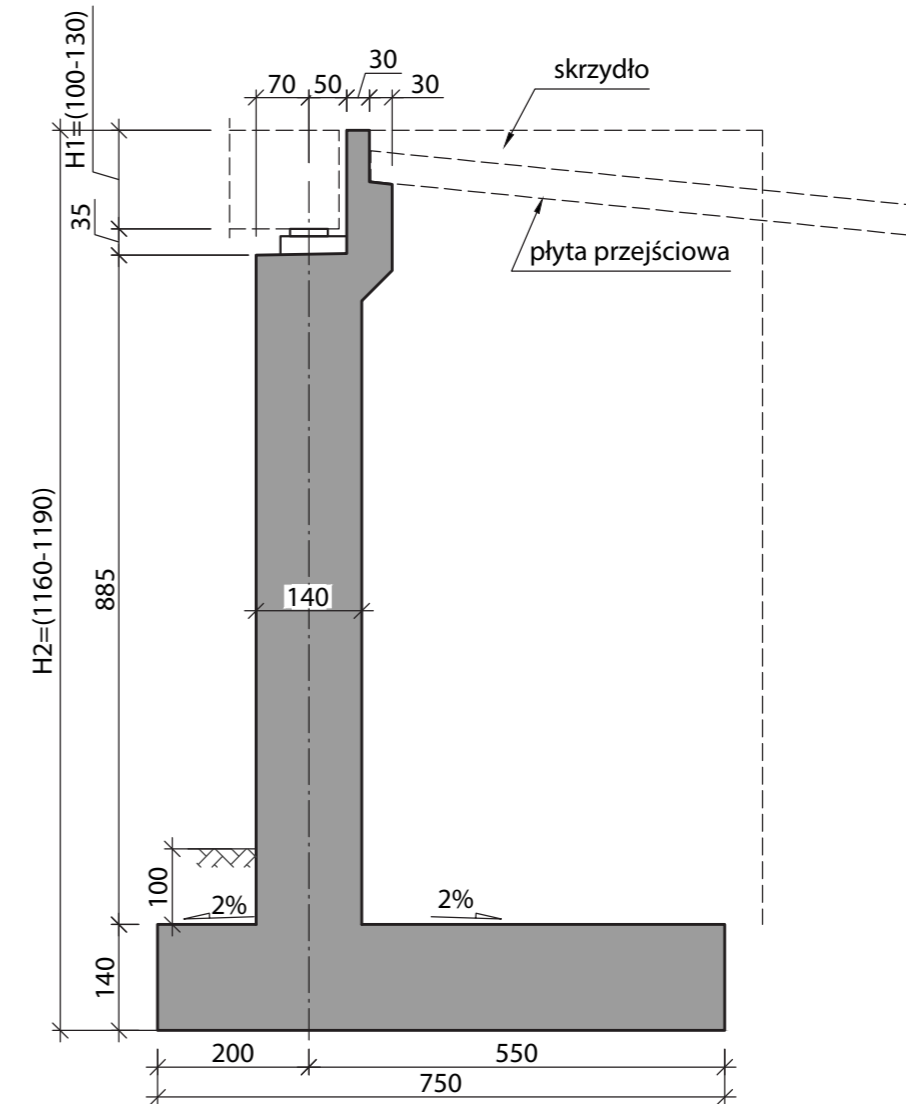
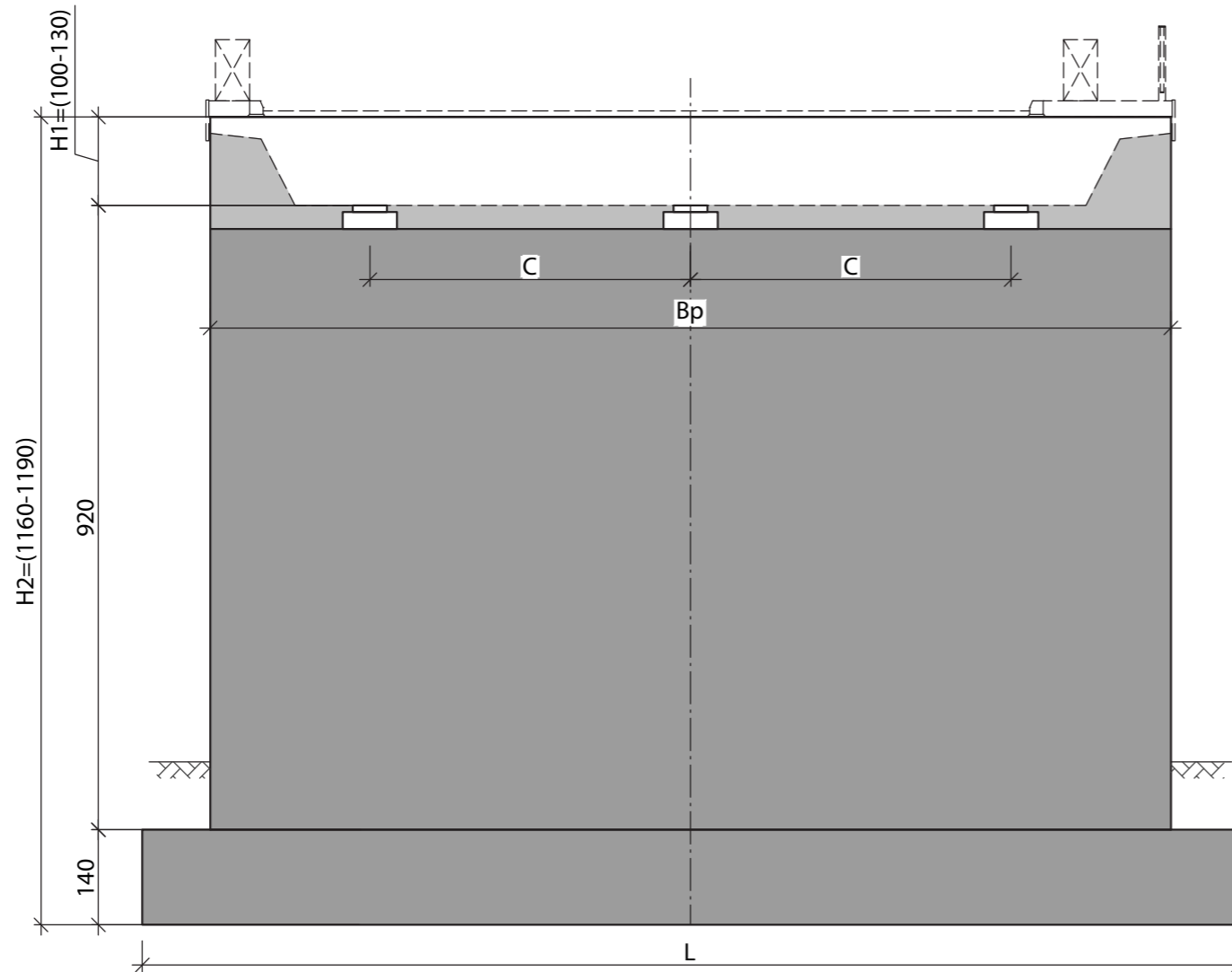
Z8-PH10

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat

typ 3

Widok z przodu

Przekrój poprzeczny



Wymiary elementów - przyczółek TYP 3					
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość przyczółka Bp [m]	Wysokość przyczółka H2 [m]		Rozstaw łóżysk C [m]	Długość ławy L [m]
		H1=1,0 [m]	H1=1,3 [m]		
		A	14.16		
S	13.16	4.39	15.0		
G/GP	13.36	4.45	15.0		
Z	12.36	4.12	14.0		
L	11.36	3.79	13.0		
D	10.86	3.62	12.5		

Zużycie materiałów - przyczółek TYP 3						
Klasa drogi na obiekcie	Korpus przyczółka				Ława fundamentowa	
	H2 = 11.6 [m]		H2 = 11.9 [m]		Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]
	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]	Beton C30/37 [m³]	Zbrojenie [kg/m³]		
A	188	68	190	69	146	64
S	175	68	176	69	137	64
G/GP	178	68	179	69	137	64
Z	164	68	165	69	127	64
L	151	68	152	69	118	64
D	144	68	145	69	114	64

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przęseł o wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej od 1,0m do 1,3m
4. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

Z8-PH11

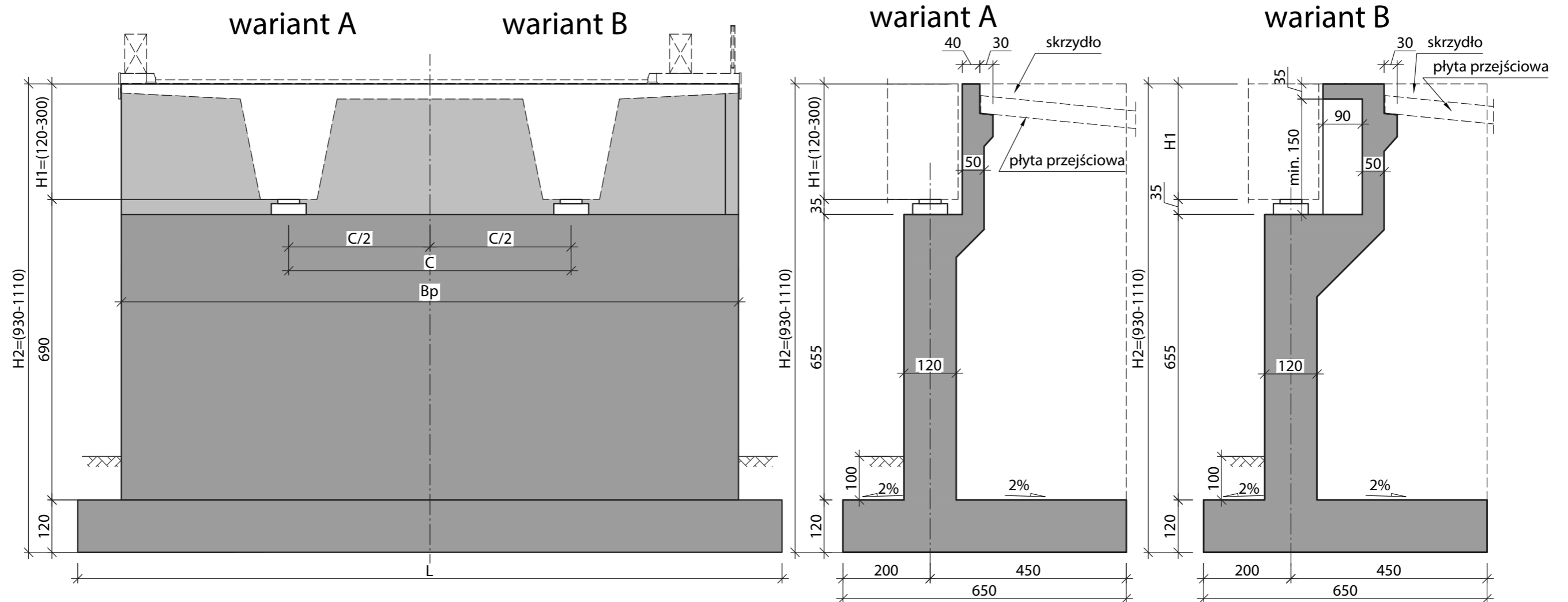
TYPOWY PRZYCZÓŁEK MASYWNY TRZYŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H = 11 m

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat

Widok z przodu

typ 4

Przekrój poprzeczny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przęsł o wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej od 1,0m do 3,0m
4. Wariant B dotyczy obiektów o wysokości konstrukcyjnej przęsła H1 min 1,50m
5. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

Zużycie materiałów - przyczółek TYP 4								
Klasa drogi na obiekcie	Korpus przyczółka						Ława fundamentowa	
	H2 = 9.3 [m]			H2 = 11.1 [m]			Beton C30/37	Zbrojenie
	Beton C30/37		Zbrojenie	Beton C30/37		Zbrojenie		
	wariant A	wariant B		wariant A	wariant B			
[m ³]	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]	
A	133	137	70	146	149	75	115	66
S	124	127	70	135	139	75	108	66
G/GP	125	129	70	137	141	75	108	66
Z	116	119	70	127	130	75	101	66
L	107	110	70	117	120	75	94	66
D	102	105	70	112	115	75	90	66

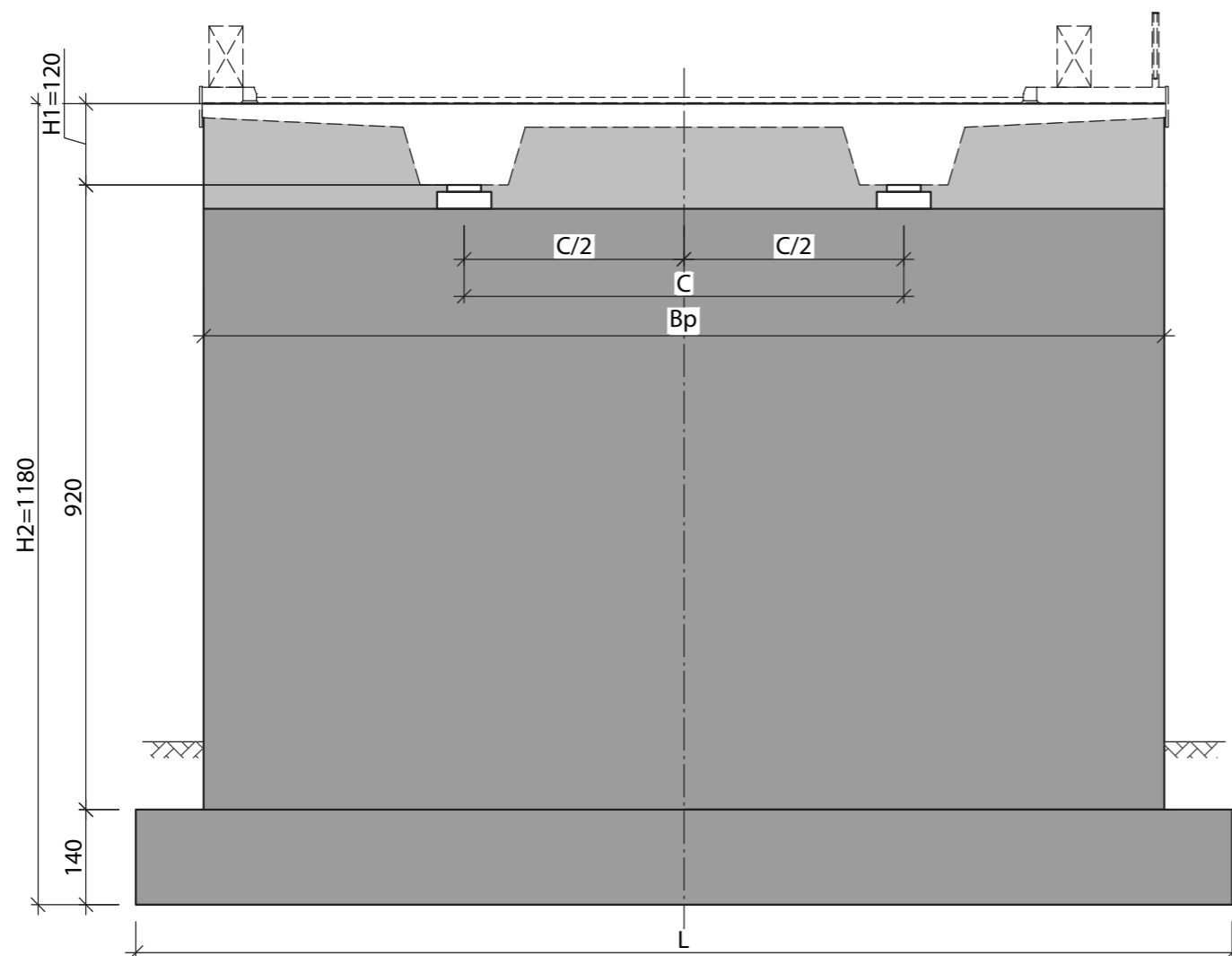
Wymiary elementów - przyczółek TYP 4					
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość przyczółka Bp [m]	Wysokość przyczółka H2 [m]		Rozstaw łóżysk C [m]	Długość ławy L [m]
		H1=1,2 [m]	H1=3,0 [m]		
		A	14.16		
S	13.16	5.90	15.0		
G/GP	13.36	5.10	15.0		
Z	12.36	4.10	14.0		
L	11.36	3.80	13.0		
D	10.86	3.80	12.5		

