

Izabela BRYT - NITARSKA
Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski, Gliwice

O POTRZEBIE MONITORINGU OBIEKTÓW MOSTOWYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH NA PRZYKŁADZIE AWARII UŁOŻYSKOWANIA PEWNEGO WIADUKTU

Streszczenie. W referacie podano zalecany zakres monitoringu obiektów mostowych zlokalizowanych na terenach górniczych. Przedstawiono przypadek wiaduktu, w którym na skutek zsunięcia się podpór wystąpiło awaryjne położenie wałków łożysk przesuwnych.

ABOUT THE NECESSITY OF MONITORING OF BRIDGES LOKALIZED ON MINING AREAS BASING ON EXAMPLE OF BRIDGE BEARINGS DAMAGE

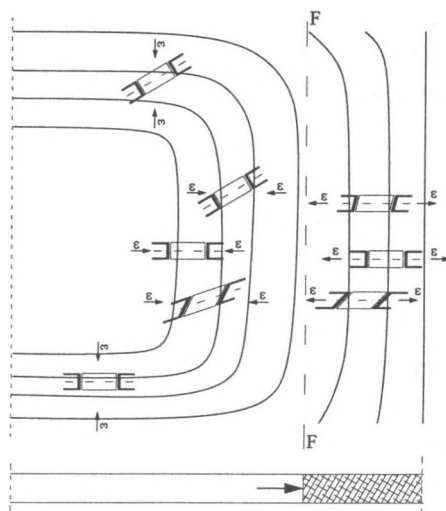
Summary. The paper presents scope of monitoring for bridge objects lokalized on mining areas. It's showing the catastrophe of a bridge bearings on the viaduct, which have happened as a result of mining impact.

1. Wprowadzenie

Obiekty mostowe są ważnymi elementami ciągów komunikacyjnych, a możliwość prawidłowej pracy i bezpiecznego użytkowania ich konstrukcji zapewnia płynność ruchu drogowego. Konieczność wyłączenia obiektu z użytkowania powoduje natomiast zwykle znaczne komplikacje w organizacji komunikacji.

Przy projektowaniu na terenach górniczych nowych obiektów mostowych można ograniczyć negatywne skutki deformacji powierzchni, poprzez zapewnienie swobody przesunięć i obrotów elementów konstrukcji oraz przyjęcie właściwych rozwiązań w obrębie łożysk mostowych [1]. Istnieje jednak wiele obiektów, które wzniesiono bez uwzględnienia możliwości oddziaływania deformacji górniczych oraz takich, w których na skutek

ujawniania się tego typu oddziaływań elementy konstrukcji uległy wzajemnym, często granicznym przemieszczeniom. W takich przypadkach w warunkach podejmowania eksploatacji parcel węgla konieczne jest sformułowanie warunków profilaktyki górniczej i budowlanej. Zakres działań, w tym również ewentualnych prac adaptacyjnych, określa się wówczas na podstawie analizy kinematycznej obiektu przeprowadzonej dla szczegółowej prognozy górniczej, z uwzględnieniem położenia granic parcel i kierunku przesuwania się frontów eksploatacji pokładów (rys. 1).



Rys. 1. Przykłady usytuowania konstrukcji mostowych względem izolinii obniżenia terenu, odpowiadających położeniu frontu eksploatacji górniczej F-F

Fig. 1. The site of the bridges in relation to subsidence at the land. F-F – the front of mining exploitation

Dane na temat możliwych do wystąpienia w terenie deformacji uzyskuje się z prognozy górniczej. Wartości wskaźników opisujących deformacje obciążone są jednak błędami [2], wynikającymi z:

- teoretycznych modeli wyznaczania wskaźników, które opisują rzeczywistość w sposób przybliżony,
- ograniczonych możliwości dokładnego rozpoznania warunków geologicznych,
- podejmowania zmian w planach eksploatacyjnych już w trakcie realizacji eksploatacji.

