



## Przykłady nietypowych zabezpieczeń obiektów mostowych na terenach górniczych

### Examples of unusual protection of bridges in mining areas

Mgr inż. Mariusz Stawinoga<sup>\*)</sup>

**Treść:** W artykule przedstawiono przykłady trzech obiektów mostowych: mostu drogowego, mostu kolejowego oraz wiaduktu kolejowego, w których zastosowano nietypowe zabezpieczenia przed wpływami eksploatacji górniczej. Opisano schematy statyczne zastosowanych układów oraz zasady pracy poszczególnych elementów zabezpieczeń konstrukcji. Omówiono wady i zalety takich rozwiązań.

**Abstract:** The paper presents examples of three bridge structures: a road bridge, a railway bridge and a railway viaduct, in which atypical protections for mining exploitation were used. Static diagrams of the systems used and the principles of operation of individual structural protection elements were described. The pros and cons of such solutions were discussed.

#### Słowa kluczowe:

most, wiadukt, zabezpieczenia, szkody górnicze

#### Key words:

bridge, railway viaduct, protections for mining exploitation

## 1. Wprowadzenie

Duża liczba obiektów mostowych na terenie Górnego Śląska została zabezpieczona przed wpływami eksploatacji górniczej już na etapie projektowania. Inne, zwłaszcza starsze obiekty, nie posiadały takich pierwotnych zabezpieczeń lub zastosowane zabezpieczenia okazały się niewystarczające dla bezpiecznego przejścia oddziaływań górniczych. W praktyce inżyniera mostowego spotykamy różne rodzaje zabezpieczeń, ale większość z nich się powtarza. Najczęściej stosuje się układy statycznie wyznaczalne, np. szereg belek swobodnie podpartych zamiast belki ciągłej, specjalny układ łożyskowania z możliwością wzajemnych przemieszczeń ustrojów nośnych i podpór, urządzenia dylatacyjne z dopasowanymi wielkościami możliwych przesuwów, podział na segmenty szerszych podpór (Rosikoń 1979, 2004) lub dłuższych ustrojów ramowych (Salamak 2013). Poniżej omówiono kilka wybranych przykładów nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych zabezpieczeń obiektów mostowych, jakie można napotkać w naszym rejonie.

## 2. Przykłady

### 2.1. Most przez Szarlejkę w Piekarach Śląskich

Most w ciągu drogi wojewódzkiej nr 911 (ul. Obwodowa Zachodnia) nad rzeką Szarlejką w Piekarach Śląskich został wybudowany w 1996 r. według projektu biura PROMOST – Wisła. Projektantem mostu był Marek Salamak (1994), ale pomysłodawcą zabezpieczeń przed wpływami eksploatacji górniczej był założyciel i właściciel biura projektowego PROMOST – Wisła, śp. dr Jerzy Śliwka. Warunki górnicze

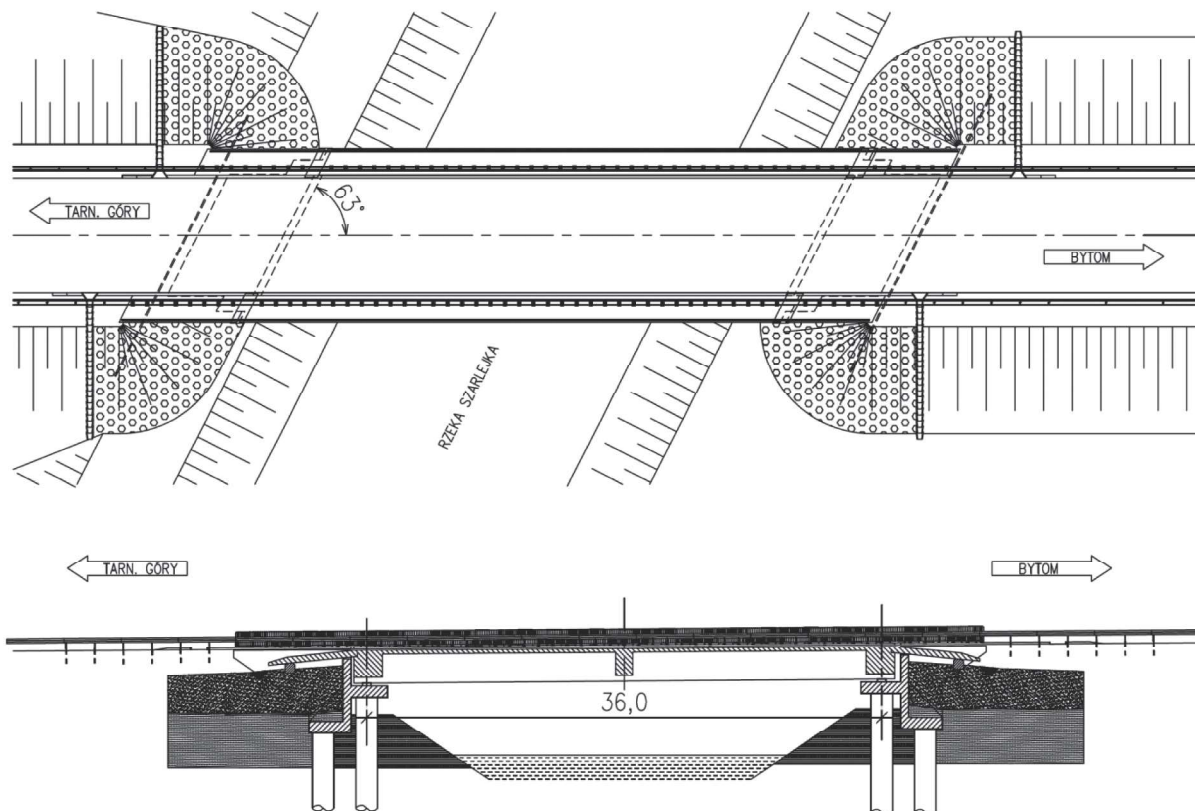
dla projektowanego obiektu nie były proste, gdyż obiekt miał powstać w miejscu, gdzie intensywną eksploatację prowadziły kopalnie kamiennego: „Rozbark”, „Julian” i „Powstańców Śl.” oraz kopalnia rud cynku i ołowiu ZGH „Orzeł Biały”. Teren w rejonie lokalizacji mostu zakwalifikowano do IV kategorii przydatności do zabudowy. Pochodzącą z projektu technicznego mostu z 1994 r. prognozę deformacji terenu podano w tabeli 1. Przy określeniu kategorii przydatności terenu do zabudowy założono, że jeden parametr deformacji już określa kategorię deformacji. Most został zaprojektowany na obciążenie drogowe klasy B wg PN-85/S10030.