TYPOWY PRZYCZÓŁEK MASYWNY DWUŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H = 9-11 m

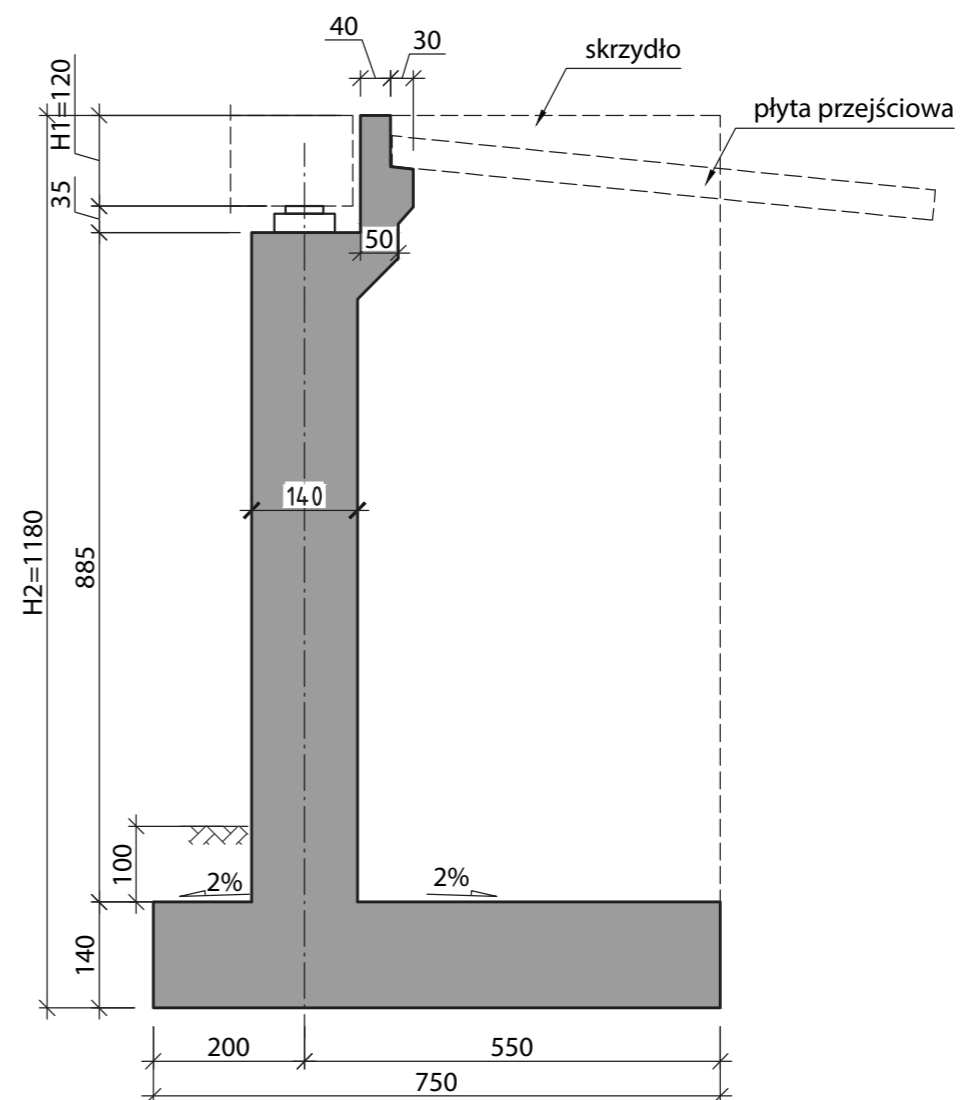
Z8-P2H9

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat typ 5

Widok z przodu



Przekrój poprzeczny



Wymiary elementów - przyczółek TYP 5				
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość przyczółka	Wysokość przyczółka	Rozstaw łożysk	Długość ławy
	Bp [m]	H2 [m]	C [m]	L [m]
A	14.16	11.8	6.90	16.0
S	13.16		5.90	15.0
G/GP	13.36		5.10	15.0
Z	12.36		4.10	14.0
L	11.36		3.80	13.0
D	10.86		3.80	12.5

Klasa drogi na obiekcie	Zużycie materiałów - przyczółek TYP 5			
	Korpus przyczółka		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37 [m ³]	Zbrojenie [kg/m ³]	Beton C30/37 [m ³]	Zbrojenie [kg/m ³]
	H2 = 11.8 [m]			
A	208	62	146	64
S	194	62	137	64
G/GP	197	62	137	64
Z	182	62	127	64
L	167	62	118	64
D	160	63	114	64

UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przęseł o rozpiętości do 20m i wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej 1,2m.
4. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

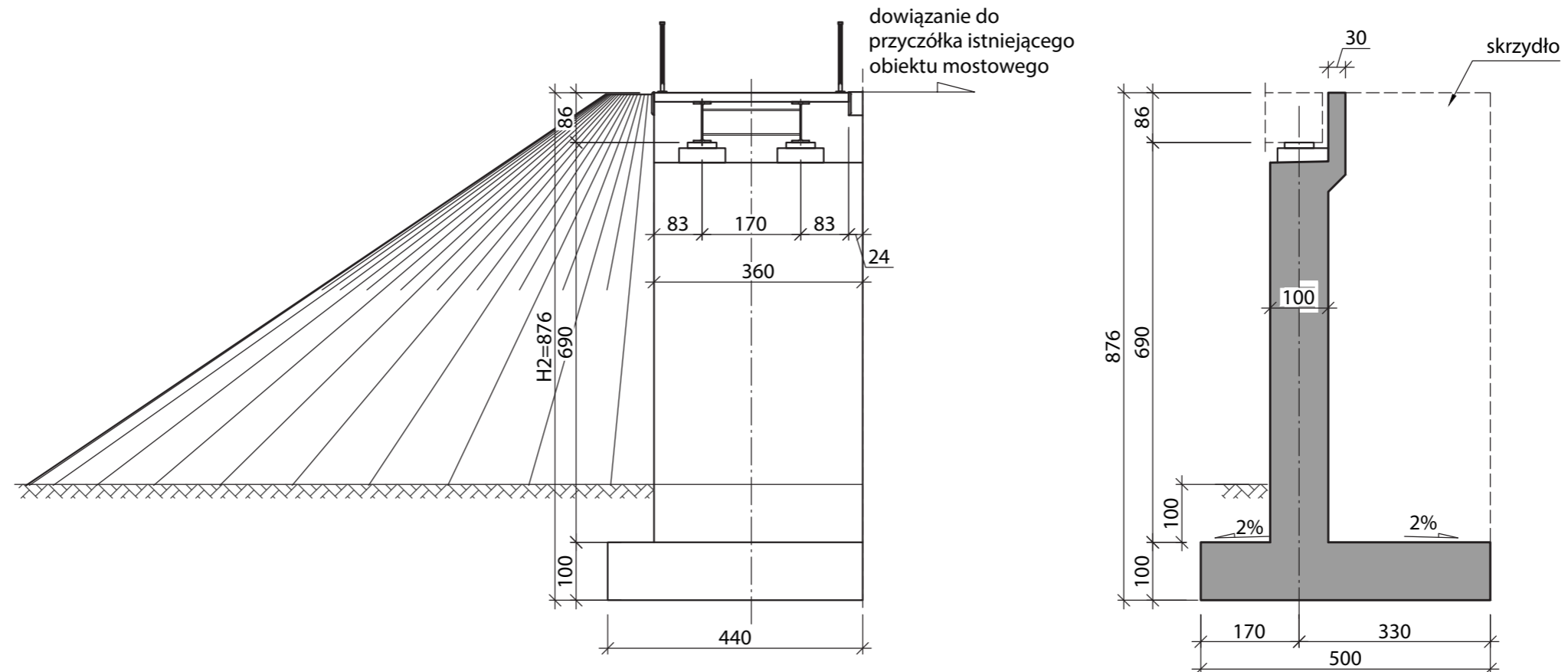
Z8-P2H11

TYPOWY PRZYCZÓŁEK MASYWNY DWUŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H = 11 m

PRZYCZÓŁKI MASYWNE - schemat typ 6

Widok z przodu

Przekrój poprzeczny



Wymiary elementów - przyczółek TYP 6			
Szerokość przyczółka	Wysokość przyczółka	Rozstaw łożysk	Długość ławy
Bp [m]	H2 [m]	C [m]	L [m]
3.36	8.76	1.70	4.40

Zużycie materiałów			
Korpus przyczółka		Ława fundamentowa	
Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
24	67	22	67

UWAGI I WYJAŚNIENIA

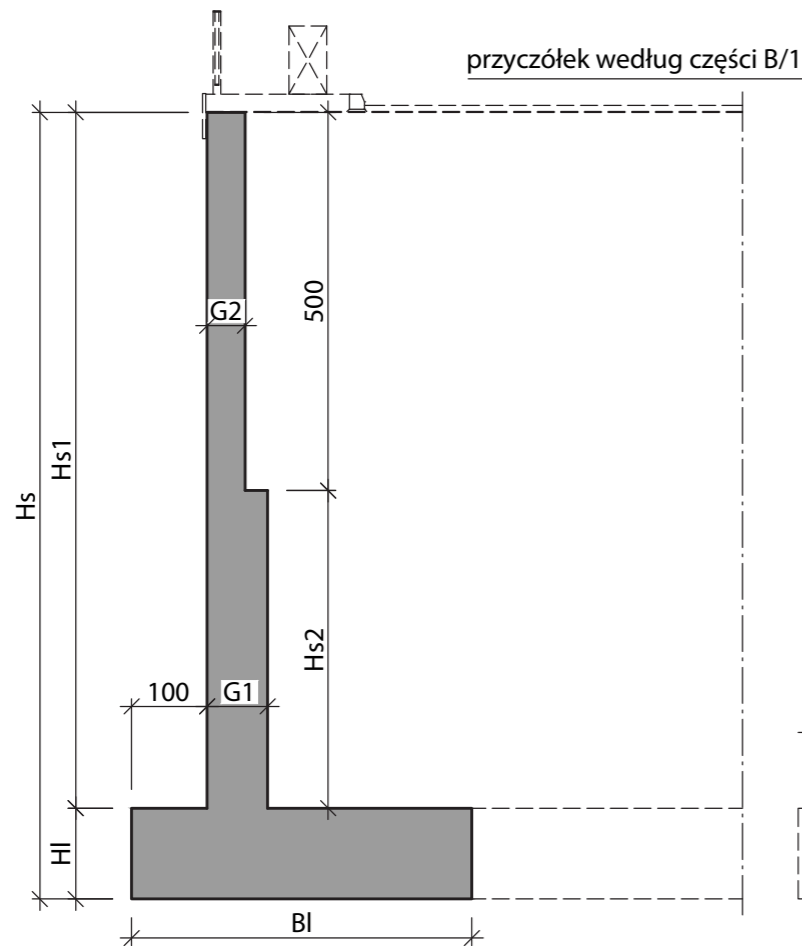
1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Skrzydła dobrać w zależności od wysokości nasypu według części Z8-SM.
3. Gabaryty przyczółka podano dla przesł kładek o wysokości konstrukcyjnej H1 wynoszącej 0,86m.
4. Podane ilości betonu i zbrojenia dotyczą korpusu przyczółka oraz ławy fundamentowej (bez skrzydeł).