Wszystko to powoduje, że ujawnione w terenie deformacje mogą być zwiększone w stosunku do prognozowanych. Dlatego też dla obiektów mostowych, w warunkach ujawniania się wpływów deformacji górniczych, zaleca się prowadzenie monitoringu pionowych i poziomych przemieszczeń podpór i zmian w stanie ułożyskowania. Na podstawie stałej, systematycznej obserwacji można podjąć działania stopniowego

dostosowania obiektu mostowego do przejścia oddziaływań górniczych. Daje to możliwość zapobieżenia sytuacjom awaryjnym, które są niekorzystne z uwagi na zmianę rozkładu obciążeń przypadających na elementy konstrukcji nośnej, a równocześnie ze względów technicznych trudne do usunięcia. Po przekroczeniu bowiem granicznych wartości poziomych przemieszczeń podpór, proces rektyfikacji położenia przęsła na podporach wymaga zastosowania dodatkowych konstrukcji wsporczych, a łożyska mostowe mogą wymagać przekonstruowania.

2. Zakres monitoringu

Podstawowy zakres programu pomiarów kontrolnych obiektów mostowych na terenach górniczych powinien obejmować:

- pomiary osiadań podpór, prowadzone w celu kontroli równomierności osiadań pojedynczych podpór i całego układu konstrukcyjnego,
- prowadzenie pomiarów przechyleń podpór na kierunkach podłużnym i poprzecznym, których celem jest uchwycenie występowania wychyleń podpór z płaszczyzny pionowej,
- pomiary przemieszczeń podpór ujawniające się w łożyskach obiektu, które należy prowadzić na zastabilizowanych wcześniej wskaźnikach pomiarowych, a stwierdzone wartości przemieszczeń podłużnych i poprzecznych należy odnotowywać w dzienniku pomiarowym [3]. Na podstawie tych pomiarów podejmuje się decyzję o konieczności rektyfikacji obiektu, wynikającej z geometrii łożysk,
- kontrolę zmiany pochylenia linii łożysk,
- pomiary zmian szerokości przerw dylatacyjnych pomiędzy przęsłami, w obiektach wieloprzęsłowych,
- kontrolę zmian spadków podłużnych i poprzecznych, jeżeli jest to wymagane z uwagi na klasę drogi przebiegającej na obiekcie (np. wymagany spadek poprzeczny dla drogi o nawierzchni twardej ulepszonej wynosi 2,0%),
- kontrolę zmian wysokości skrajni pod obiektem (np. minimalna wymagana wysokość skrajni nad autostradą wynosi 4,7 m).

Wskazane w programie pomiary kontrolne należy prowadzić z częstością dostosowaną indywidualnie do prędkości narastania deformacji terenu powstałych na skutek prowadzenia eksploatacji górniczej.

3. Przypadek awarii ułożyskowania

Na skutek górniczych deformacji terenu, a w szczególności ujawniających się poziomych zągęszczających przemieszczeń gruntu, wystąpiło znaczne zsuniecie się podpór jednoprzęsłowego wiaduktu drogowego. Doprowadziło to do awaryjnego położenia wałków łożysk i w rezultacie konieczności wyłączenia obiektu z użytkowania.

3.1. Opis obiektu

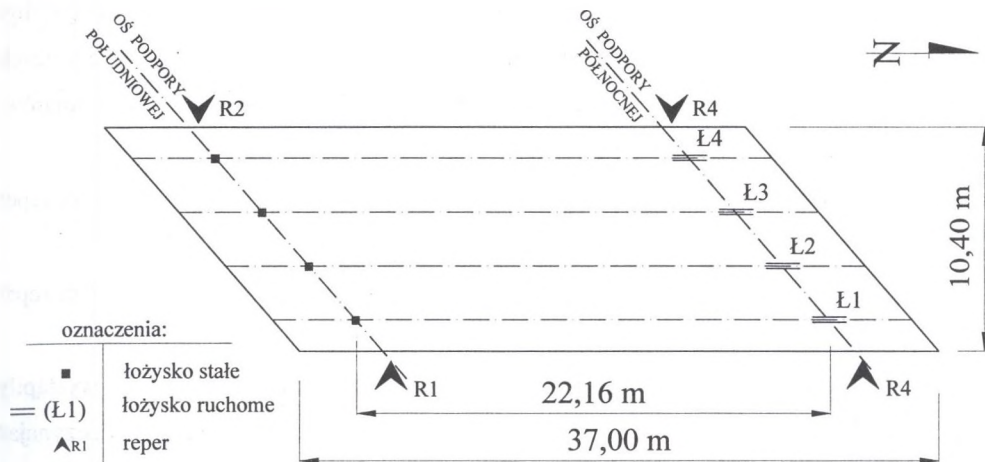
Omawiany obiekt to wiadukt drogowy o konstrukcji żelbetowej, jednoprzęsłowy - dwuwspornikowy. Obiekt przeprowadza jezdnię o szerokości 6,0 m oraz dwa chodniki o szerokościach ok. 2,20 m każdy nad linią kolejową. Całkowita szerokość wiaduktu wynosi 10,40 m, a długość 37,0 m.