Tabela 1. Prognoza deformacji terenu w rejonie mostu  
Table 1. Forecast of surface deformation in bridge area

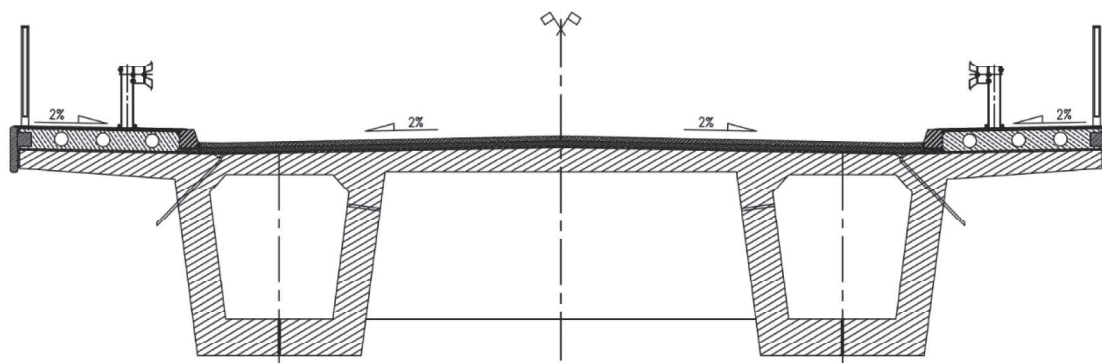
Deformacja	Oznaczenie	Jednostka	Wartość całkowita	Składowa x	Składowa y
Obniżenie	w	mm	1188	-	-
Przesunięcie	u	mm	1159	992	599
Odkształcenie	$\epsilon$	mm/m	3,4	2,4	-2,7
Nachylenie	T	mm/m	11,0	9,3	-5,9
Promień krzywizny	R	km	-	43,5	-40,5
Objaśnienia:		x - wzdłuż osi podłużnej obiektu y - prostopadle do osi podłużnej obiektu			

Schemat statyczny mostu stanowi belka swobodnie podparta o rozpiętości teoretycznej 36,0 m. W planie most jest ukośny. Nie występują żadne łuki poziome. Kąt skrzyżowania osi mostu z przeszkodą wynosi  $63^\circ$  (rys. 1). Niweleta przebiega w spadku 0,5% w kierunku od Bytomia do Tarnowskich Gór. W przekroju poprzecznym występują dwie belki kablobetonowe w postaci skrzynek połączonych górą płytą pomostową (rys. 2).