TYPOWY PRZYCZÓŁEK KŁADKI DLA PIESZYCH

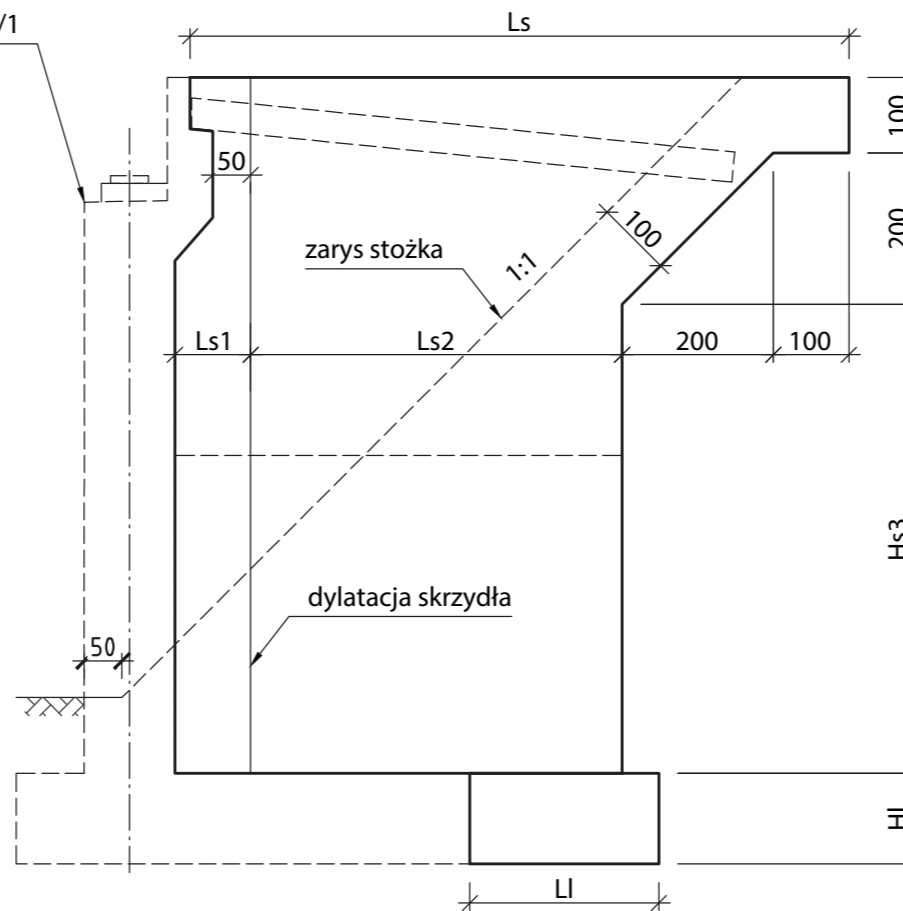
Z8-PK

SKRZYDŁO ŻELBETOWE MONOLITYCZNE STOJĄCE -
schemat

Przekrój poprzeczny

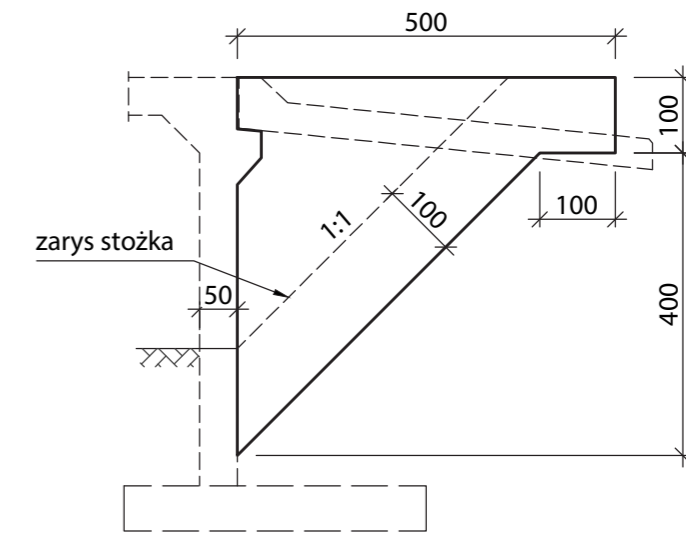


Widok z boku



SKRZYDŁO PODWIESZONE - schemat

Widok z boku



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.
2. Gabaryty skrzydła podano dla przyciółków o wysokości 9,30m, 10,4m i 11,90m, dla wysokości pośrednich należy zastosować interpolację liniową.

Wymiary elementów skrzydła

Wysokość całkowita skrzydła	Wysokości			Grubości skrzydła		Długości skrzydła			Wymiary ławy fundamentowej		
	Hs [m]	Hs1 [m]	Hs2 [m]	Hs3 [m]	G1 [m]	G2 [m]	Ls [m]	Ls1 [m]	Ls2 [m]	B1 [m]	LI [m]
9.3	8.2	3.2	5.2	0.8	0.5	7.76	1.05	3.96	4.0	2.1	1.1
10.4	9.2	4.2	6.2	0.8	0.5	8.71	1.00	4.91	4.5	2.5	1.2
11.9	10.5	5.5	7.5	1.0	0.6	9.91	0.90	6.11	5.0	2.8	1.4

Zużycie materiałów - skrzydło stojące

Wysokość całkowita skrzydła	Skrzydło		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
Hs [m]	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
9.3	28	108	9	69
10.4	37	114	14	62
11.9	63	100	20	56

Zużycie materiałów - skrzydło podwieszane grubość 0,5m

Beton C30/37	Zbrojenie
[m ³]	[kg/m ³]
7	66

Z8-SM TYPOWE SKRZYDŁO ŻELBETOWE MONOLITYCZNE

Zeszyt Z9

FILARY MOSTOWE





Z9 Filary mostowe

Z9-1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania są typowe rozwiązania filarów mostowych o konstrukcji słupowej oraz pełnościennej.

Z9-2. OPIS TECHNICZNY

Z9-2.1. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY TECHNICZNE OBIEKTÓW

Podział filarów ustalono w zależności od wysokości przeszkody oraz typu konstrukcji przęsła opartego na filarze. Wysokość przeszkody jest tutaj odległością od poziomu terenu przy filarze do spodu konstrukcji przęsła. Przyjęto grubość obsypania fundamentu filara równą 1 m.

Tab. Z9-1. Podział filarów

Filar	Wysokość przeszkody [m]	Rodzaj skrajni pod obiektem	Typ konstrukcji przęsła (dotyczy przedstawionych w niniejszym katalogu)
Filar P1 (pełnościenny)	5,90	drogowa	Wszystkie typy o konstrukcji niewrażliwej na uderzenie pojazdu oparte na trzech łożyskach.
Filar P2 (pełnościenny)	6,90	drogowa	Przęsła o konstrukcji wrażliwej na uderzenie pojazdu, oparte na trzech łożyskach.
Filar P3 (pełnościenny)	5,90	drogowa	Przęsła belkowe sprężone oparte na dwóch łożyskach.
Filar S1 (słupowy)	5,90	drogowa	Wszystkie typy o konstrukcji niewrażliwej na uderzenie pojazdu oparte na trzech łożyskach.
Filar S2 (słupowy)	6,90	drogowa	Przęsła o konstrukcji wrażliwej na uderzenie pojazdu oparte na trzech łożyskach.
Filar S3 (słupowy)	5,90	drogowa	Przęsła belkowe sprężone oparte na dwóch łożyskach.
Filar S4 (słupowy)	6,90	drogowa	Przęsła kładek dla pieszych oparte na dwóch łożyskach.

Szerokość filara pełnościennego (rozstaw słupów) zmienia się w zależności od klasy drogi na obiekcie, zgodnie z Tab. Z9-2. Szczegółowe wymiary podano w części rysunkowej. Obciążenie obiektów mostowych należy przyjąć zgodnie z [7].

Tab. Z9-2. Klasy obciążeń pojazdami samochodowymi.

Klasa drogi	Klasa obciążenia pojazdami samochodowymi
A, S, GP, G	Klasa I
Z, L, D	Klasa II

Z9-2.2. UKŁAD KONSTRUKCYJNY

Zeszyt zawiera rozwiązania żelbetonowych filarów słupowych: o dwóch słupach dla konstrukcji sprężonych na budowie, jednosłupowych dla kładek i o trzech słupach dla pozostałych konstrukcji. Alternatywnie do podpór słupowych zaproponowano filary pełnościenne o zróżnicowanej liczbie łożysk (w zależności od konstrukcji przęsła).

Z9-2.3. WARUNKI I SPOSÓB POSADOWIENIA

Warunki i sposób posadowienia należy dobrać lub zaprojektować w zależności od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych w miejscu planowanego zamierzenia. W przypadku stwierdzenia na efektywnej głębokości podłoża takich samych bądź lepszych parametrów gruntowych od przedstawionych w punkcie Z9-3.5 można zastosować podane w katalogu wymiary fundamentów bezpośrednich.

Z9-2.4. ROZWIĄZANIA ZASADNICZYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA

Zasadnicze elementy wyposażenia należy zaprojektować zgodnie z obowiązującymi aktami prawa [2] i [3] oraz standardami.

Zalecane elementy wyposażenia są łożyska mostowe. Należy je stosować zależnie od konstrukcji obiektu zgodnie z rozwiązaniami przedstawionymi w częściach dotyczących rozwiązań przęsła.

Z9-3. WYCIĄG Z OBLICZEŃ STATYCZNO WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Z9-3.1. PODSTAWA OBLICZEŃ

Z9-3.1.1. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE DO OBLICZEŃ

Obciążenia ruchome obiektów mostowych przyjęto według [7]. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1 dla poszczególnych klas obciążenia pojazdami samochodowymi przyjęto według Tab. Z9-3.

Tab. Z9-3. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM1

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze					
	α_{Q1}	$\alpha_{Q1, i \geq 2}$	α_{Q2}	α_{Q2}	$\alpha_{Q1, i \geq 2}$	α_{Qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Z9-3.1.2. MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE

Właściwości materiałów konstrukcyjnych przyjęto zgodnie z [8] i [9].

Filary zostały zaprojektowane z betonu klasy C30/37 zbrojonego prętami ze stali o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla materiałów w stanach granicznych nośności przyjęto równe: dla betonu $\gamma_c = 1,4$, dla stali $\gamma_s = 1,15$.

Klasy ekspozycji betonu ze względu na warunki środowiskowe przyjęto według [8], tak jak w Tab. Z9-4.

Tab. Z9-4. Klasy ekspozycji elementów konstrukcji

Element konstrukcji	Klasy ekspozycji	Minimalna klasa wytrzymałości betonu wymagana ze względu na klasę ekspozycji
Korpus filara	XC4, XD1, XF2	C30/37
Ława fundamentowa	XC2, XA1	C30/37

Do wymiarowania elementów konstrukcyjnych filara przyjęto minimalną wymaganą wielkość otulenia betonem dla tych klas ekspozycji wynoszącą:

- dla korpusu filara $c_{\min} = 50 \text{ mm}$,
- dla ławy fundamentowej $c_{\min} = 70 \text{ mm}$.

Z9-3.1.3. OBCIĄŻENIA

W modelu uwzględniono następujące obciążenia działające na filar:

- ciężar własny podpory,
- ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu,
- siły pionowe z przęsła od obciążeń stałych i ruchomych,
- siły poziome od tarcia w łożyskach (dla łożyska przesuwne na podporze),
- siły poziome od hamowania na przęsle (dla łożyska stałego na podporze),
- oddziaływania termiczne,
- reologia (pełzanie i skurcz betonu).

Tab. Z9-5. Wartości obciążeń przyjęte w modelu

Lp.	Obciążenie	Wartość	Jednostka	Uwagi
1	Ciężar własny betonu	25	kN/m ³	Beton zbrojony
2	Ciężar gruntu na odsadzkach fundamentu	18,5	kN/m ³	Przyjęto wysokość gruntu na odsadźce od strony przeszkody równą 1 m.
4	Siły pionowe z przęsła od obciążeń stałych i ruchomych	V_z	kN	Wartości sił z przęseł przyjęto według części katalogu dotyczących obliczeń przęseł.
5	Siły poziome od hamowania na przęsle (dla łożyska stałego na podporze)	H_x		
6	Siły poziome od tarcia w łożyskach (dla łożyska przesuwne na podporze)	H_t	kN	Dla każdego typu filara uwzględniono maksymalną mogącą wystąpić wartość.
7	Temperatura	$\Delta T=5$	°C	Liniowa różnica temperatury pomiędzy przeciwległymi powierzchniami zewnętrznymi betonu korpusu filara.

Z9-3.2. METODOLOGIA OBLICZEŃ

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych przy założeniu sprężystej pracy konstrukcji.

W stanach granicznych nośności konstrukcję filarów sprawdzono ze względu na wytrzymałość materiałową (STR), stateczność ogólną (EQU) oraz nośność posadowienia (GEO). W obliczeniach stanu granicznego nośności zastosowano obciążenia z kombinacji obliczeniowej.

W stanach granicznych użytkowania konstrukcję sprawdzono ze względu na ograniczenie naprężeń w betonie i w stali zbrojeniowej oraz dopuszczalne rozwarości rys.

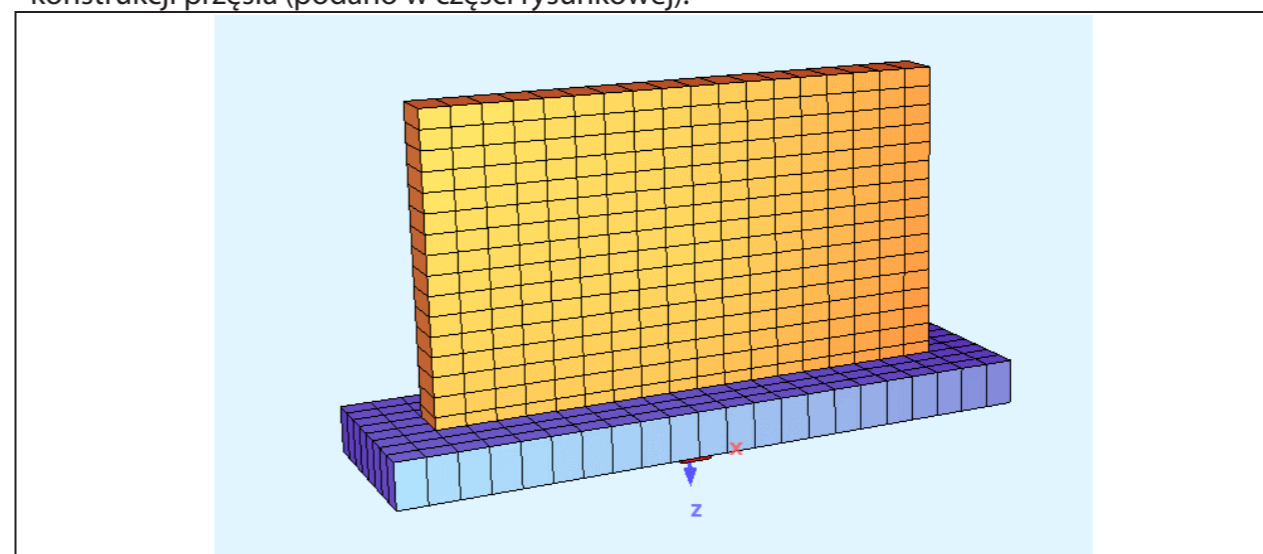
W obliczeniach ograniczenia naprężeń zastosowano obciążenia z kombinacji charakterystycznej, natomiast do sprawdzenia rozwarcia rys z kombinacji prawie stałej.