Ustrój nośny obiektu jest belkowo-płytowy, składający się z czterech dźwigarów głównych rozmieszczonych w rozstawach osiowych 2,50 m. Rozpiętość przęsła na podporach wynosi 22,16 m. Belki dźwigarów o szerokościach 46 cm są o zmiennej wysokości - od 1,11 m - w środku rozpiętości przęsła głównego do 2,20 m - nad podporami. Dźwigary zwieńczone są górą płytą pomostową o grubości ok. 25 cm, zakończoną z obu stron monolitycznymi gzymsami o wysokościach 60 cm. Na końcach konstrukcji nośnej znajdują się poprzecznicze skrajne, z przedłużeniem poza obrys ustroju w postaci skrzydełek usytuowanych równolegle do osi podparcia konstrukcji. Płyta pomostowa uźebrowana jest poprzecznkami przęsłowymi prostopadłymi do osi obiektu.

Dla oparcia przęsła wykonano dwa filary żelbetowe o konstrukcji ścianowej, grubości 70 cm i wysokościach od powierzchni stożków nasypowych ok. 2,80 m i ok. 3,40 m. Do filara północnego od strony wspornika dobudowano w późniejszym okresie dodatkowy blok betonowy.

W linii połączenia ustroju nośnego z nasypem (nad linią zamocowania płyt przejściowych), po obu stronach obiektu, znajduje się szczelna dylatacja bitumiczna o wymiarze 50×30×10 cm (dla przemieszczeń ±15 mm).

Na obiekcie zastosowano łożyska stalowe zainstalowane pod każdą główną belką: nieprzesuwne - na filarze południowym i ruchome jednowałkowe - na filarze północnym (rys. 2).



Rys. 2. Schemat łożysk obiektu. Lokalizacja reperów

Fig. 2. The schema of a bridge bearing. Diagram of a measuring marks

Łożyska ruchome są jednowałkowe o średnicy wałka 400 mm (z kryzami 450 mm) i długości 540 mm (z kryzami 600 mm). Błacha dolna łożyska ruchomego jest o wymiarach 460×400×35 mm, natomiast blacha górna, którą poszerzono w ramach wcześniej przeprowadzonych prac adaptacyjnych, ma wymiary 1093×400×(35±104) mm, i jest zbudowana z odcinków płyt: 400×460×60 mm – płyta pierwotna + 460×693×(35±104) mm – część dodatkowa.

W 2004 roku w ramach przeprowadzonych prac remontowych i adaptujących obiekt do przejścia prognozowanych wpływów górniczych [4], doprowadzono wałki łożysk przesuwnych do położenia centrycznego, i zainstalowano na nich wskaźniki do pomiaru przemieszczeń.

3.2. Sytuacja górnicza, wyniki pomiarów geodezyjnych

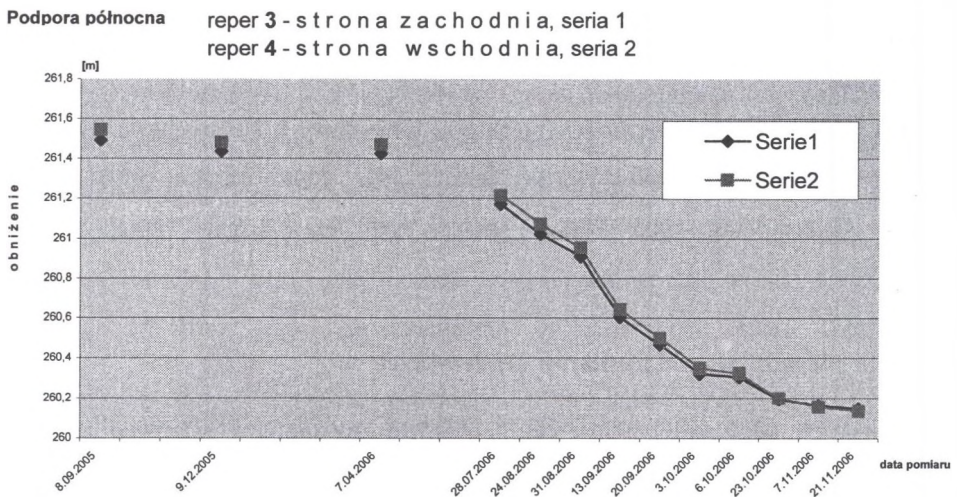
W przeszłości rejon lokalizacji obiektu podlegał wpływom eksploatacji górniczej prowadzonej w sześciu pokładach węgla. Pod wiaduktem wyeksploatowano złoża o łącznej miąższości ok. 9,5 m na głębokościach od 320 m do 555 m. Wszystkie eksploatacje realizowane były frontem ścianowym, przy zawałowym sposobie prowadzenia stropu.