<sup>\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Katowice



Rys. 1. Rzut z góry i widok z boku  
Fig. 1. Plan view and side view



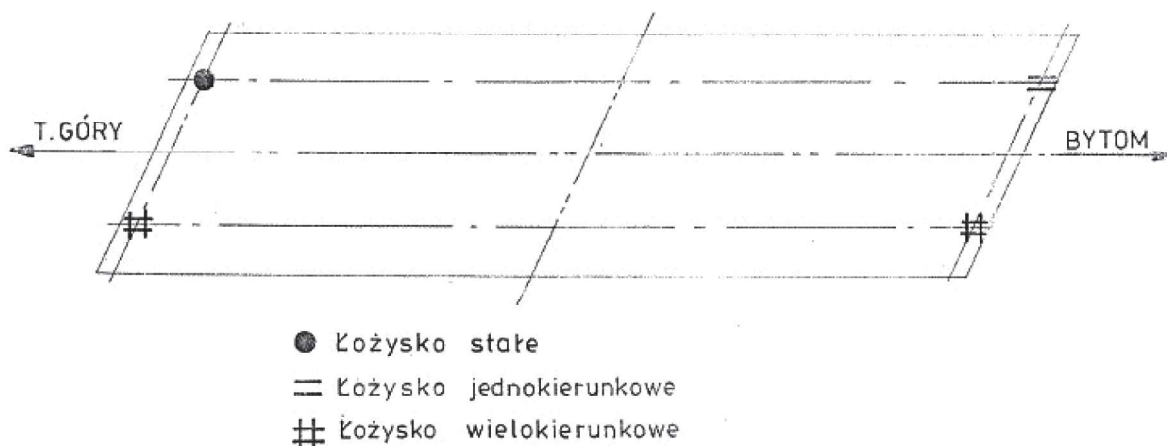
Rys. 2. Przekrój poprzeczny  
Fig. 2. Cross section

Wysokość konstrukcyjna obiektu wynosi 2,3 m. Nad podporami oraz w środku rozpiętości przeszła zaprojektowano poprzecznice usztywniające przekrój. Dolna krawędź poprzecznic jest usytuowana o 40 cm wyżej w stosunku do dolnej krawędzi belek, co pozwala na użycie ich do podnoszenia całego ustroju nośnego podnośnikami, w przypadku potrzeby wymiany lub rektyfikacji łożysk. Układ łożyskowania jest typowy dla obiektów poddanych działaniu wpływów eksploatacji górniczej.

Na przyczółku od strony Tarnowskich Gór, pod belką lewą (patrząc w kierunku Bytomia) znajduje się łożysko stałe. Na drugim przyczółku pod tą samą belką znajduje się łożysko prowadzące, jednokierunkowo przesuwne. Pozostałe łożyska są wielokierunkowo przesuwne. Łożyska ruchome umożliwiają przesuw wzdłuż osi obiektu rzędu  $\pm 300$  mm. Schemat łożyskowania przedstawiono na rys. 3.

Ustrój nośny, za pomocą łożysk, wspiera się na dwóch masywnych przyczółkach o konstrukcji skrzyniowej. Każdy przyczółek posadowiony jest na 4 palach wielkośrednicowych  $\varnothing 1500$  wierconych w gruncie w osłonie stalowej rury obsadowej, wyciąganej. Pale żelbetowe mają tak skonstruowane zbrojenie, że największy moment zginający przejmują u podstawy. Dzięki posadowieniu podstawy pała około 1,5 m poniżej stropu skał miękkich, uzyskano pale utwierdzone u podstawy. Dla odmiany głowica pała nie jest zakotwiona w oczepie przyczółka (rys. 4). Górna część pała ma gładko wykończoną powierzchnię, po której – w razie potrzeby – korpus przyczółka może się przesuwać.

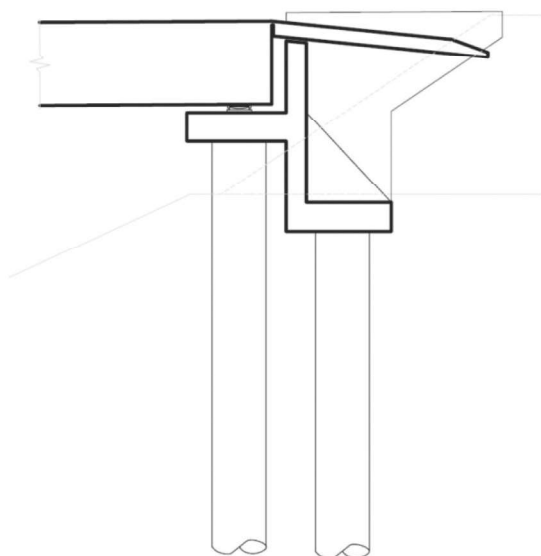
Płyty przejściowe o długości 6,0 m i stałym spadku podłużnym 10% zostały na długości podzielone na metrowej szerokości odcinki i są przegubowo zamocowane do płyty ustroju nośnego. Drugi koniec został oparty na żelbetowym



Rys. 3. Schemat łożyskowania

Fig. 3. Bearings scheme

bloku podporowym. Koniec płyty przejściowej za blokiem podporowym ma zaokrąglony kształt w celu zmniejszenia oporów przy przemieszczaniu się płyty w gruncie.



Rys. 4. Przekrój podłużny przez przyczółek

Fig. 4. Abutment longitudinal section

Wyjątkowe cechy zabezpieczeń przed wpływami eksploatacji górniczej mostu nad Szarlejką w Piekarach Śl.:

- pale utwierdzone w skale, zamiast w korpusie przyczółka,
- przyczółek może swobodnie przesuwac się po górnej powierzchni pali,
- brak urządzeń dylatacyjnych w jezdni,
- płyty przejściowe zamocowane przegubowo w ustroju nośnym,
- płyty przejściowe podzielone na odcinki metrowej szerokości,
- końcówki płyt przejściowych mogą wbijać się w nasyp drogowy.

Do zalet opisanego rozwiązania należy zaliczyć przede wszystkim brak urządzeń dylatacyjnych, które mają stosunkowo krótką (w porównaniu do obiektu) żywotność, są kosztowne w zakupie, utrzymaniu i w naprawach. Konieczne jest wtedy wyłączenie obiektu z ruchu na okres min. miesiąca.

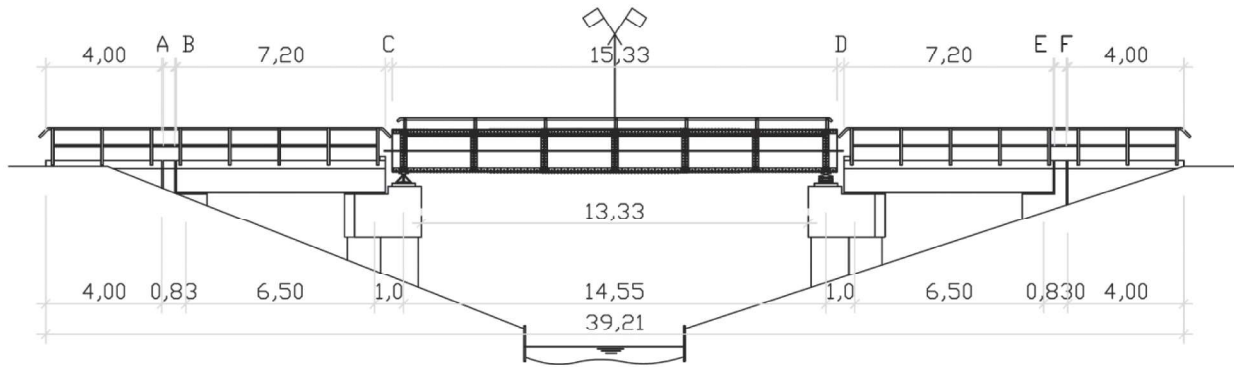
Zastosowanie płyt przejściowych połączonych przegubowo z ustrojem nośnym zapewnia płynną ciągłość przejazdu na styku dwóch ośrodków: sprężystego nasypu drogowego i sztywnego obiektu mostowego. Wystąpienie deformacji górniczych i ewentualne przemieszczenia obiektu względem nasypów będą kompensowane poprzez wciskanie się (lub wysuwanie) zaokrąglonych końcówek płyt przejściowych w korpus nasypu drogowego. Przy pochyleniu terenu i nasypu drogowego do pracy włączą się zdylatowane podłużnie segmenty płyty przejściowej. Przy ujawnianiu się przemieszczeń większych od możliwości przesuwu łożysk mostowych lub podczas nagłego ujawnienia się wpływów eksploatacji górniczej przyczółki mają możliwość przesuwu po powierzchni głowic pali.

Wadą opisywanego rozwiązania jest konieczność częstszych napraw nawierzchni jezdni w rejonach płyt przejściowych, gdyż większe deformacje będą ujawniały swoje skutki na asfaltowej nawierzchni jezdni, czy to w postaci garbów i pofałdowań (w przypadku spelzania), czy też w postaci spękań i lokalnych nieciągłości (w przypadku rozciągania gruntu). Należy jednak pamiętać, że czas wykonania drobnych (lokalnych) napraw interwencyjnych w nawierzchni, czy to poprzez sfrezowanie garbów, czy też uzupełnienie ubytków będzie liczony raczej w godzinach, podczas gdy alternatywnie naprawy urządzeń dylatacyjnych trzeba liczyć w tygodniach.