Z9-3.3. MODEL OBLICZENIOWY

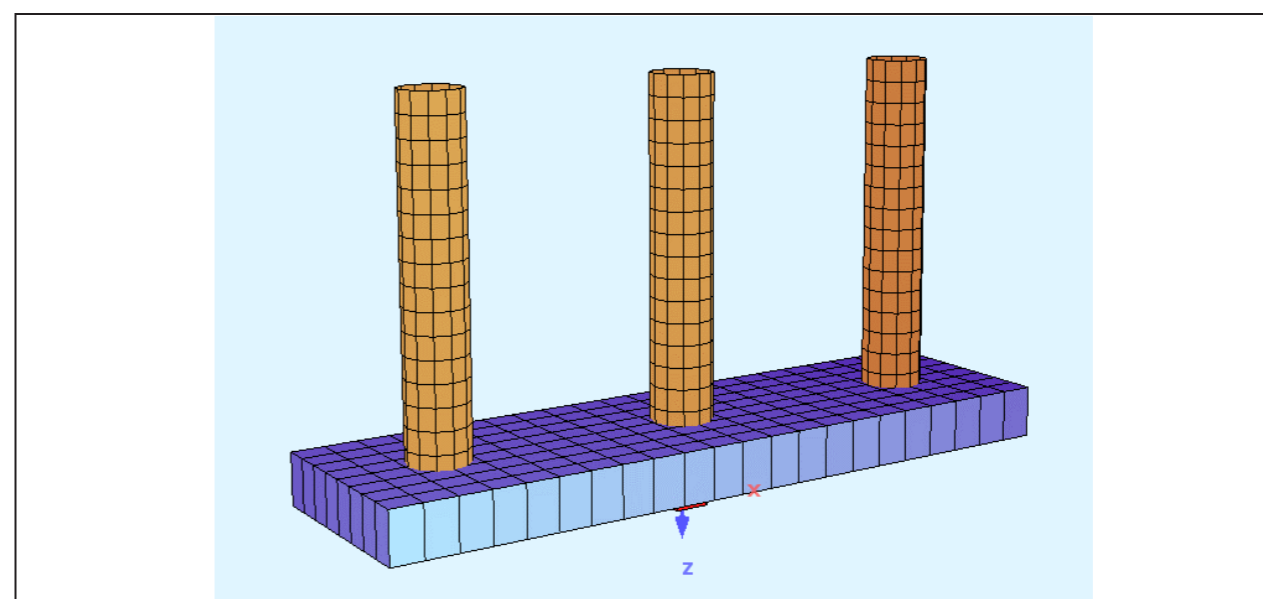
Model filarów został wygenerowany za pomocą elementów dwuwymiarowych opisanych w przestrzeni trójwymiarowej (e2p3). Ławę fundamentową oraz korpus filara ścianowego zamodelowano jako elementy powierzchniowe (QUAD) o określonej grubości, natomiast słupy za pomocą elementów belkowych (BEAM). Obliczenia zbrojenia, sprawdzenie rys i naprężeń wykonano, modelując filar posadowiony bezpośrednio na ławie fundamentowej

podpartej sprężystości. Wymiary ławy fundamentowej w modelu zostały przyjęte według obliczeń posadowienia.

Wymiary elementów filarów zmieniają się w zależności od jego wysokości i typu konstrukcji przęsła (podano w części rysunkowej).



Rys. Z9-1. Wizualizacja modelu obliczeniowego filara pełnościennego



Rys. Z9-2. Wizualizacja modelu obliczeniowego filara słupowego

Z9-3.4. KOMBINACJE

Dla każdego typu filara przedstawionego w części rysunkowej (z uwzględnieniem klasy drogi na obiekcie) przeprowadzono obliczenia dla następujących kombinacji:

- kombinacja obliczeniowa STR/GEO – wymiarowanie korpusu filara, ławy fundamentowej, zestawienie reakcji do obliczeń posadowienia,
- kombinacja obliczeniowa EQU – zestawienie reakcji do obliczeń stateczności ogólnej,
- kombinacja charakterystyczna – sprawdzenie warunku ograniczenia naprężeń ściskających w betonie do wartości $0,6 \cdot f_{ck}$ oraz naprężeń rozciągających w stali zbrojeniowej do wartości $0,8 \cdot f_{yk}$,
- kombinacja prawie stała – ograniczenie rozwarcia rys do wartości $w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$.

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji obliczeniowych (STR/GEO i EQU) obliczono ze wzoru (6.10) [4].

Wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji STR/GEO wyznaczono przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (B), a wartości obliczeniowe oddziaływań dla kombinacji EQU wyznaczono przyjmując współczynniki γ według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.4 (A).

Wartości efektów oddziaływań dla kombinacji charakterystycznej obliczono ze wzoru (6.14b) [4], a wartości efektów oddziaływań dla kombinacji prawie stałej obliczono ze wzoru (6.16b) [4].

Wartości współczynników jednoczesności ψ przyjęto zgodnie z [4] według załącznika krajowego do [4], załącznik A2, tablica A2.1.

Obliczenia kombinacji obciążeń w modelu były wykonywane za pomocą programu obliczeniowego, w którym każde z obciążeń zmiennych było kolejno brane pod uwagę jako obciążenie wiodące z pozostałymi obciążeniami zmiennymi jako towarzyszącymi. Z tak obliczonych wartości sił przekrojowych i reakcji zostały wybrane wartości ekstremalne oraz odpowiednie towarzyszące.

Z9-3.5. OBLICZENIA POSADOWIENIA

Nośność posadowienia obliczono przy założeniu posadowienia obiektu na piasku średnim o parametrach, tak jak w Tab. Z9-6.

Tab. Z9-6. Parametry gruntu w poziomie posadowienia ławy

Stopień zagęszczenia	$I_D = 0,50$
Kąt tarcia wewnętrznego	$\varphi = 33^\circ$
Spójność	$c_u = 0$
Ciężar objętościowy	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (ogólnej)	$M_0 = 95\,000 \text{ kPa}$

Zgodnie z zaleceniami [4] i [13] przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności (GEO):

- określenie nośności podłoża na wypieranie gruntu spod fundamentu,
- określenie nośności podłoża na przesunięcie (poślizg),

zastosowano podejście obliczeniowe 2, tj. zestaw współczynników częściowych $A1 + M1 + R2$.

Ławę fundamentową sprawdzono również na obrót w stanie granicznym nośności (GEO) i stateczności (EQU). Wartości współczynników częściowych odczytano z [4] i [13].

Nośność fundamentów wyznaczono metodą analityczną według załącznika D do [13].

Obliczenia wykazały, że posadowienie filarów przedstawionych w niniejszym katalogu spełnia warunki nośności oraz stateczności.

Z9-3.6. WYNIKI PODSTAWOWYCH OBLICZEŃ

Po przeprowadzonych obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych zaprojektowano wszystkie typy filarów, określając ich gabaryty i wymagane zbrojenie. W Tab. Z9-7 zestawiono maksymalne wartości momentów zginających w korpusie filara przy połączeniu z ławą fundamentową.

Tab. Z9-7. Moment zginający-filar P1

Klasa obciążenia obiektu	Moment zginający [kNm]
Klasa I (A, S, GP, G)	7566
Klasa II (Z, L, D)	6435

Z9-3.7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Obliczone filary spełniają wymagania normowe w zakresie stanów granicznych nośności i użyteczności dla odpowiadających klas obciążeń.

Z9-4. WYMAGANIA MATERIAŁOWE

W zakresie materiału należy stosować wymagania zgodnie z częścią II katalogu.

Z9-5. WYMAGANIA TECHNOLOGICZNE

Wymagania technologiczne dla elementów żelbetowych należy przyjąć zgodnie z częścią II katalogu.

Z9-6. ZESTAWIENIE PODSTAWOWYCH MATERIAŁÓW (WSKAŹNIKI)

Na podstawie przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej otrzymano wskaźnikowe zużycie materiałów. Wskaźniki zużycia materiału odnoszono do materiałów konstrukcyjnych: betonu i stali zbrojeniowej. Zostały one podane dla wszystkich klas dróg. Zestawienie wskaźnikowe odbywa się na dwóch wartościach:

- całkowite zużycie materiału dla danego rodzaju elementu- m^3 ;
- zużycie materiału dla danego rodzaju elementu w odniesieniu do m^3 konstrukcji- kg/m^3 .

Wartości wskaźników wraz z wymiarami konstrukcji przedstawiono w tabelach zamieszczonych na poszczególnych kartach w części rysunkowej.

W zależności od przyjętych przez projektanta założeń podane parametry mogą się różnić. Nie powinny jednak odbiegać poza zakres $\pm 5\%$.

Z9-7. CZĘŚĆ RYSUNKOWA

- Z9-FP1 Typowy filar pełnościenny trzy łożyskowy o wysokości $h = 7 \text{ m}$
- Z9-FP2 Typowy filar pełnościenny trzy łożyskowy o wysokości $h = 8 \text{ m}$
- Z9-FP3 Typowy filar pełnościenny dwu łożyskowy o wysokości $h = 7 \text{ m}$
- Z9-FS1 Typowy filar trzy słupowy o wysokości $h = 7 \text{ m}$
- Z9-FS2 Typowy filar trzy słupowy o wysokości $h = 8 \text{ m}$
- Z9-FS3 Typowy filar dwu słupowy o wysokości $h = 7 \text{ m}$
- Z9-FSK Typowy filar kładki dla pieszych

FILARY PEŁNOŚCIENNE - P1 - schemat

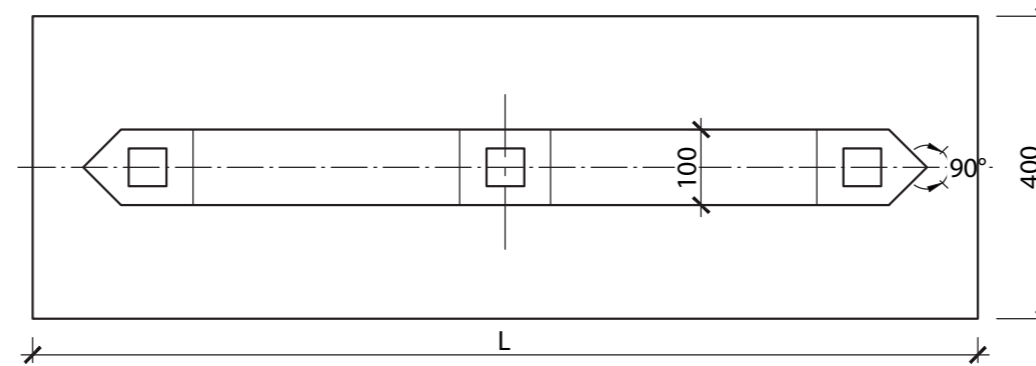
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o $ID=0,5$, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

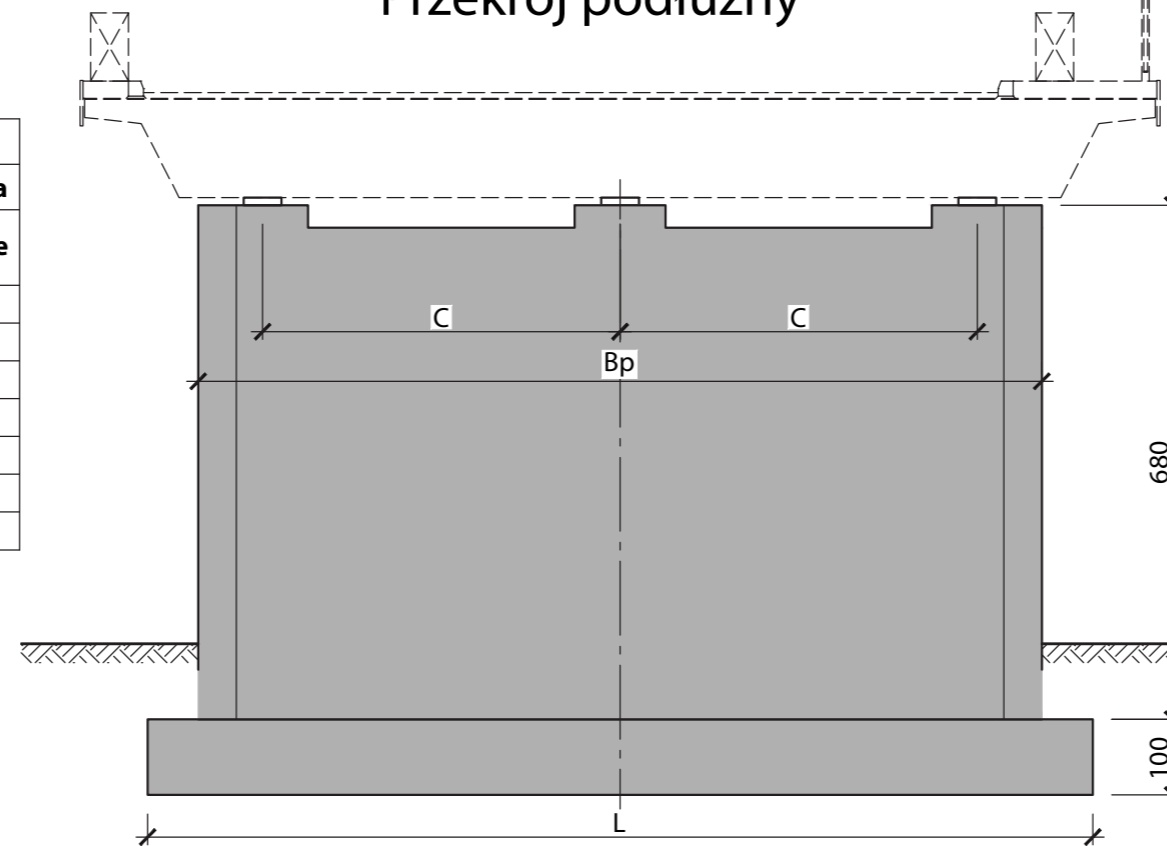
Wymiary elementów - filary P1			
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość filara	Rozstaw łożysk	Długość ławy
	Bp [m]	C [m]	L [m]
A	11.16	4.73	12.5
S	10.48	4.39	12.0
G/GP	10.60	4.45	12.0
Z	9.94	4.12	11.5
L	9.28	3.79	11.0
D	8.94	3.62	10.5