W 2004 r. podjęto eksploatację górniczą w kolejnym pokładzie położonym pod obiektem, na głębokości 610 m, czterema ścianami o wysokościach 2,8 m. Jedna ze ścian usytuowana była bezpośrednio pod obiektem, a krawędź frontu eksploatacji położona była prostopadle do osi podłużnej wiaduktu.

W warunkach prowadzenia eksploatacji od czerwca 2005 r. wiadukt objęty był okresowymi, geodezyjnymi pomiarami obniżeń reperów zainstalowanych na poprzecznicach czołowych pomostu oraz na podporach wiaduktu. W okresie prowadzenia pomiarów, tj. do listopada 2006 r., obniżenia podpór wyniosły (ozn. reperów 1, 2, 3, 4):

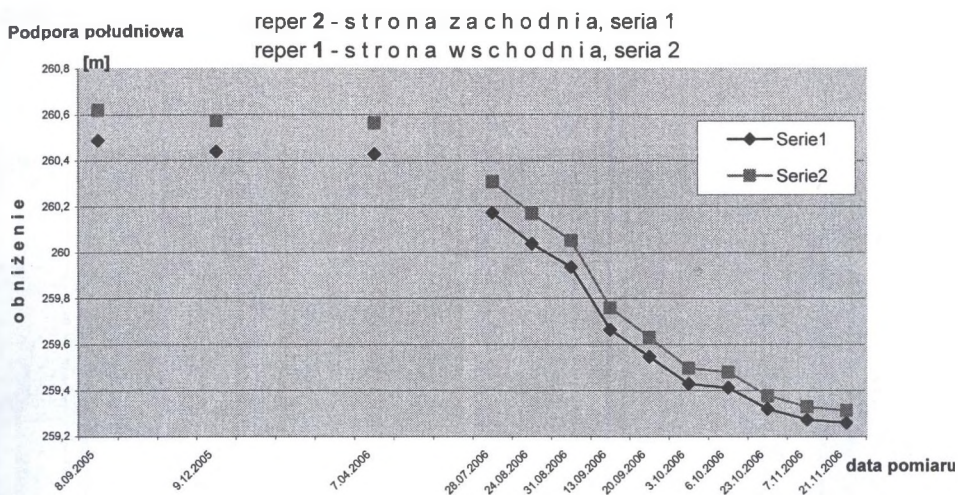
- podpora usytuowana po stronie północnej - 1,349 m, reper zachodni i 1,414 m reper wschodni,
- podpora usytuowana po stronie południowej - 1,229 m, reper zachodni i 1,307 m reper wschodni.

Z wyników pomiarów reperów wynika, że początkowe obniżenia podpór wystąpiły we wrześniu 2005 r. i do kwietnia 2006 r. wynosiły maksymalnie 3 mm/miesiąc. Poczynając od kwietnia br. następowało zwiększanie się przyrostów obniżeń do maksymalnej wartości 23,9 mm/dzień w okresie od 31.08. do 13.09. br. Do 20.09. zmniejszyła się prędkość narastania obniżeń do maksymalnej wartości 1,97 mm/dzień, a od września do listopada następował dalszy spadek przyrostów. W ostatnim okresie pomiarowym przyrosty obniżeń przyjmowały pomijalne wartości. Przebieg osiadań reperów na podporach przedstawiono na rys. 3,4.