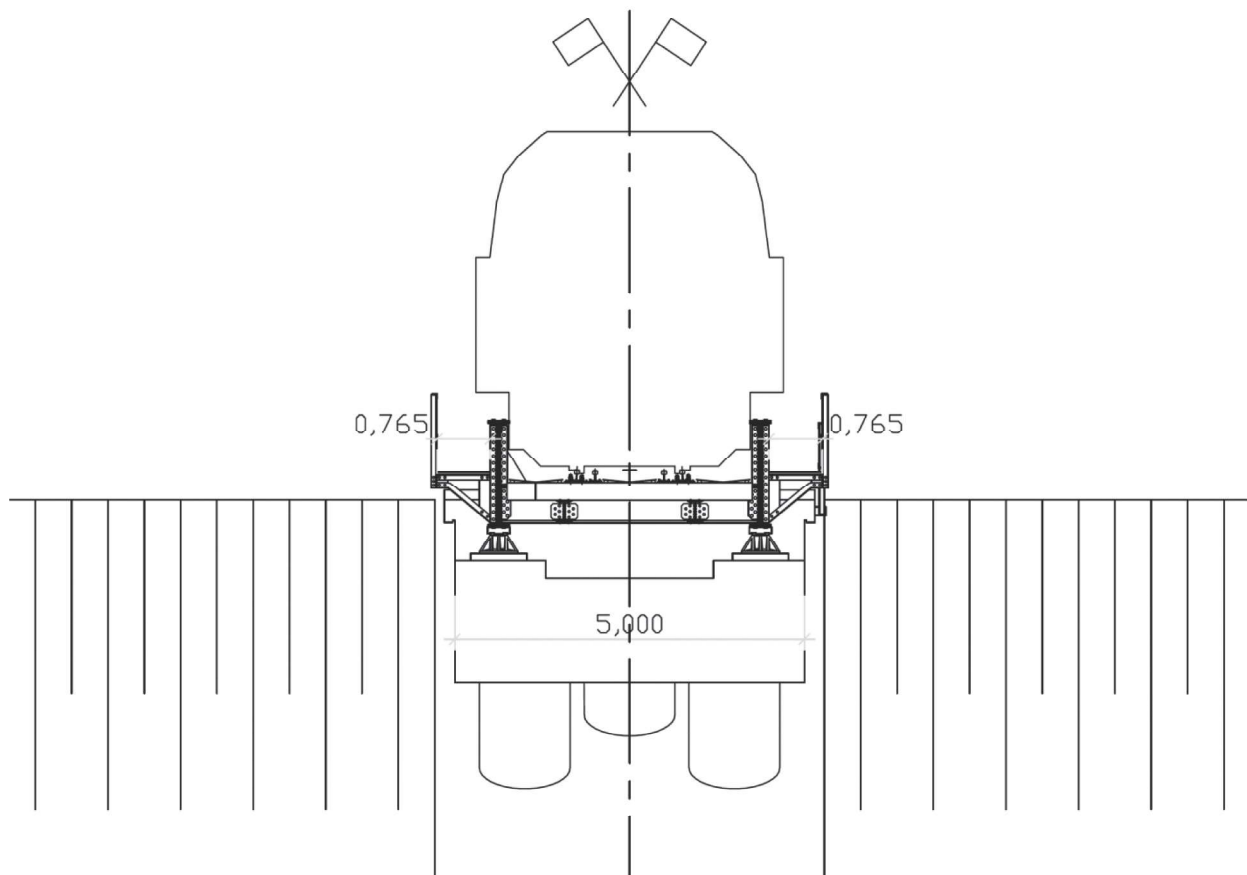
## 2.2. Most kolejowy

Most w ciągu jednotorowej, niezelektryfikowanej linii kolejowej KWK „Szczygłowice” – Zwałowisko Jagielnia nad rzeką Bierawką w Knurowie został wybudowany około 1962 r. jako jednoprzęsłowa, stalowa, nitowana blachownica z jazdą górą, z nawierzchnią kolejową na mostownicach. Na skutek intensywnej eksploatacji teren silnie się obniżał, co wymagało regulacji koryta rzeki oraz przechodzącej nad nią linii kolejowej wraz z mostem. Na podstawie projektu z 1995 r. most został rozebrany, a w jego sąsiedztwie (około 12 m w górę rzeki) wybudowano nowy most.

Nowy most zaprojektowano jako trójprzęsłowy o długości całkowitej 39,22 m, przy czym, jako środkowe przęsło wykorzystano wyremontowaną blachownicę o rozpiętości teoretycznej 14,52 m, pochodzącą ze starego mostu, natomiast przeszła skrajne o rozpiętości teoretycznej 6,5 m wykonano jako płytowe, żelbetowe koryta balastowe, oparte przegubowo na żelbetowych podporach posadowionych



Rys. 5. Widok z boku  
Fig. 5. Side view



Rys. 6. Przekrój poprzeczny przez przęsło środkowe  
Fig. 6. Central span cross section

na palach wielośrednicowych, wykształconych w formie studni opuszczonych, wykonanych z kręgów żelbetowych o średnicy wewnętrznej 1,20 m. Wg projektu przyczółki posadowiono za pomocą dwóch pali o długości około 7,4 m, natomiast filary posadowiono za pomocą trzech pali o długości około 10,4 m. Zwieńczeniem pali na każdej podporze są masywne oczepy żelbetowe, na których za pomocą żelbetowych przegubów osadzono skrajne przęsła żelbetowe. Przeguby wykształcono w przekroju betonowym, poprzez jego pocienienie. Przęsła płytowe posiadają na bocznych krawędziach żelbetowe ścianki, monolitycznie połączone z płytą, co w przekroju poprzecznym tworzy wannę utrzymującą nawierzchnię kolejową z podkładami i podsypką tłuczniovą. Nad filarem wanna zamknięta jest ścianką żelbetową,

ograniczającą nasyp nawierzchni kolejowej od strony stałego przęsła nurtowego. Żelbetowe skrzydła przyczółków zostały oddzielone od korpusu podpory, ale są połączone wspólną płytą fundamentową opartą na zagęszczonej podsypce żwirowej. Płyta ta z kolei jest przegubowo zamocowana do oczepu przyczółka. Filary mają wykształcone ciosy podłożyskowe, na których za pomocą łożysk stalowych podparte jest przęsło nurtowe.

Podstawy pali zostały stożkowo rozszerzone do 2,0 m i zakończone czaszą. Tak ukształtowane pale zostały posadowione na stropie gruntów nośnych, tworząc przegub. Pale wraz z oczepami pracują więc jako wahacze. Pod względem statyki, skrajne przęsła należy traktować jako układ ramowy z przegubowymi połączeniami słupów z ryglem ramy,

**Tabela 2. Wartości szerokości szczelin dylatacyjnych**  
**Table 2. Values of expansion joints width**

Dylatacja	Lokalizacja wg rys. 5 – widok z boku	Szerokość wg projektu [mm]	Szerokości [mm] pomierzone od strony	
			dolnej wody	górnjej wody
1	2	3	4	5
A	skrzydło – korpus przyczółka	50	90	90
B	korpus przyczółka – przesło skrajne	50	45	50
C	przesło skrajne – przesło nurtowe Ł.S.	200	320	340
D	przesło nurtowe Ł.R. – przesło skrajne	200	230	220
E	przesło skrajne – korpus przyczółka	50	41	42
F	korpus przyczółka – skrzydło	50	120	110

natomiast przesło środkowe ma schemat belki swobodnie podpartej, wspartej na wspornikach słupów ram przesła skrajnych za pomocą łożysk stalowych. Zastosowany układ konstrukcyjny charakteryzuje się dużą ilością przerw dylatacyjnych w ciągu całego mostu, gdyż jest ich aż sześć! Wartości projektowe oraz rzeczywiste szerokości szczelin dylatacyjnych przedstawiono w tabeli 2.

Wyjątkowe cechy zabezpieczeń przed wpływami eksploatacji górniczej mostu nad rzeką Bierawką w Knurowie:

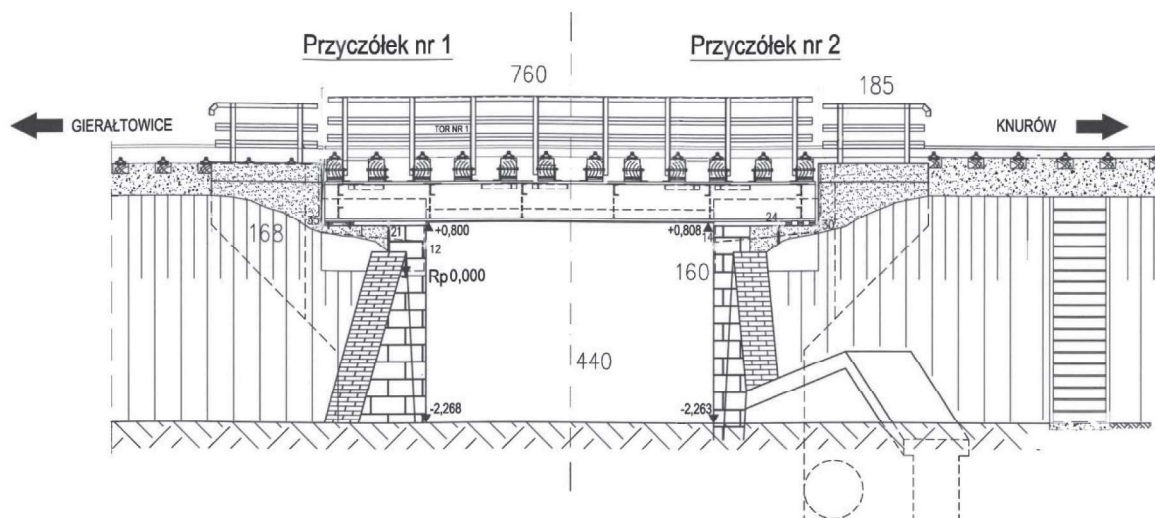
- przegubowo posadowione podstawy pali na stropie warstw nośnych,
- pale wraz z oczepami pracujące jako wahacze,
- skrajne przesła pracujące jako układ ramowy,
- zastosowanie żelbetowych przegubów na połączeniu przesła z podporami,
- wytworzenie szczelin dylatacyjnych pomiędzy skrzydłami i korpusem przyczółka oraz pomiędzy korpusem przyczółka i przęsłami skrajnymi,
- wykorzystanie starego dźwigara blachownicowego jako przesła środkowego.

Do zalet prezentowanego rozwiązania można zaliczyć dużą podatność obiektu na ewentualne deformacje podłoża wywołane eksploatacją górniczą. Dzięki zastosowaniu przegubów w podstawie pali oraz przegubów żelbetowych na połączeniach podpór ze skrajnymi przęsłami żelbetowymi, a także dzięki zastosowaniu szczelin dylatacyjnych pomiędzy skrzydłami i korpusem przyczółków oraz korpusem przyczółka i skrajnymi przęsłami uzyskano obiekt, który stosunkowo łatwo jest w stanie dopasować się do zdeformowanego terenu.