Zestawienie materiałów - filary P1				
Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	70	80	50	73
S	66	80	48	73
G/GP	67	78	48	73
Z	62	78	46	73
L	58	77	44	73
D	56	77	42	73

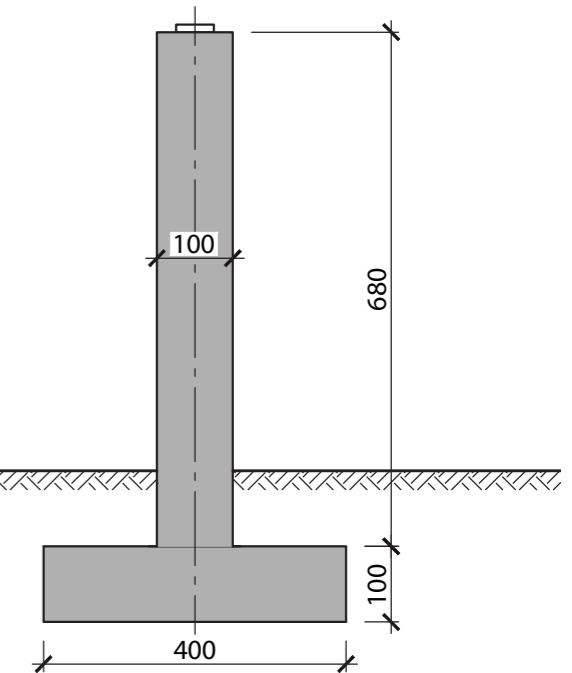
Widok z góry



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny

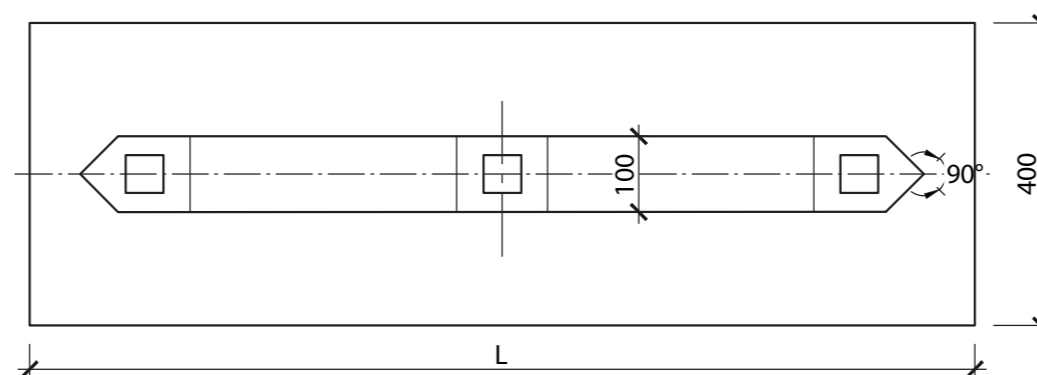


Z9-FP1

TYPOWY FILAR PEŁNOŚCIENNY TRZYŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H=7m

FILARY PEŁNOŚCIENNE - P2 - schemat

Widok z góry



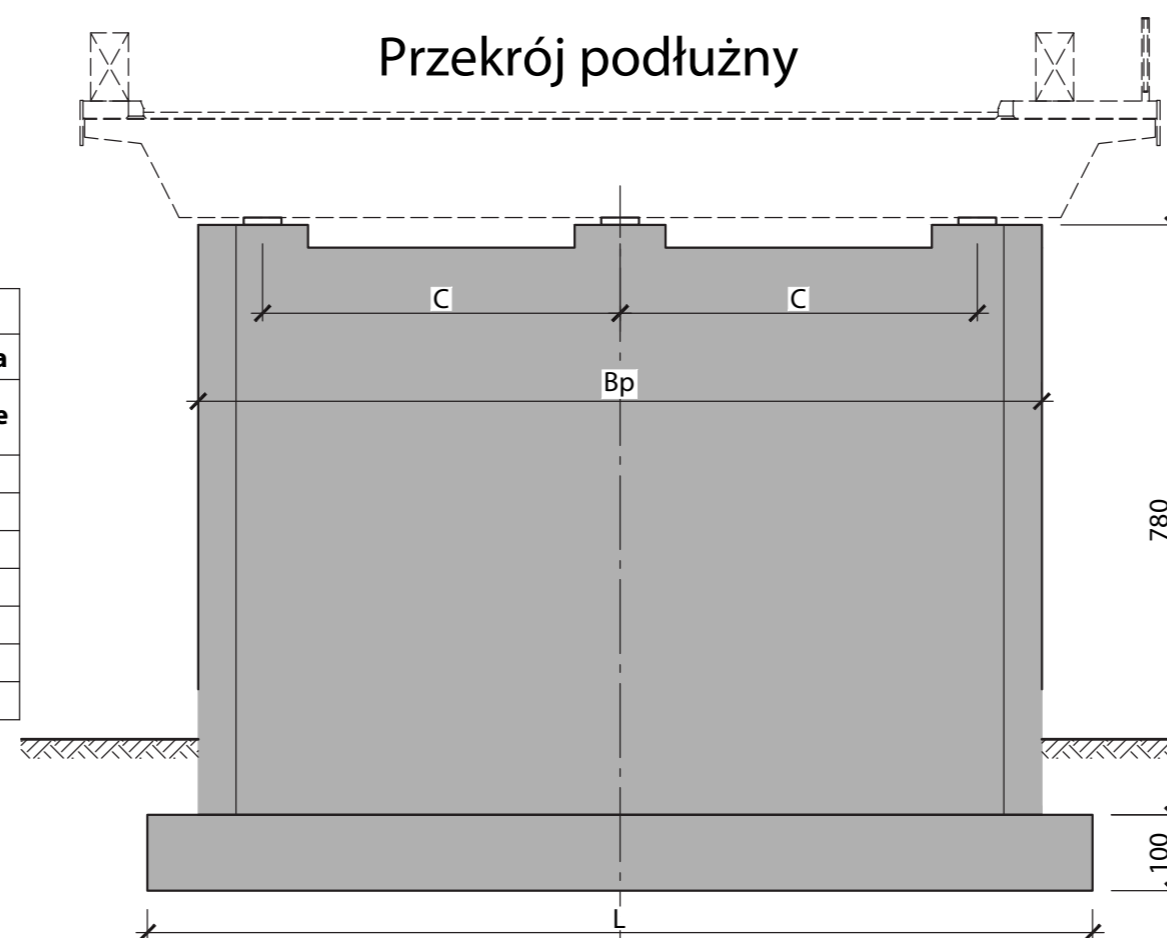
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o $ID=0,5$, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

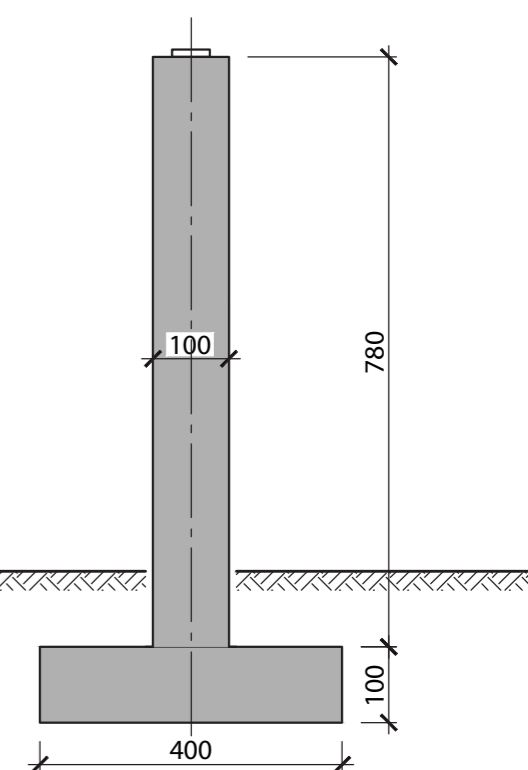
Wymiary elementów - filary P2			
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość filara	Rozstaw łożysk	Długość ławy
	Bp [m]	C [m]	L [m]
A	11.16	4.73	12.5
S	10.48	4.39	12.0
G/GP	10.60	4.45	12.0
Z	9.94	4.12	11.5
L	9.28	3.79	11.0
D	8.94	3.62	10.5

Zestawienie materiałów - filary P2				
Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	81	88	50	78
S	76	88	48	78
G/GP	77	86	48	78
Z	72	86	46	78
L	67	84	44	78
D	64	84	42	78

Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny



TYPOWY FILAR PEŁNOŚCIENNY TRZYŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI $H=8m$

Z9-FP2

FILARY PEŁNOŚCIENNE - P3 - schemat

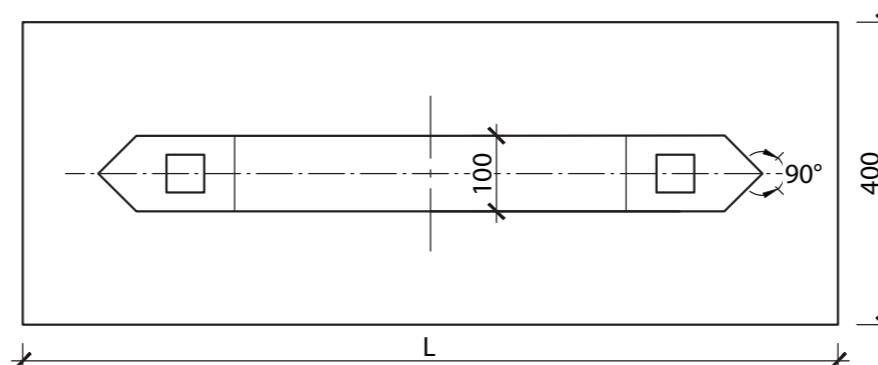
UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o $ID=0,5$, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

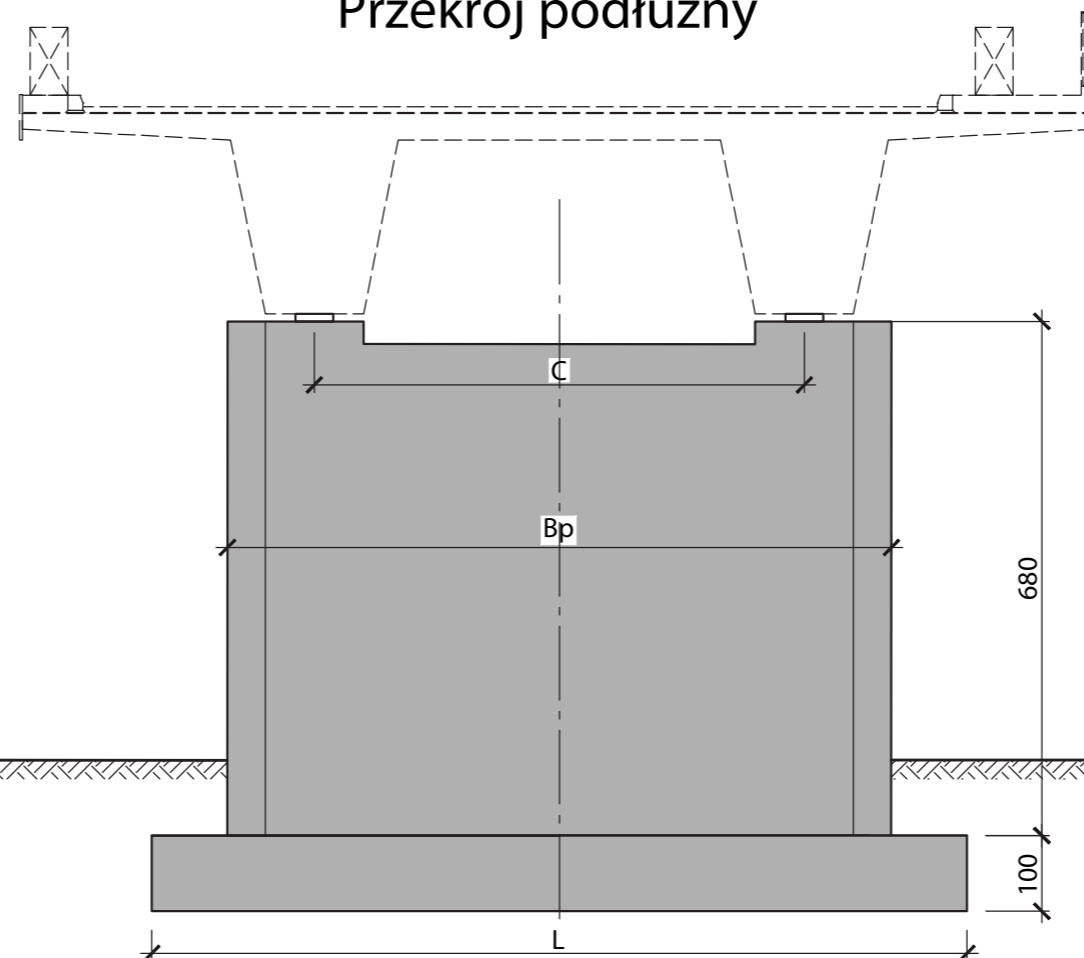
Klasa drogi na obiekcie	Szerokość filara	Rozstaw łożysk	Długość ławy
	Bp [m]	C [m]	L [m]
A	9.2	6.9	11.2
S	8.2	5.9	10.2
G/GP	7.4	5.1	9.4
Z	6.4	4.1	8.4
L	6.1	3.8	8.1
D	6.1	3.8	8.1

Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	53	112	45	82
S	47	112	41	82
G/GP	42	118	38	83
Z	35	118	34	83
L	33	120	32	78
D	33	120	32	78

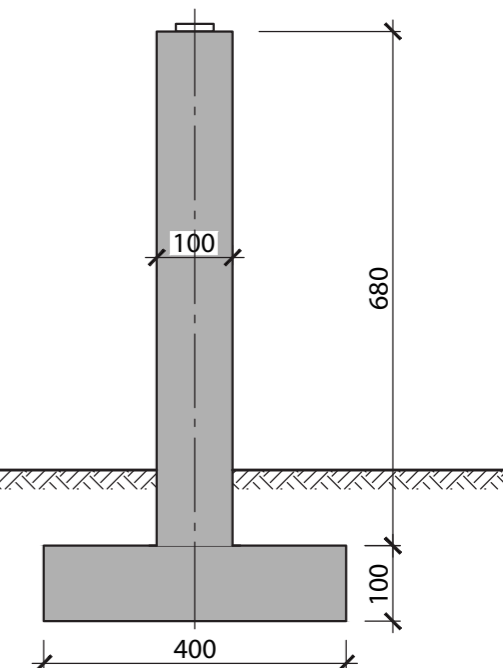
Widok z góry



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny

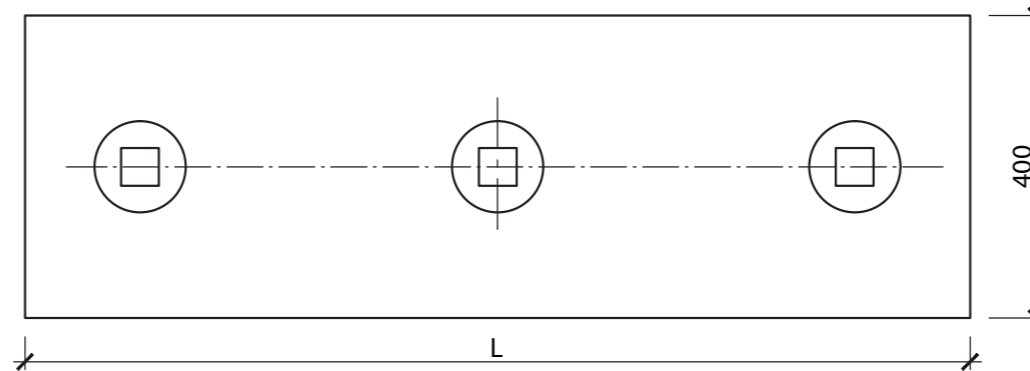


Z9-FP3

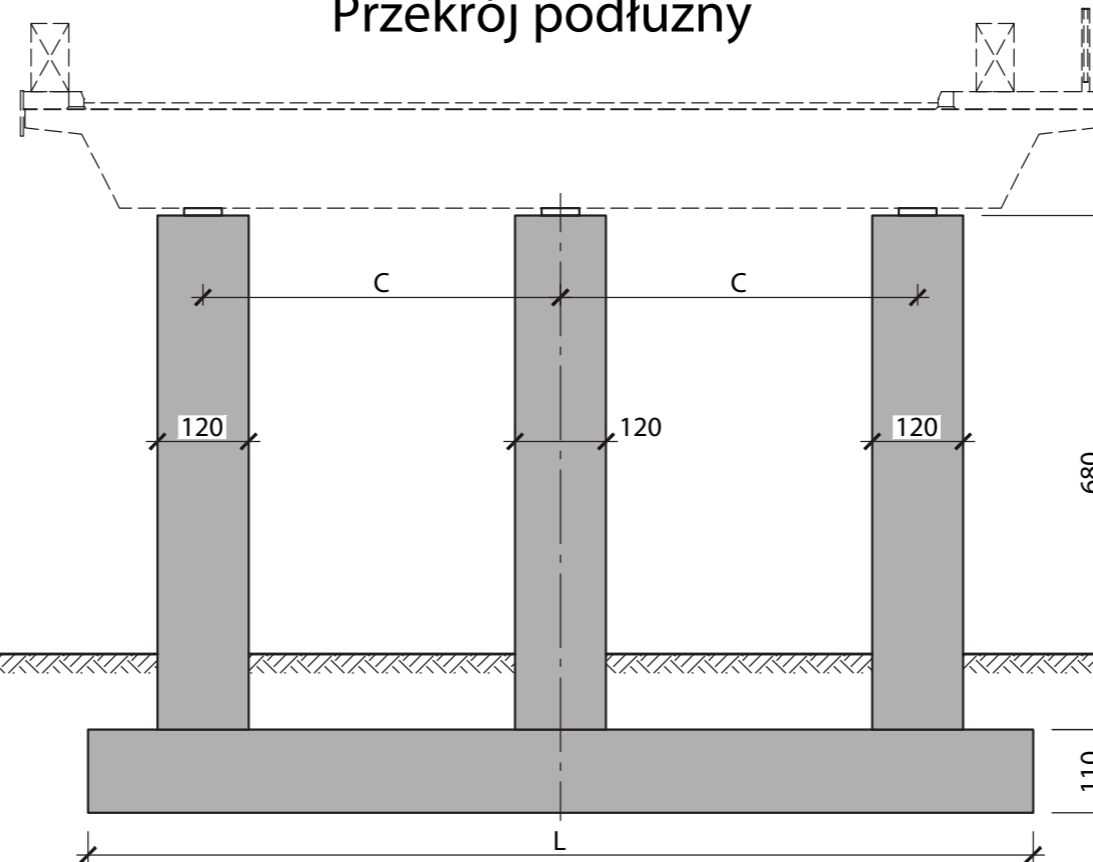
TYPOWY FILAR PEŁNOŚCIENNY DWUŁOŻYSKOWY O WYSOKOŚCI H=7m

FILARY SŁUPOWE - S1 - schemat

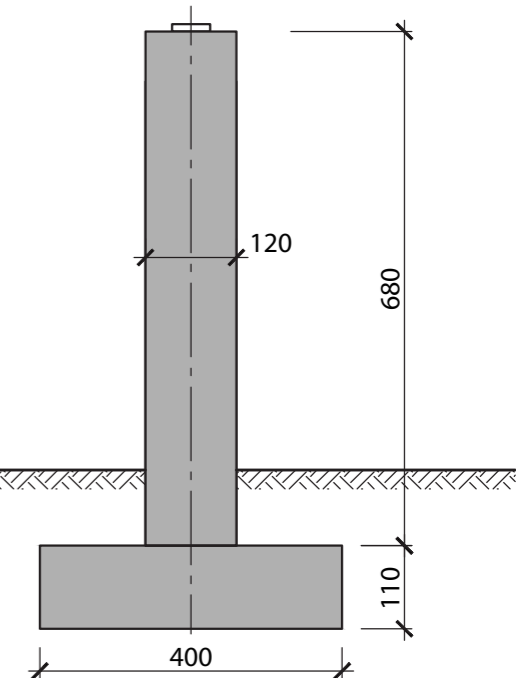
Widok z góry



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

Wymiary elementów - filary S1

Klasa drogi na obiekcie	Średnica słupa filara	Rozstaw słupów	Długość ławy
	D [m]	C [m]	L [m]
A	1.2	4.73	12.5
S		4.39	12.0
G/GP		4.45	12.0
Z		4.12	11.5
L		3.79	11.0
D		3.62	10.5

Zestawienie materiałów - filary S1

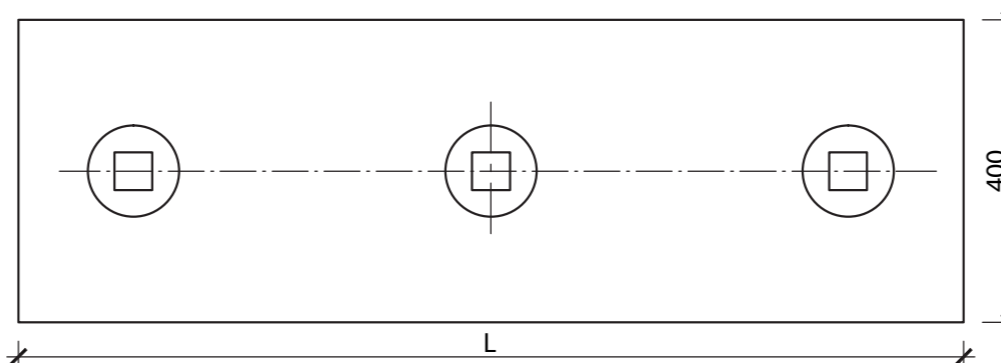
Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	23	183	55	78
S		183	53	78
G/GP		183	53	78
Z		177	51	78
L		171	48	74
D		171	46	74

TYPOWY FILAR TRZYSŁUPOWY O WYSOKOŚCI H=7m

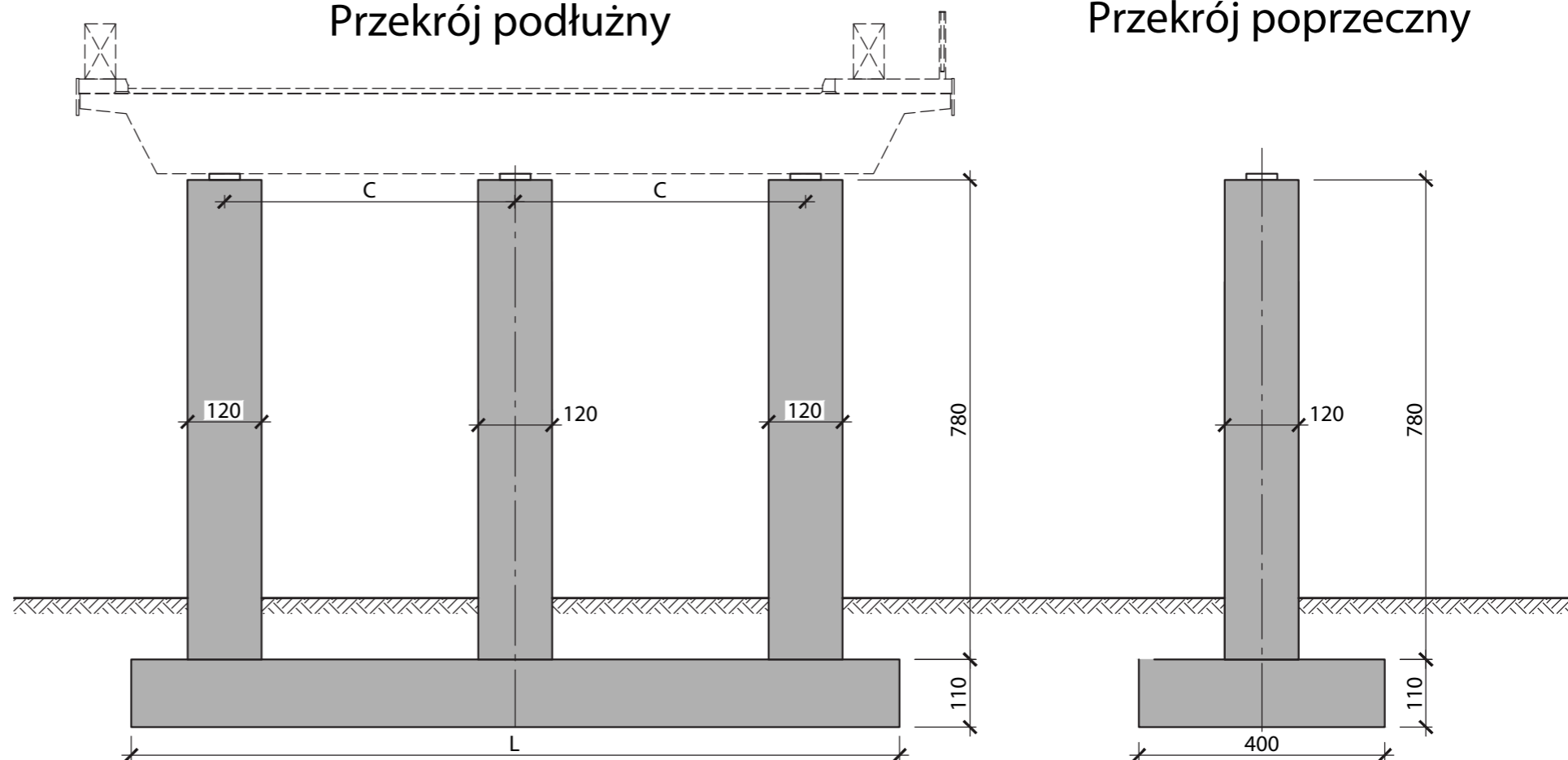
Z9-FS1

FILARY SŁUPOWE - S2 - schemat

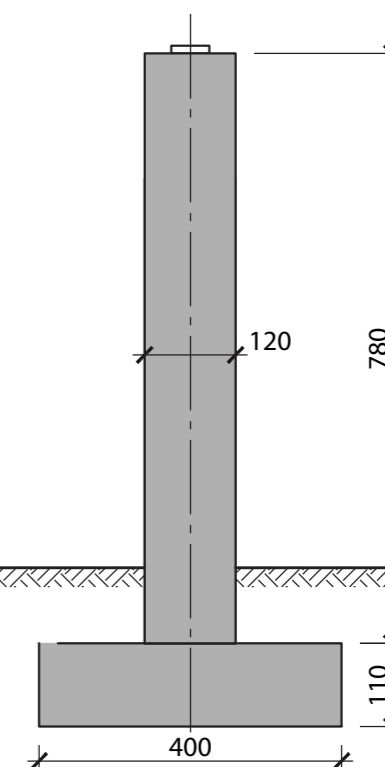
Widok z góry



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o ID=0,5, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

Wymiary elementów - filary S2

Klasa drogi na obiekcie	Średnica słupa filara	Rozstaw słupów	Długość ławy
	D [m]	C [m]	L [m]
A	1.2	4.73	12.5
S		4.39	12.0
G/GP		4.45	12.0
Z		4.12	11.5
L		3.79	11.0
D		3.62	10.5

Zestawienie materiałów - filary S2

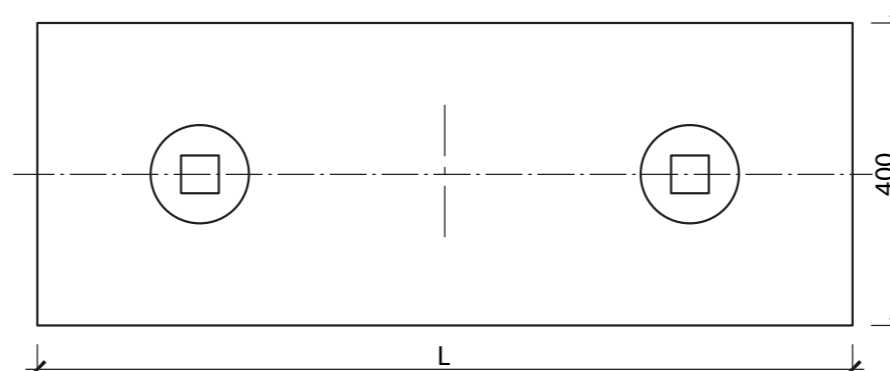
Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	26	205	55	79
S		205	53	79
G/GP		205	53	79
Z		202	51	79
L		198	48	79
D		198	46	79