Rys. 3. Obniżenia reperów na podporach wiaduktu, w okresie wrzesień 2005 r. ÷ listopad 2006 r. , podpora północna

Fig. 3. The reduction measuring marks on viaduct supports, September 2005 ÷ November 2006, North support



Rys. 4. Pomiary obniżień reperów na podporach wiaduktu, w okresie wrzesień 2005 r. ÷ listopad 2006 r., podpora południowa

Fig. 4. The reduction measuring marks on viaduct supports, September 2005 ÷ November 2006, South support

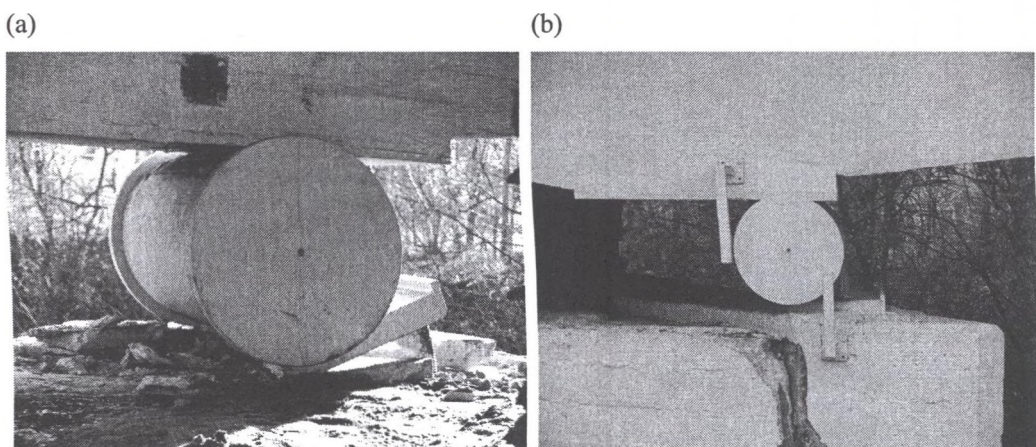
3.3. Stan łożysk po przejściu frontu eksploatacji górniczej

Na przestrzeni dwóch miesięcy wszystkie wałki łożysk przesuwnych znalazły się w awaryjnym położeniu względem płyt dolnych, gdyż wszystkie z nich oparły się na ogranicznikach przesuwu przyspawanych do płyt dolnych łożysk.

W przypadku skrajnego łożyska nr 1 (rys. 5 (a)) i wewnętrznego – nr 2 nastąpiło oderwanie płyt dolnych od powierzchni ławy podłożyskowej, wzdłuż krawędzi południowych oraz zniszczenie podlewki. Łożyska nr 3 i nr 4 wtoczyły się na ograniczniki przesuwów. Wartości przemieszczeń dolnych i górnych blach łożysk względem siebie, pomierzone w listopadzie 2006 r. na wskaźnikach pomiarowych wyniosły:

- łożysko nr 1 (rys. 5): wskaźnik wschodni: 390 mm
 wskaźnik zachodni: 395 mm
- łożysko nr 2: wskaźnik wschodni: 370 mm
 wskaźnik zachodni: 385 mm
- łożysko nr 3: wskaźnik wschodni: 360 mm
 po stronie zachodniej brak wskaźnika
- łożysko nr 4 (rys. 5 (b)): wskaźnik wschodni: 339 mm
 po stronie zachodniej brak wskaźnika

Dalsze ujawnianie się przemieszczeń obiektu mogło spowodować gwałtowne spadnięcie wałków z płyt dolnych i wywołanie dynamicznego obciążenia obiekt.



Rys. 5. Widok łożyska (a) nr 1, (b) nr 4
Fig. 5. View of bridge bearing (a) n^o 1, (b) n^o 4

3.4. Podjęte działania zabezpieczające

Dla zachowania bezpieczeństwa obiektu wykonano dodatkowe podparcia tymczasowe ustawione pod poprzecznicą podporową (rys. 6).



Rys. 6. Widok dodatkowego podparcia
Fig. 6. View of the additional support

Podkasztoowania wykonano z szyn S49 układanych warstwami na przemian równolegle i prostopadle do osi podparcia. Pierwszą warstwę szyn osadzono na zaprawie, posadawiając

szyny częściowo na filarze, a częściowo na dodatkowym bloku betonowym. Kolejne warstwy szyn układano prostopadłe zespawując ze sobą. Konstrukcję każdej z kaszt tworzą: cztery warstwy szyn po 8 sztuk.