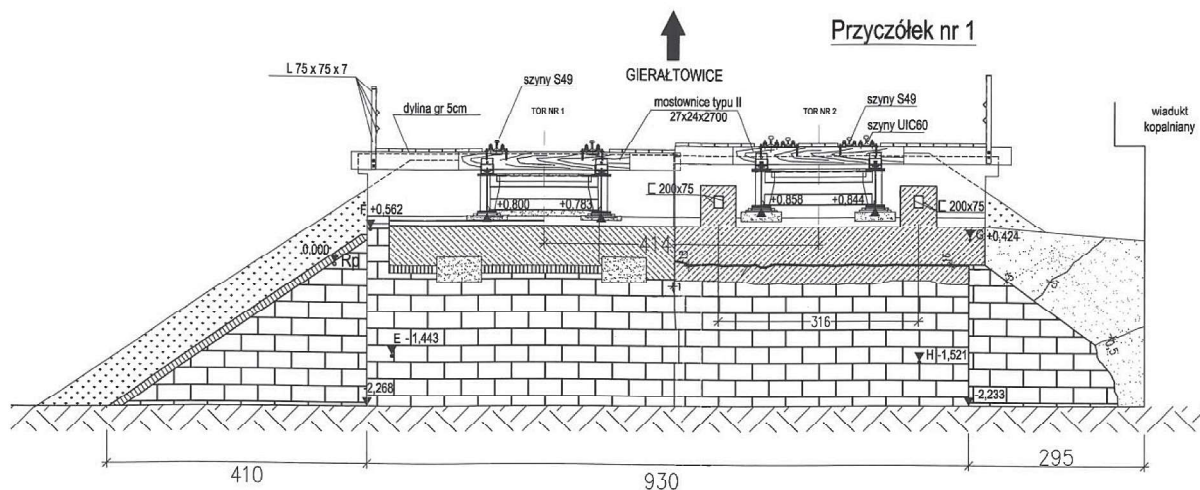
Wadą prezentowanego rozwiązania jest konieczność odmiennego sposobu rektyfikacji torów położonych na przęsłach skrajnych (żelbetowa wanna z nawierzchnią na podkładach i podsypce tłuczniowej) oraz na przęsle środkowym (blachownica z nawierzchnią na mostownicach). Dodatkowo brak osłon szczelin dylatacyjnych sprawia, że kamienie pochodzące z nawierzchni kolejowej lub z przewożonego ładunku dostają się do szczelin, blokując ich swobodę przesuwu.

### 2.3. Wiadukt kolejowy

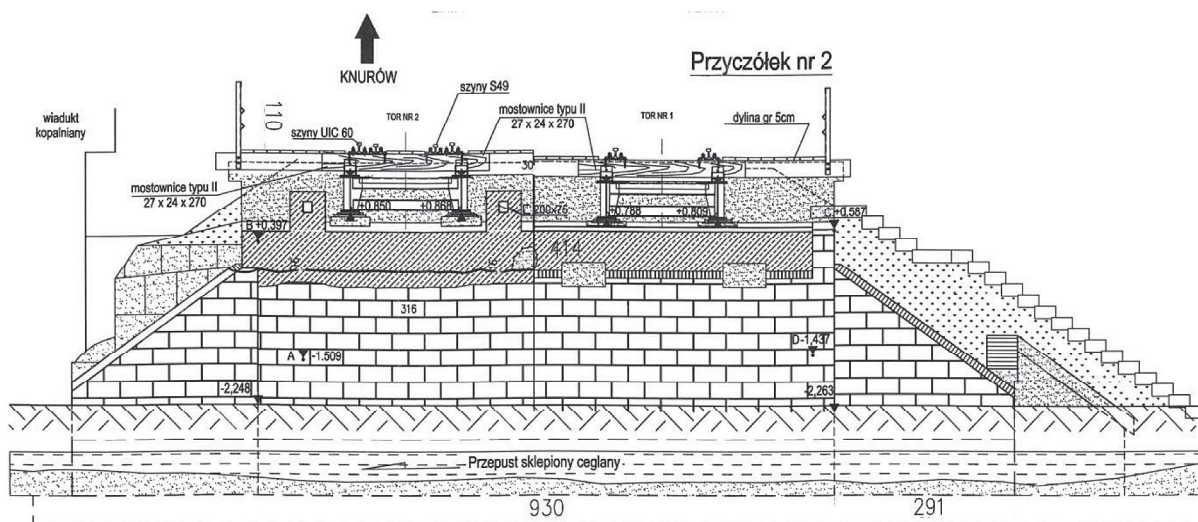
Wiadukt zlokalizowany w Gierałtowicach, w km 9,642 linii kolejowej nr 149 Zabrze Makoszowy – Leszczyny, nad drogą polną, jest zbudowany z dwóch niezależnych ustrojów nośnych w postaci blachownic spawanych z jazdą górą z nawierzchnią kolejową na mostownicach (rys. 7). Pręsła pracują w schemacie belek swobodnie podpartych. Wsparte są za pomocą łożysk stalowych na wspólnych przyczółkach żelbetowych (rys. 8 i 9) z oblicowaniem kamiennym (pochodzącym ze starych przyczółków mostu wybudowanego jeszcze w 1907 r.). Przyczółki są połączone rozporami wykonanymi z podwójnego ceownika [I] 200, poprowadzonymi po obu stronach ustroju nośnego toru nr 2 (południowego), powyżej pasa dolnego blachownic. Zamontowane rozpory pomiędzy przyczółkami zmieniają pierwotny schemat pracy konstrukcji. Połączenie przyczółków zamienia schemat statyczny wiaduktu w ramę z rygiel łączonym przegubowo. Rygiel, z uwagi na swoją sztywność, ma zupełnie inną charakterystykę pracy przy ściskaniu oraz przy rozciąganiu. Nie jest znany sposób połączenia (zakotwienia) rozpór z przyczółkami.



**Rys. 7. Widok z boku**  
**Fig. 7. Side view**



Rys. 8. Widok na przycółek nr 1  
Fig. 8. Abutment no.1 view



Rys. 9. Widok na przycółek nr 2  
Fig. 9. Abutment no.2 view

Prawdopodobnym powodem zamontowania tych rozpór były problemy z przycółkami zaciskającymi się na ustroju nośnym w trakcie ujawniających się w podłożu obiektu poziomych odkształceń ściskających.

Wstawienie rozpór zahamowało proces zakleszczania przęsła w przycółkach, jednakże tym samym rozpory te stały się jedną z przyczyn uszkodzenia przycółków, polegających na odspojeniu obu ław podłożyskowych od korpusu przycółków. Uszkodzenia te zostały usunięte podczas remontu w 2015 r. W trakcie remontu rozpory nie zostały usunięte. Pozostawienie rozpór ogranicza możliwość przejścia przez obiekt większych odkształceń rozciągających. Zamontowanie rozpór pomiędzy przycółkami należy traktować jako zabezpieczenie doraźne. Zaletą tego rozwiązania było stosunkowo proste zahamowanie zjawiska zaciskania się przycółków na dźwigarach ustroju nośnego. Wadą tego rozwiązania okazał się sposób zamocowania rozpór tylko do ław podłożyskowych, a nie do korpusu przycółka, co zaowocowało odspojeniem ław od korpusu i koniecznością wykonania remontu w trybie awaryjnym.

Należy zaznaczyć, że zastosowane zabezpieczenie ogranicza możliwość przejścia przez obiekt dalszych wpływów

eksploatacji górniczej, a w szczególności odkształceń rozciągających.

### 3. Podsumowanie

Przedstawione powyżej przykłady nietypowych zabezpieczeń obiektów mostowych przed wpływami eksploatacji górniczej nie stanowią skończonego katalogu rozwiązań w tym zakresie i należy je traktować raczej jako wstęp do szerszej dyskusji. Żadne ze stosowanych zabezpieczeń nie jest doskonałe i nie będzie spełniać swojej roli w każdych warunkach. Zastosowanie nieodpowiednich, niewłaściwie dobranych zabezpieczeń przed wpływami eksploatacji górniczej może ograniczać zakres przyszłej eksploatacji górniczej. Nawet najlepsze rozwiązania projektowe mogą być w praktyce zdyskredytowane poprzez błędy wykonawcze lub zaniedbania podczas montażu. Dlatego tak istotna jest większa znajomość specyfiki współpracy obiektów mostowych z deformującym się podłożem gruntowym - nie tylko przez projektantów, ale także przez osoby administrujące obiektami mostowymi. Większa znajomość możliwych rozwiązań konstrukcyjnych

i dzielenie się wzajemnie doświadczeniami będzie z pewnością wpływać korzystnie na decyzje podejmowane w zakresie zabezpieczania obiektów mostowych przed wpływami eksploatacji górniczej i ich utrzymania w warunkach ujawniania się górniczych deformacji podłoża gruntowego.

*Specjalne podziękowania dla wszystkich osób i instytucji, które pomogły w zgromadzeniu materiałów oraz dla dr. inż. Wiesława Miki i dr. hab. inż. Andrzeja Kowalskiego, prof. GIG za pomoc w przygotowaniu artykułu.*

## Literatura

- SALAMAK M. 2013 - Obiekty mostowe na terenach z deformującym się podłożem w świetle kinematyki brył. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- ROSIKOŃ A. 2004 - O obrotach podpór i przęseł mostu. Rosikoń-Press, Warszawa.
- ROSIKOŃ A. 1979 - Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górniczymi, WKiŁ, Warszawa.
- SALAMAK M. 1994 - Projekt techniczny budowy mostu przez rzekę Szarlejkę w Piekarach Śląskich, Promost Wisła.

Artykuł wpłynął do redakcji – listopad 2019

Artykuł akceptowano do druku – 25.01.2020



# THIELE

Fabryka Łańcuchów Przenośnikowych  
i Technicznych Kuźnia Matrycowa

- Łańcuchy ogniwowe górnicze i ogniwa złączne
- Łańcuchy zawiesiowe i uchwyty transportowe
- Łańcuchy ogniwowe nawęglane, kute i płytkowe



THIELE GmbH & Co. KG  
Tel.: +49 2371-947 0

Werkstr. 3  
Fax: +49 2371-947 295

58640 Iserlohn  
info@thiele.de

Germany  
www.thiele.de