Z9-FS2

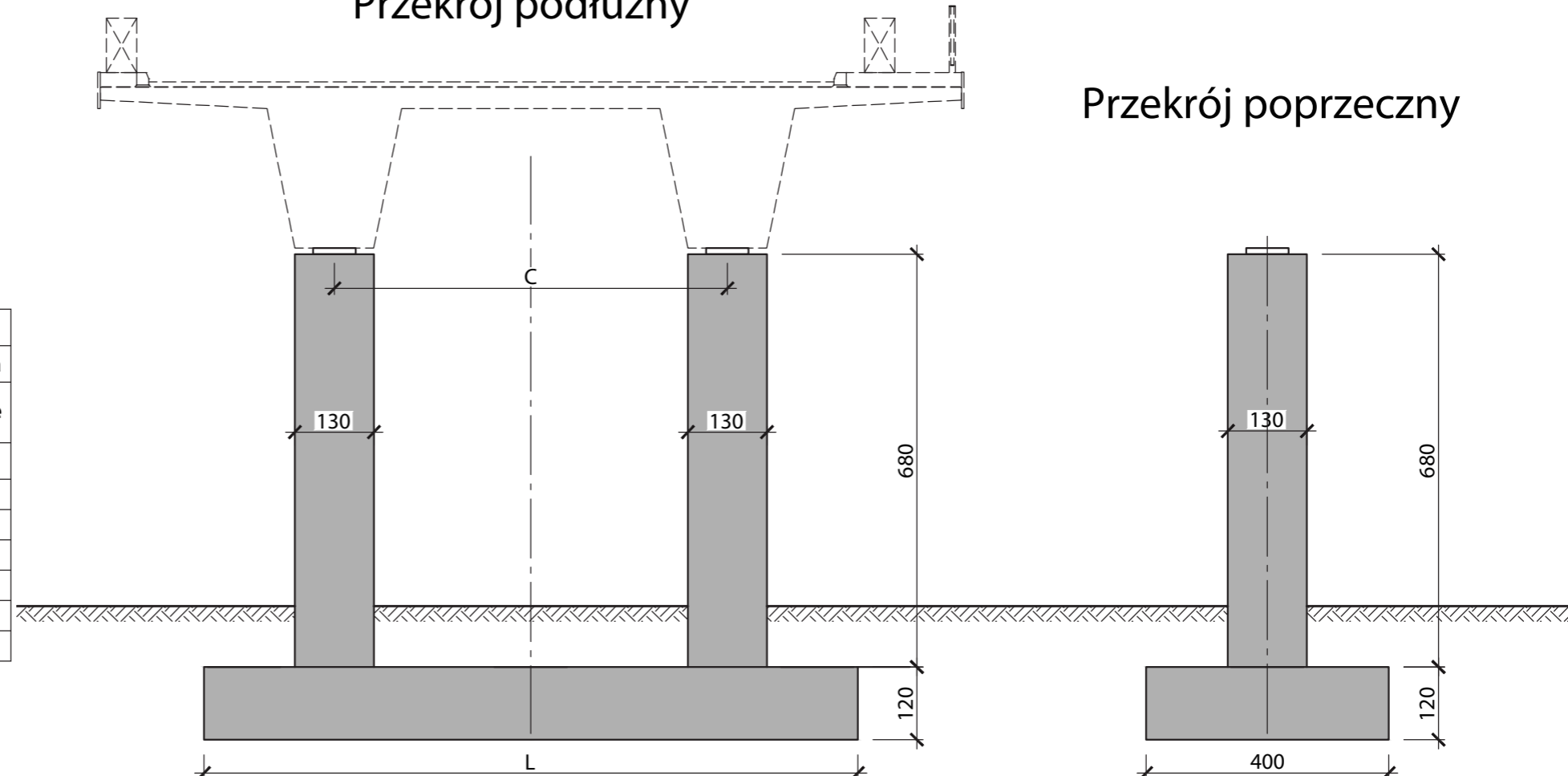
TYPOWY FILAR TRZYSŁUPOWY O WYSOKOŚCI H=8m

FILARY SŁUPOWE - S3 - schemat

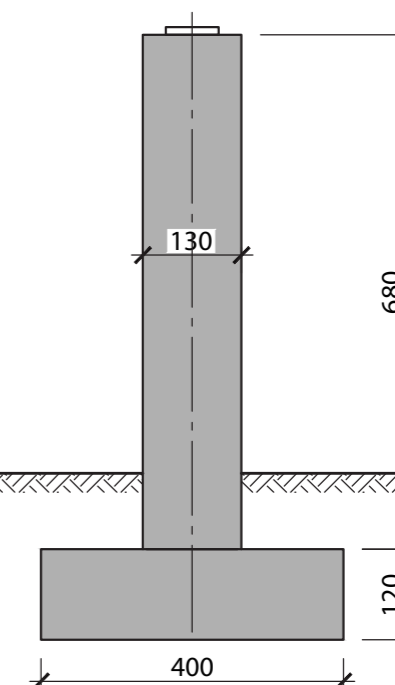
Widok z góry



Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny



UWAGI I WYJAŚNIENIA

1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o $ID=0,5$, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

Wymiary elementów - filary S3

Klasa drogi na obiekcie	Średnica słupa filara	Rozstaw słupów	Długość ławy
	D [m]	C [m]	L [m]
A	1.3	6.9	11.2
S		5.9	10.2
G/GP		5.1	9.4
Z		4.1	8.4
L		3.8	8.1
D		3.8	8.1

Zestawienie materiałów - filary S3

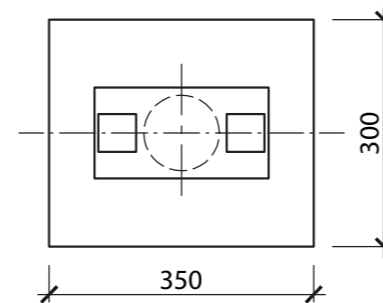
Klasa drogi na obiekcie	Korpus podpory		Ława fundamentowa	
	Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
	[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
A	18	208	54	75
S		208	49	75
G/GP		208	45	75
Z		205	40	75
L		199	39	72
D		199	39	72

TYPOWY FILAR DWUSŁUPOWY O WYSOKOŚCI $H=7m$

Z9-FS3

FILARY SŁUPOWE - SK - schemat

Widok z góry

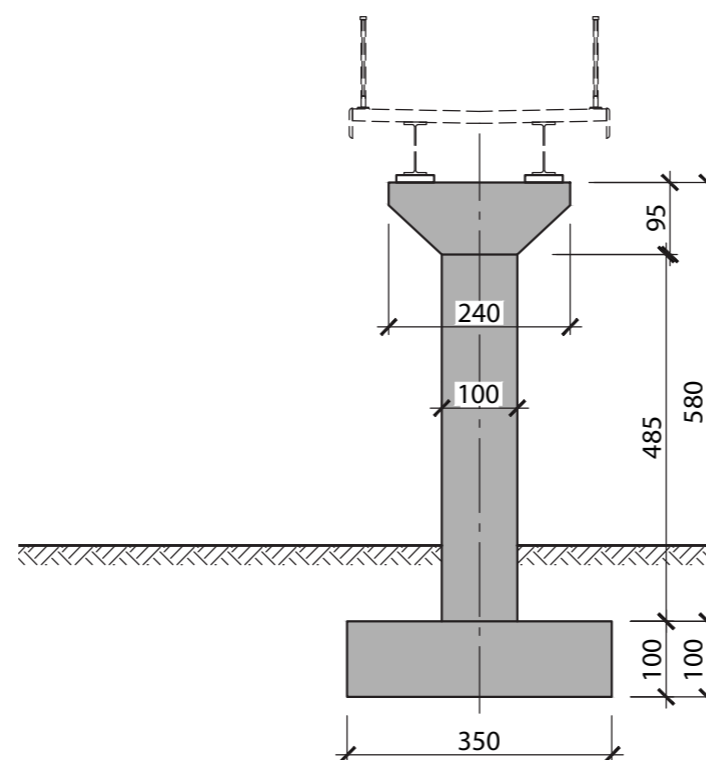


UWAGI I WYJAŚNIENIA

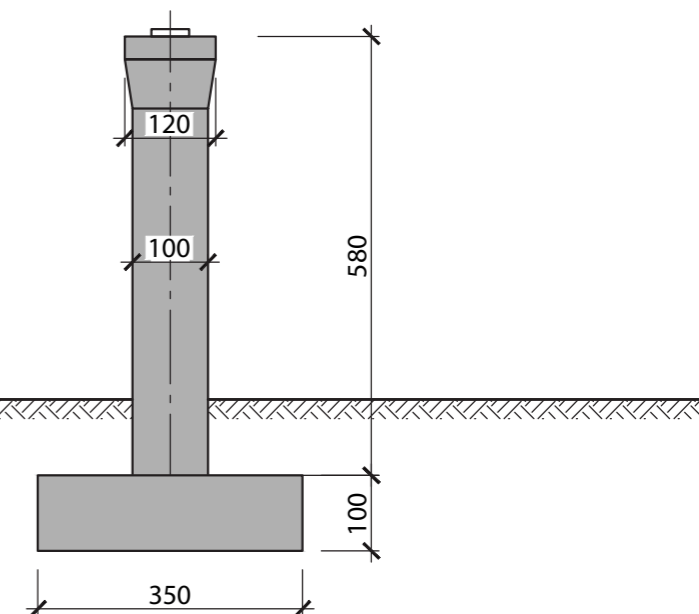
1. Wymiary fundamentu zostały dobrane przy założeniu posadowienia na piasku średnim o $ID=0,5$, dla innych warunków gruntowych fundament należy zaprojektować indywidualnie.

Zestawienie materiałów - filar SK			
Korpus podpory		Ława fundamentowa	
Beton C30/37	Zbrojenie	Beton C30/37	Zbrojenie
[m ³]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg/m ³]
6	190	12	75

Przekrój podłużny



Przekrój poprzeczny

**Z9-FSK**

TYPOWY FILAR KŁADKI DLA PIESZYCH

5 Opis praktycznego zastosowania katalogu

5.1. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie użytkownikom katalogu jego praktycznego zastosowania, przy wyborze optymalnego rozwiązania projektowego drogowych obiektów mostowych i przepustów. Zakres opracowania obejmuje wybrane przykłady, obrazujące tok postępowania przy dokonywaniu wyboru optymalnego rozwiązania projektowego drogowych obiektów mostowych i przepustów.

5.2. PRZYKŁAD NR 1

5.2.1. OPIS ZADANIA

Potrzeba zaprojektowania obiektu w ciągu obwodnicy miasta Stalowa Wola, droga klasy „GP” o przekroju 1x2. Obiekt ma być zlokalizowany nad użytkowaną drogą gminną. Obiekt zlokalizowany pod kątem 90° do przeszkody. Inwestycja realizowana w systemie zaprojektuj i buduj.

5.2.2. DANE WEJŚCIOWE

Na podstawie opisu zadania ustalono następujące dane wyjściowe:

- klasa drogi, w ciągu której zlokalizowany jest obiekt „GP”;
- kąt skrzyżowania osi obiektu z przeszkodą $\alpha = 90^\circ$ [według pkt. 3.3.1.A oraz rys. 3-16];
- kąt skosu obiektu $\beta = 90^\circ$ [według pkt. 3.3.1.B oraz rys. 3-17];
- szerokość przeszkody (droga gminna klasy „L” [według rys. 3-11]) mierzona równoległe do osi obiektu $L =$ około 18m; ze względu na gęstą sieć dróg istnieje możliwość wstrzymania ruchu na czas budowy wiaduktu;
- wysokość przęsła nad terenem 5,2 m, nie ma potrzeby uwzględniana uderzenia pojazdu w przęsło;
- warunki gruntowe w rejonie inwestycji spełniają minimalne wymagania przyjęte w katalogu.

5.2.3. WYBÓR TYPU KONSTRUKCJI

Wyboru typu konstrukcji należy dokonać na podstawie diagramów.

DIAGRAM 1

- KROK 1 – szerokość przeszkody $L(L_s) \leq 38$ – **TAK** ;
- KROK 2 – kąt skosu obiektu $75^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ – **TAK** ;
- KROK 3 – Liczba przęseł – **Obiekt jednoprzęsłowy (P)** – idź do **Diagram 2**.

DIAGRAM 2

- KROK 1 – Rozpiętość przeszkody w przedziale $5 \text{ m} < L \leq 20 \text{ m}$;
- KROK 2 – Możliwość montażu pełnego deskowania – **TAK**;
- KROK 3 – Uwarunkowania techniczno - ekonomiczne – **W1** [według Tab. 3-1];
- KROK 4 – Obiekt ramownicowy z betonu monolitycznego – **Klasa drogi GP,G** – Rozwiązanie według **KARTA Z4-RG/GP**.

Typowym rozwiązaniem w przypadku zadanych warunków wyjściowych jest konstrukcja monolityczna ramownicowa o rozpiętości w świetle równej 18 m. Zgodnie z KARTĄ Z4-RG/GP według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów. W przypadku rozpiętości pośrednich wartości wskaźników materiałowych należy interpolować. Na podstawie przyjętych wskaźników oraz aktualnych cen rynkowych można oszacować wartość konstrukcji obiektu.

5.3. PRZYKŁAD NR 2

5.3.1. OPIS ZADANIA

Potrzeba zaprojektowania obiektu w ciągu drogi ekspresowej klasy „S” w mieście Radom nad użytkowaną drogą powiatową klasy „Z” o przekroju 1 x 2. Obiekt zlokalizowany pod kątem 50° do przeszkody.

5.3.2. DANE WEJŚCIOWE

Na podstawie opisu zadania ustalono następujące dane wyjściowe:

- klasa drogi, w ciągu której zlokalizowany jest obiekt „S”;
- kąt skrzyżowania osi obiektu z przeszkodą 50° [według pkt. 3.3.1.A oraz rys. 3-16];
- kąt skosu obiektu $\beta = 50^\circ$ [według pkt. 3.3.1.B oraz rys. 3-17];
- szerokość przeszkody (droga powiatowa klasy „Z” [według rys. 3-11]) mierzona prostopadle do osi obiektu $L =$ około 19 m. Szerokość przeszkody mierzona równoległe do osi obiektu $L_s = 35,7 \text{ m}$ [wzór 3.1]. Ze względu na czynne pasy ruchu istnieje możliwość tylko częściowego ograniczenia ruchu na czas budowy wiaduktu;
- wysokość przęsła nad terenem 6,2 m, nie ma potrzeby uwzględniana uderzenia pojazdu w przęsło;
- warunki gruntowe w rejonie inwestycji nie spełniają minimalnych wymagań przyjętych w katalogu.

5.3.3. WYBÓR TYPU KONSTRUKCJI

Wyboru typu konstrukcji należy dokonać na podstawie diagramów

DIAGRAM 1

- KROK 1 – szerokość przeszkody $L(L_s) \leq 38$ – **TAK** ;
- KROK 2 – kąt skosu obiektu $75^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ – **TAK** ;
- KROK 3 – Liczba przęseł – **Obiekt jednoprzęsłowy (P)** – idź do **Diagram 2**.

DIAGRAM 2

- KROK 1 – Rozpiętość przeszkody w przedziale $30 \text{ m} < L \leq 40 \text{ m}$;
- KROK 2 – Możliwość montażu pełnego deskowania – **NIE**;

- KROK 3 – Obiekt ramownicowy ze stalowych belek walcowanych – **Klasa drogi S** – Rozwiązanie według **KARTA Z6-RS**.

Typowym rozwiązaniem w przypadku zadanych warunków wyjściowych jest konstrukcja częściowo prefabrykowana ramownicowa zespolona (stalowo-betonowa) o rozpiętości w świetle równej 36 m. Zgodnie z KARTĄ Z6-RS według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów. Na podstawie przyjętych wskaźników oraz aktualnych cen rynkowych można oszacować wartość konstrukcji obiektu. Ze względu na nietypowe warunki gruntowe należy przewidzieć posadowienia na fundamencie pośrednim według indywidualnego opracowania.

5.4. PRZYKŁAD NR 3

5.4.1. OPIS ZADANIA

Potrzeba zaprojektowania obiektu w ciągu drogi wojewódzkiej klasy „GP” w Bielsku Białej nad użytkowaną linią kolejową dwutorową oraz dwiema drogami dojazdowymi biegnącymi po obytronach torowiska. Obiekt zlokalizowany pod kątem 90° do przeszkody.

5.4.2. DANE WEJŚCIOWE

Na podstawie opisu zadania ustalono następujące dane wyjściowe:

- klasa drogi „GP”;
- kąt skrzyżowania osi obiektu z przeszkodą $\alpha = 90^\circ$ [według pkt. 3.3.1.A oraz rys. 3-16];
- kąt skosu obiektu $\beta = 90^\circ$ [według pkt.3.3.1.B oraz rys.3-17];
- szerokość przeszkody (droga lokalna klasy „D” [według rys. 3-12]) mierzona równoległe do osi obiektu $L =$ około 2 x 17 m, szerokość przeszkody (linia magistralna dwutorowa [według rys. 3-14]) mierzona równoległe do osi obiektu $L =$ ok. 19 m. Ze względu na czynne tory kolejowe nie istnieje możliwości ograniczenia ruchu na czas budowy wiaduktu;
- wysokość przęsła nad terenem 8,5 m, nie ma potrzeby uwzględniana uderzenia pojazdu w przęsło;
- warunki gruntowe w rejonie inwestycji spełniają minimalne wymagania przyjęte w katalogu.

5.4.3. WYBÓR TYPU KONSTRUKCJI

Wyboru typu konstrukcji należy dokonać na podstawie diagramów

DIAGRAM 1

- KROK 1 – szerokość przeszkody $L (L_s) \leq 38$ – **TAK** ;
- KROK 2 – kąt skosu obiektu $75^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ – **TAK** ;
- KROK 3 – Liczba przęseł – **Obiekt wieloprzęsłowy (WP)** – idź do **Diagram 4**.

DIAGRAM 4

- KROK 1 – Rozpiętość przeszkody w przedziale **20 m < L ≤ 30 m**;
- KROK 2 – Obiekt belkowy z prefabrykatów strunobetonowych – **Klasa drogi GP** – Rozwiązanie wg **KARTA Z5-WPG/GP** – idź do **Diagram 6**.

DIAGRAM 6

- KROK 1 – typ podpory – **Przyczółek** ;
- KROK 2 – typ przęsła – **Przęsło betonowe**;
- KROK 3 – skrajnia kolejowa – **TAK** ;
- KROK 4 – Przyczółek masywny – **KARTA 87-PH11** ;
- KROK 5 – typ podpory – **Filar**;
- KROK 6 – przeszkoda wodna – **NIE**;
- KROK 7 – rodzaj przęsła – **Przęsło betonowe**;
- KROK 8 – filar słupowy – **KARTA Z9-FS2**; lub filar pełnościenny - **KARTA Z9-FP1**

Typowym rozwiązaniem w przypadku zadanych warunków wyjściowych jest konstrukcja trzyprzęsłowa, częściowo prefabrykowana z belek strunobetonowych o rozpiętościach równych 18 m + 21 m + 18 m. Zgodnie z KARTĄ Z5-WPG/GP według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów dla przęsła. Zgodnie z KARTĄ Z8-PH11 ORAZ Z9-FS2 (lub Z9-FP1) według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów dla przyczółków i filara. Na podstawie przyjętych wskaźników oraz aktualnych cen rynkowych można oszacować wartość konstrukcji obiektu.

5.5. PRZYKŁAD NR 4

5.5.1. OPIS ZADANIA

Potrzeba zaprojektowania obiektu w ciągu drogi gminnej klasy „Z” nad rzeką o szerokości koryta równej 30 m. Obiekt zlokalizowany pod kątem 85° do przeszkody.

5.5.2. DANE WEJŚCIOWE

Na podstawie opisu zadania ustalono następujące dane wyjściowe:

- klasa drogi „Z”;
- kąt skrzyżowania osi obiektu z przeszkodą $\alpha = 85^\circ$ [według pkt. 3.3.1.A oraz rys. 3-16];
- kąt skosu obiektu $\beta = 90^\circ$ [według pkt.3.3.1.B oraz rys.3-17];
- szerokość przeszkody (rzeka z terenami zalewowymi), mierzona równoległe do osi obiektu wynosi $L =$ około 150 m. Całkowitą szerokość przeszkody oszacowano na podstawie wstępnych obliczeń hydrauliczno-hydrologicznych; szerokość koryta głównego $L = 30$ m; szerokość przeszkody mierzona równoległe do osi obiektu $L_s = 32,1$ m [wzór 3.1];
- wysokość przęsła nad terenem min. 6 m wynika z ukształtowania niwelety,
- ze względu na specyfikę warunków gruntowych w rejonach rzek nizinnych nie spełniają one minimalnych wymagań przyjętych w katalogu,
- ze względu na organizację przestrzeni pomostowej w tym uwzględnienia przejść dla zwierząt dużych przyjęto, max. światło przęsła $L = 38$ m.

5.5.3. WYBÓR TYPU KONSTRUKCJI

Wyboru typu konstrukcji należy dokonać na podstawie diagramów.

DIAGRAM 1

- KROK 1 – szerokość przeszkody $L(L_s) \leq 38$ – **TAK** ;
- KROK 2 – kąt skosu obiektu $75^{\text{st.}} \leq \beta \leq 90^{\text{st.}}$ – **TAK** ;
- KROK 3 – Liczba przęseł – **Obiekt wieloprzęsłowy (WP)** – idź do **Diagram 4**.

DIAGRAM 4

- KROK 1 – Rozpiętość przeszkody w przedziale $30\text{m} < L \leq 40\text{m}$;
- KROK 2 – Możliwość montażu pełnego deskowania – **NIE**;
- KROK 3 – Konstrukcja częściowo prefabrykowana – **Klasa drogi Z** – Rozwiązanie wg **KARTA Z6-WZ** – idź do **Diagram 6**.

DIAGRAM 6

- KROK 1 – typ podpory – **Przyczółek**;
- KROK 2 – typ przęsła – **Przęsło stalowe**;
- KROK 3 – uderzenie w przęsło – **NIE**;
- KROK 4 – Przyczółek masywny – **KARTA Z8-PH9**;
- KROK 5 – typ podpory – **Filar**;
- KROK 6 – przeszkoda wodna – **TAK**;
- KROK 7 – filar pełnościenny – **KARTA Z9-FP2**;

Typowym rozwiązaniem w przypadku zadanych warunków wyjściowych jest konstrukcja pięcio przęsłowa częściowo prefabrykowana zespolona (stalowo-betonowa) o rozpiętości równej $30\text{ m} + 3 \times 40\text{ m} + 30\text{ m}$. Zgodnie z KARTĄ Z6-WZ według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów dla przęsła. Zgodnie z KARTĄ Z8-PH9 ORAZ Z9-FP2 według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów dla przyczółków i filara. Na podstawie przyjętych wskaźników oraz aktualnych cen rynkowych można oszacować wartość konstrukcji obiektu. Ze względu na nietypowe warunki gruntowe należy przewidzieć posadowienia na fundamencie pośrednim według indywidualnego opracowania.

5.6. PRZYKŁAD NR 5

5.6.1. OPIS ZADANIA

Potrzeba zaprojektowania obiektu inżynierskiego w nasypie drogowym. Obiekt ma pełnić funkcję przejścia dla płazów oraz przeprowadzać ciek bez nazwy. Przeszkoda przebiega prostopadle do przeszkody. Obliczenia hydrauliczno-hydrologiczne wykazały, że minimalny przekrój wynosi $1,5 \times 1,5\text{ m}$ (kwadratowy) oraz że ciek nie ma charakteru potoku górskiego. Nad obiektem znajduje się droga klasy G. Szerokość drogi $9,5\text{ m}$. Różnica wysokości pomiędzy górą przepustu a wysokością niwelety wynosi $5,1\text{ m}$. Nachylenie skarp $1:1,5$. Całkowita długość przepustu wyniesie $9,5 + 2 \times 1,5 \times 5,0 = 24,5\text{ m}$. Ostatecznie przyjęto długość przepustu 25 m .

5.6.2. DANE WEJŚCIOWE

Na podstawie opisu zadania ustalono następujące dane wyjściowe:

- klasa drogi nad przepustem „G”;
- kąt skrzyżowania osi obiektu z przeszkodą $\alpha = 90^{\circ}$ [według pkt. 3.3.1.a oraz rys. 3-16];
- wymagane światło min. $1,5 \times 1,5\text{ m}$;
- wysokość nasypu $5,1\text{ m}$;
- warunki gruntowe spełniające minimalne wymagania przyjęte w katalogu.

5.6.3. WYBÓR TYPU KONSTRUKCJI

Wyboru typu konstrukcji należy dokonać na podstawie diagramów

DIAGRAM 1

- KROK 1 – szerokość przeszkody $L(L_s) \leq 38$ – **TAK** ;
- KROK 2 – kąt skosu obiektu $75^{\text{st.}} \leq \beta \leq 90^{\text{st.}}$ – **TAK** ;
- KROK 3 – Liczba przęseł – **Obiekt jednoprzęsłowy (P)** – idź do **Diagram 2**.

DIAGRAM 2

- KROK 1 – Rozpiętość przeszkody w przedziale $1\text{ m} < L < 5\text{ m}$;
- KROK 2 – Rodzaj przeszkody – **INNA PRZESZKODA**;
- KROK 4 – Konstrukcja prefabrykowana - przepust – **Karta Z1-2, Z1-3, Z1-4** lub (**Karta Z3-1, Z3-2**)

Typowym rozwiązaniem w przypadku zadanych warunków wyjściowych jest konstrukcja prefabrykowana, przepust kwadratowy o wymiarach w świetle $1,5 \times 1,5\text{ m}$ (lub alternatywnie konstrukcja gruntowo-powłokowa łukowo kołowa $1,5 \times 1,7\text{ m}$). Zgodnie z KARTĄ Z1-2 (lub Z3-2) według zamieszczonych tabel należy wybrać i odczytać odpowiednie wartości wymiarów oraz wskaźnikowego zużycia materiałów. Na podstawie przyjętych wskaźników oraz aktualnych cen rynkowych można oszacować wartość konstrukcji obiektu.

6 Piśmiennictwo

USTAWY I ROZPORZĄDZENIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U.1998.151.987).
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U.1999.43.430).
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U.2000.63.735).

NORMY

- [4] PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [5] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje: Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [6] PN-EN 1991-1-5:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje: Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.
- [7] PN-EN 1991-2:2007 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów.
- [8] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [9] PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne.
- [10] PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [11] PN-EN 1993-2:2010 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 2: Mosty stalowe.
- [12] PN-EN 1994-2:2010 Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych. Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów.
- [13] PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. (Część 1-11).
- [14] PN-EN 10346: 2015. Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno. Warunki techniczne dostawy.
- [15] PN-EN 12620+A1:2010 Kruszywa do betonu.
- [16] PN-EN ISO 1461: 2011 Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową. Wymagania i metody badań.

- [17] PN-EN ISO 12944-5:2018. Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 5: Ochronne systemy malarskie
- [18] PN-B-03020:1981. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

- [19] PN-S 02205:1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

WYTYCZNE, ZALECENIA, ARTYKUŁY, KSIĄŻKI

- [21] Wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów mostowych wg Eurokodów w celu zastąpienia wymagań opartych na normie PN-85/S-10030. Promost Consulting, Politechnika Rzeszowska, listopad 2016 wraz z aneksem do opracowania z kwietnia 2017.
- [22] WT 2. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Wytyczne Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.
- [23] Zalecenia dotyczące doboru mostowych urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowywania i odbioru. Załącznik do Zarządzenia nr 4 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 24 stycznia 2007 r.
- [24] Prefabrykowane belki strunobetonowe typu „T”. Przedsiębiorstwo Robót Mostowych „Mosty Łódź” S.A., 2010.
- [25] Mosty drogowe. Zespolone mosty płytowe z belek strunobetonowych. Wersja dla projektantów. Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów Transprojekt Warszawa Sp. z o.o., 2004.
- [26] Zobel H., Alkhafaji T., Wróbel M.: Metoda określania trwałości mostów drogowych. Inżynieria i Budownictwo nr 11/2017.
- [27] Kurek T.R.: Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska Departament Ocen Oddziaływania na Środowisko, Warszawa 2010.
- [28] Transprojekt Warszawa Sp. z o. o. Przepusty drogowe z elementów prefabrykowanych. Warszawa 2007.
- [29] Czudek H. Wysokowski A. Trwałość mostów drogowych. WŁK, Warszawa 2005.