Na górnej warstwie szyn ułożono blachy o wymiarach ok. 400×50 mm i łącznych wysokościach dla poszczególnych kaszt od 90 mm do 115 mm. Blachę dolną zespawano z szynami. Pozostałe blachy zespawano ze sobą. Pomiędzy blachą dolną a blachami górnymi zastosowano smar grafitowy. Pomiędzy blachami górnymi kaszt a dolną powierzchnię poprzecznic, od strony wspornika, dołożono przekładki. Przekładki te nie wypełniały przestrzeni pomiędzy blachami i poprzecznicą na całej ich długości.

Z oględzin stanu kaszt wynikało, że pełne podparcie na blachach górnych podpór tymczasowych występowało tylko na jednej kaszcie. W obrębie blach tej podpory widoczne było również ich wzajemne przemieszczenie się o ok. 59 mm w kierunku na zachód i 47 mm w kierunku na południe. W obrębie pozostałych podpór tymczasowych pomimo uzupełniania przestrzeni podkładkami z blach brak było pełnego przylegania blach do powierzchni poprzecznic. Na tych podparciach nie stwierdzono jednak przemieszczeń.

3.5. Ocena stanu obiektu

Z uwagi na brak możliwości bezpiecznego przekazywania obciążeń z ustroju nośnego na podporę północną uznano, iż obiekt znajduje się w stanie awaryjnym i na tej podstawie podjęto decyzję o wyłączeniu go z użytkowania. Tymczasowe podparcie obiektu kasztami redukowało siłę przekazywaną na wałki łożysk, nie zabezpieczało jednak dostatecznie obiektu w przypadku dalszych zagęszczających przemieszczeń gruntu.

Podjęte działania doraźne, np. rozebranie nawierzchni nad płytami przejściowymi odprężyło częściowo konstrukcję, głównie jednak od wpływu naporu gruntu na powierzchnie poprzecznic skrajnych.

Na podstawie analizy geodezyjnych pomiarów obniżenia reperów zainstalowanych na podporach obiektu oraz na podstawie analizy przyrostów poziomych przemieszczeń łożysk wałkowych stwierdzono, że deformacje podłoża uległy stabilizacji, a teren lokalizacji obiektu wszedł w fazę uspokojenia. Za konieczne uznano podjęcie docelowych działań dla przywrócenia obiektu do pełnego użytkowania.

4. Podsumowanie

Sytuacja awaryjna, jaka zaistniała w stanie ułożyskowania omówionego w referacie obiektu, wynikała z faktu, że wskaźniki deformacji terenu, które ujawniły się w rejonie jego lokalizacji, w znaczny sposób przekroczyły wartości prognozowane. Dodatkowym negatywnym czynnikiem była dynamika ujawniania się wpływów i znaczne przyrosty osiadań powierzchni terenu w krótkim czasie, co mogło wynikać z zachowania się wzruszonych już warstw górotworu i nadkładu.

Należy podkreślić, że pomimo zainstalowania na łożyskach przesuwnych wskaźników pomiarowych, w okresie ujawniania się wpływów dynamicznych eksploatacji górniczej nie prowadzono na nich pomiarów przemieszczeń ustroju nośnego. Prowadzenie tego typu obserwacji geodezyjnych pozwoliłoby natomiast na podjęcie działań stopniowego dostosowywania obiektu mostowego do przejścia deformacji - w miarę postępu eksploatacji górniczej, tj. kilkusetapowej rektyfikacji położenia przęsła na wałkach łożysk. Działania te mogłyby być podejmowane bez konieczności całkowitego wyłączenia wiaduktu z ruchu.

LITERATURA

1. Wytyczne techniczno – budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej. Instytut Dróg i Mostów Politechniki Śląskiej, Warszawa 1977.
2. Kowalski A.: O błędach prognozy wskaźników deformacji powierzchni spowodowanych błędami parametrów powierzchni. Materiały Konferencyjne, VIII DMG. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, Katowice 2005.
3. Śliwka J.: Nośność mostowych i oporowych konstrukcji uszkodzonych przemieszczeniami podłoża. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Budownictwo z. 87, Gliwice 2000.
4. Opinia techniczna określająca stan techniczny, sposób naprawy oraz zabezpieczenia przed wpływem eksploatacji górniczej wiaduktu położonego w Rudzie Śląskiej w ciągu ulicy Orzeszkowej. Instytut Techniki Budowlanej. Gliwice, grudzień 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek