

# Wytyczne obserwacji ciągłej obiektów zlokalizowanych na terenach górniczych

## Instructions for continuous observation of built features located in post-mining areas



Dr inż. Marta Kadela\*)



Dr inż. Łukasz Bednarski\*\*\*)

**Treść:** Proces monitorowania obiektów budowlanych, poprzez pomiar i analizę wybranych wielkości fizycznych, pozwala na śledzenie i ocenę stanu technicznego obiektów, a przez to eliminację potencjalnych zagrożeń. Obserwowane wielkości fizyczne należy dobrać tak, by wyniki mogły być w sposób łatwy i jednoznaczny powiązane z czynnikami mającymi wpływ na zachowanie się obiektów. Prawidłowo pomierzone i zinterpretowane wyniki stanowią bowiem podstawę oceny zachowania się obiektów na terenach górniczych oraz co najważniejsze – pozwalają na uniknięcie sytuacji niebezpiecznych, wystąpienia awarii bądź katastrofy budowlanej. Przedstawiono możliwości zastosowania stałego monitorowania zmian wybranych wielkości fizycznych, do kontroli stanu technicznego obiektu w trakcie oddziaływań eksploatacji górniczej. Doświadczenia z ciągłych obserwacji oraz wynikające z tego zalecenia oparte są na prowadzonych obserwacjach dwóch wiaduktów w Rudzie Śląskiej poddanych wpływom eksploatacji górniczej.

**Abstract:** The process of built features monitoring by measurement and analysis of selected physical quantities allows to track and evaluate their technical condition thereby eliminate potential hazards. The observed physical quantities should be selected so that the results are simply and unequivocally connected with factors affecting the buildings' behaviour. Properly measured and interpreted results are essential for the object's behaviour evaluation in post-mining area and, more importantly, allow to avoid hazards such as the occurrence of breakdown or construction disaster. This paper presents the possibilities for implementation of the continuous monitoring of the changes of selected physical quantities in order to control the object's technical condition during mining influences. The presented experiments from continuous observations and the resulting recommendations are based on observation of two viaducts in Ruda Śląska which were subjected to mining influences.

### Key words:

eksploatacja górnicza, monitoring, obiekty mostowe

### Słowa kluczowe:

mining exploitation, monitoring, bridge structures

## 1. Wprowadzenie

Przedsiębiorca górniczy, podejmując eksploatację pod terenami zabudowanymi, powinien spełniać odpowiednie warunki, w tym również przewidywać skutki tej eksploatacji w istniejącej na powierzchni zabudowie. Na skutek uszkodzeń wywołanych prowadzoną eksploatacją górniczą [1] odżywa problem prowadzenia bieżącej oceny stanu technicznego obiektów poddanych wpływom eksploatacji górniczej w aspekcie oceny bezpieczeństwa ich użytkowania.

Ciągły monitoring obiektów budowlanych jest procesem, który poprzez pozyskiwanie, przetwarzanie i analizę informacji pozwala na przewidywanie i unikanie potencjalnych zagrożeń. Przy wykorzystaniu dostępnych systemów pomiarowych można określać zmiany w pracy konstrukcji spowodowane m.in. obciążeniami stałymi, zmiennymi, w tym obciążeniem śniegiem, tłumem ludzi i pojazdami, a także oddziaływaniami sejsmicznymi, parasejsmicznymi i górniczymi. Podstawowym zadaniem systemu monitorowania jest przede wszystkim ocena bezpieczeństwa obiektu budowlanego, co wiąże się zawsze z istnieniem dwóch podstawowych podsystemów:

- obserwacyjnego - odpowiedzialnego za zbieranie informacji,

\*) Instytut Techniki Budowlanej Oddział Śląski \*\*) AGH w Krakowie

- ostrzegawczego – odpowiedzialnego za analizę pozyskiwanych informacji oraz informowanie o nadchodzących zagrożeniach [2].

W przypadku obiektów mostowych zlokalizowanych na terenach górniczych bardzo ważne jest bezwzględne położenie poszczególnych brył w trakcie deformacji podłoża, ponieważ najbardziej niekorzystny układ brył może zdarzyć się w jakimś etapie niekoniecznie pokrywającym się z wartościami ekstremalnymi czy końcowymi. Poza tym wpływy z poszczególnych etapów sumują się w postaci przyrastających lub malejących przemieszczeń w łożyskach i przerwach dylatacyjnych [3].

Ciągle obserwowane zmiany odpowiednio wybranych wielkości fizycznych, może dać sporą bazę informacji, o odpowiedzi elementów konstrukcji obiektów na oddziaływanie górnicze. Największy problem stanowi jednak dobór takich wielkości fizycznych, przykładowo liniowych przemieszczeń i/lub odkształceń, które mogą być monitorowane za pomocą odpowiedniej aparatury pomiarowej [4,5] oraz, które mogą być w łatwy i jednoznaczny sposób powiązane z działającym czynnikiem. Gdyż dopiero prawidłowo pomierzone i zinterpretowane wyniki stanowią podstawę prawidłowej oceny zachowania się obiektów na terenach górniczych, a tym samym pozwalają na uniknięcie wystąpienia sytuacji niebezpiecznej, awarii lub katastrofy budowlanej. Ma to ogromne znaczenie w przypadku obiektów w szczególnej sytuacji górniczej (obiekty wielobryłowe, obiekty zlokalizowane w sposób szczególny względem frontu eksploatacji lub poddawanych wielokrotnym oddziaływaniom wpływów górniczych), wymagającej w niektórych przypadkach dogłębnej analizy ich zachowania pod wpływem dodatkowego oddziaływania, jak również w przypadku obiektów złożonych, przy których analiza kinematyczna dostarcza wielu trudności.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości zastosowania stałego pomiaru zmian wybranych wielkości fizycznych elementów konstrukcyjnych, z użyciem aparatury strunowej, do kontroli ich stanu technicznego w trakcie oddziaływań eksploatacji górniczej. Przedstawione doświadczenia z ciągłych obserwacji oraz wynikające z tego zalecenia oparte są o prowadzone obserwacje zmiany przemieszczeń, zachodzących w czasie, elementów konstrukcyjnych dwóch wiaduktów w Rudzie Śląskiej poddanych wpływom eksploatacji górniczej [6].

## 2. Informacje ogólne o obiekcie poddanym wpływom deformacji terenu

### 2.1. Charakterystyka obiektu

Wiadukt drogowy i tramwajowy zlokalizowane w ciągu ulicy Niedurnego w Rudzie Śląskiej stanowią przejście nad przeszkodą w postaci torów linii kolejowych i tym samym zapewniają ciągłość transportu drogi ruchu kołowego oraz szynowego (linia tramwajowa) – rys. 1. Wiadukty zostały wzniesione w latach 70. XX wieku, a w 2010 roku przeprowadzona została ich modernizacja w celu dostosowania konstrukcji obiektu do przejścia wpływów od eksploatacji górniczej odpowiadających III kategorii deformacji terenu. W kwietniu i maju 2013 r. wiadukty zostały poddane działaniom naprawczym (udrożnienie dylatacji, naprawa spękania ściany zapleczonej), mającym na celu umożliwienie przejścia wpływów od prowadzonej eksploatacji górniczej prowadzonej ścianą 226.

Wymiary gabarytowe wiaduktów wynoszą odpowiednio: 13,5 x 18,1 m i 9,8 x 18,0 m. Pręsła wiaduktów zostały wykonane w konstrukcji płytowo-belkowej i rozdzielone przerwą dylatacyjną o projektowanej szerokości wynoszącej ok. 4 cm. Dla oparcia każdego z przęsł wiaduktów wykonano masywne, żelbetowe przyczółki posadowione w sposób bezpośredni, które rozdzielono przerwą dylatacyjną o projektowanej szerokości ok. 30 cm. Dokładny opis konstrukcji został przedstawiony w [6].

### 2.2. Warunki górnicze i pomiary geodezyjne

Podczas obserwacji (lata 2011-2014) wiadukty znajdowały się w zasięgu wpływów eksploatacji:

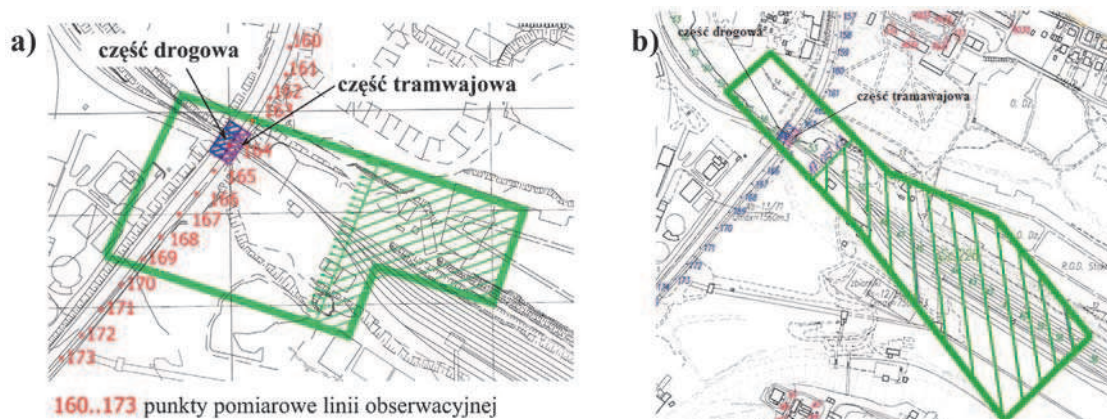
- ściany 423 w pokładzie 504 o miąższości 2,1 m, prowadzonej od czerwca do grudnia 2011 r. systemem z zawałem stropu na głębokości 520 m – rys. 2 a,
- ściany 226 w pokładzie 502 w.g. o miąższości 2,7 m, prowadzonej od listopada 2012 r. do lipca 2013 r. systemem z zawałem stropu na głębokości 510 m – rys. 2 b.

Podczas prowadzenia eksploatacji, teren w rejonie lokalizacji obiektów był objęty okresowymi pomiarami geodezyjnymi od 24.06.2011r. do 18.10.2013 r. [7].



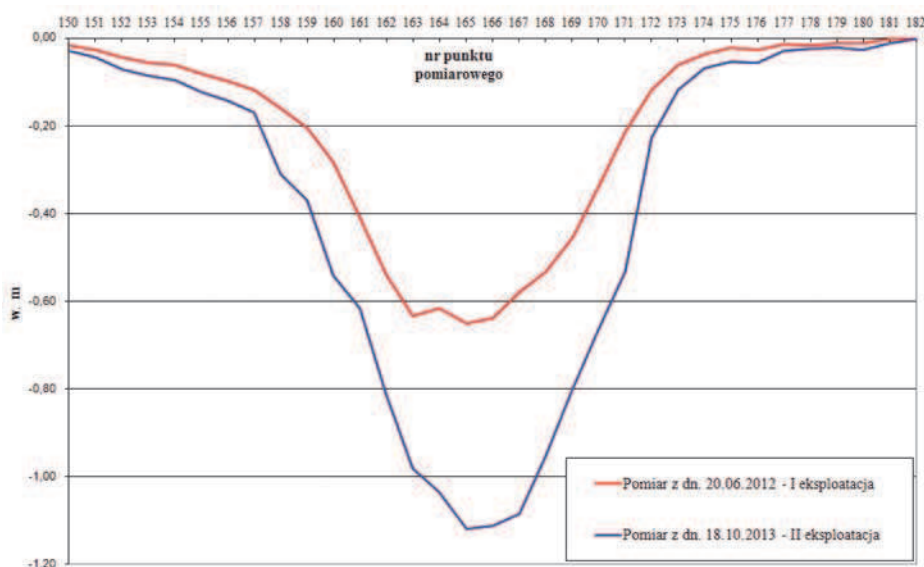
Rys. 1. Wiadukty – tramwajowy i drogowy a) widok od strony południowo-zachodniej, b) widok od strony północno-wschodniej

Fig. 1. Tram and road viaducts a) southwest view, b) northeast view



Rys. 2. Sytuacja górnicza terenu w rejonie lokalizacji obserwowanego wiaduktu według [7] na dzień a) 24.08.2011 r. [6], b) 17.05.2013 r.

Fig. 2. Mining area condition close to the observed viaduct according to [7] data from a) 24 August 2011. [6] b) 17 May 2013



Rys. 3. Obniżenia punktów pomiarowych po zakończeniu I i II eksploatacji (pkt 164 zastabilizowany na konstrukcji wiaduktu)

Fig. 3. Subsidence of measurement points after I and II exploitation (p. 164 stabilized on the viaduct's structure)

W okresie od 30.08. 2011 r. do 18.10.2013 r. w skutek prowadzonych eksploatacji wykształciła się regularna niecka o największym obniżeniu w południowym rejonie obserwowanych wiaduktów (punkt 165 na rys. 2÷3). Dla pierwszej eksploatacji największe obniżenie terenu było równe ok. 0,66 m, a całkowite obniżenie terenu wywołane obydwoma eksploatacjami wyniosło 1,12 m.

### 3. System pomiarowy

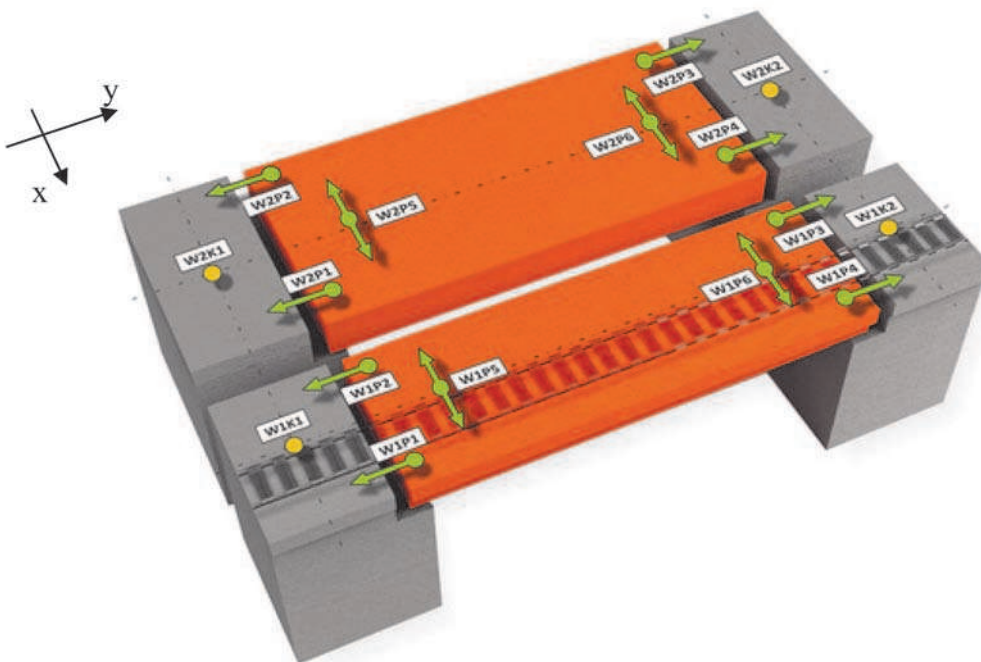
System obserwacji ciągłej dwóch wiaduktów w Rudzie Śląskiej został założony w sierpniu 2011 r. przez mgr inż. Beatę Parkasiewicz [6]. Początkowo system pomiarowy składał się z 12 czujników (rys. 4), w tym z:

- 8 czujników (Geokon 4420) do pomiaru przemieszczeń płyty pomostu względem przyczółków na kierunku  $x$  –

W.P. <sub>$i$</sub>  ( $i=1$  dla wiaduktu drogowego, 2 – tramwajowego;  $j=1÷4$  – nr czujnika),

- 4 czujników (Geokon 6350) do pomiaru wychyleń brył przyczółków w dwóch prostopadłych płaszczyznach – W.K. <sub>$i, j$</sub>  ( $i, j = jw.$ )

oraz 16-kanalowego rejestratora, zbierającego dane pomiarowe. Dane pomiarowe były czytywane bezpośrednio z rejestratora średnio co 30 dni. Dokładny opis systemu pomiarowego został przedstawiony w [6]. Z uwagi na prowadzony front eksploatacji (rys. 2) oraz celem obserwacji pełnego obrazu zachowania obiektów mostowych poddanych wpływom eksploatacji górniczej, system pomiarowy został zmodyfikowany w maju 2013 r. przez autorów artykułu. Dodano 4 czujniki pomiaru przemieszczeń płyty pomostu względem przyczółków na kierunku  $x$  – W.P. <sub>$i$</sub>  ( $i=5÷6$ ) oraz zmieniono system rejestracji i przetwarzania danych.



Rys. 4. Rozmieszczenie czujników na wytypowanych obiektach po modernizacji systemu obserwacji. Oznaczenia: czujniki do pomiaru przemieszczeń – WP; kątomierze – WK [8]

Fig. 4. Arrangement of sensors on selected objects after the monitoring system renovation. Symbols: sensors for dislocation measurements – WP; protractors – WK [8]

4. Wyniki

4.1. Wyniki pomiarów ciągłych

W płaskim stanie odkształcenia terenu przy ocenie wpływu prognozowanej deformacji terenu na obiekt mostowy, projektanta interesują dwa zasadnicze parametry mogące stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa konstrukcji – przemieszczenia w obrębie łożysk i przerw dylatacyjnych oraz różnice osiadań podpór [3]. Dzięki systemowi obserwacji ciągłej zaobserwowano, że w miarę zbliżania się frontu eksploatacyjnego do danego wiaduktu dochodzi do przemieszczania brył, co jest obrazowane zmianami w obrębie przerw dylatacyjnych oraz wychyleniem przyczółków, rejestrowanymi na czujnikach w latach 2011-2013. Przykładowo na rys. 5 i 6 przedstawiono przebieg rozkładu odpowiednio przemieszczeń i wychyleń elementów budowlanych wiaduktów w czasie rzeczywistym rejestrowany dla wiaduktu drogowego. Stan początkowy określono dla pierwszej eksploatacji na dzień 24.08.2011r. (rozpoczęcie pomiarów), a dla drugiej na dzień 17.05.2013 r. (jako ostatni dzień, w którym nie uwidaczniają się wpływy eksploatacji górniczej na elementach wiaduktów). Osiedlenie podpór było mierzone przez służby górnicze (rys. 3).

Z uwagi na usytuowanie obiektów względem początku frontu eksploatacji wpływ w przypadku pierwszej eksploatacji uwidacznia się od razu, natomiast przy eksploatacji ścianą 226 dopiero po ok. 6 miesiącach (w bardzo małym zakresie – rys. 5 i 6). Intensyfikacja wartości przemieszczeń i wychyleń zachodziła w ciągu czterech miesięcy dla eksploatacji ścianą 423 oraz dwóch – dla eksploatacji ścianą 226. Jest to związane z usytuowaniem wiaduktów względem prowadzonych eksploatacji (rys. 2).

Dla obydwu eksploatacji otrzymano taki sam charakter odpowiedzi elementów wiaduktów. Większe przemieszczenia zaobserwowano dla przyczółków południowych, a większe

wchylenia dla przyczółków północnych (rys. 5 i 6, tabl. 1). Jest to zgodne z pomierzonym obniżeniem terenu i świadczy o możliwości zauważenia powtarzalności zjawisk zachodzących w warunkach *in situ* w czasie rzeczywistym.

Tablica 1. Sumaryczne wartości trwałych zmian odległości pomiędzy przyczółkami

Table 1. Total lasting values of changes in the distance between bridgeheads

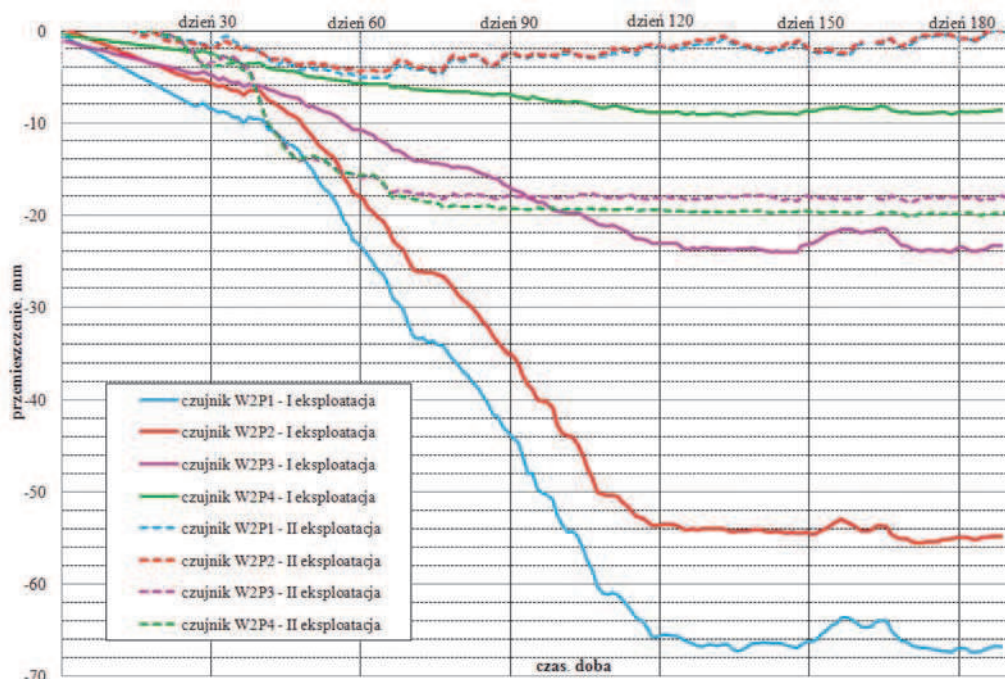
Lokalizacja pomiaru – oś wzdłuż czujników (rys. 4)	Eksploatacja ścianą [mm/m]	
	423 [6]	226
WIADUKT DROGOWY		
W2P2 i W2P3	-73,8	-18,6
W2P1 i W2P4	-71,7	-20,6
WIADUKT TRAMWAJOWY		
W1P1 i W1P4	-94,3	-28,6
W1P2 i W1P3	-96,7	-28,7

4.2. Wiarygodność wyników obserwacji ciągłych

4.2.1. Wartości prognozowane

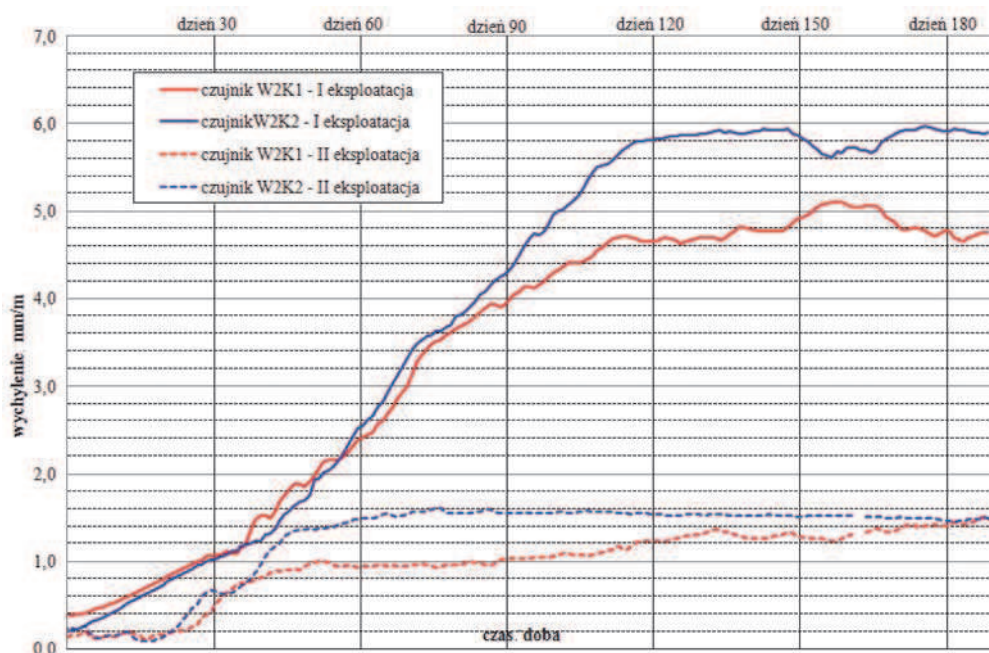
Powyższe potwierdza również przeprowadzona przybliżona analiza kinetyczna obiektów mostowych, na podstawie której dla przyjętej rozpiętości przęsła w osiach podpór  $L_t=17,42$  m oraz wysokości podpory od spodu fundamentu  $h_t=7$  m, otrzymano przemieszczenia o wartości:

- $\Delta s \approx 75,5$  mm wzdłuż osi wiaduktów od ściany 423 ( $\epsilon=3,0$  mm/m,  $R=27,5$  km),
- $\Delta s \approx 20$  mm wzdłuż wiaduktu oraz  $\Delta s \approx 58$  mm w poprzek płyt pomostu od ściany 226 ( $\epsilon=0,8$  mm/m,  $R=125$  km wzdłuż osi wiaduktów i  $\epsilon=3,5$  mm/m,  $R=26,3$  km prostopadle do osi wiaduktów).



Rys. 5. Zmiana szerokości szczelin dylatacyjnych w zależności od czasu, zmierzona na wiadukcie drogowym (wyniki dla I eksploatacji na podstawie [6])

Fig. 5. Change in the width of expansion joints depending on time measured on the road viaduct (results for I exploitation according to [6])



Rys. 6. Przyrost wychyleń brył przyczółków na wiadukcie drogowym (wyniki dla I eksploatacji na podstawie [6])

Fig. 6. Increase of solid bridgehead deflections on the road viaduct (results for I exploitation according to [6])

Dla wiaduktu drogowego wartości przemieszczeń przyczółków otrzymane na podstawie pomiarów w warunkach rzeczywistych (tab. 3) są bardzo zbliżone do wartości prognozowanych. Natomiast wartości przemieszczeń dla wiaduktu tramwajowego, znacznie różnią się od wartości prognozowanych. Jest to związane z niewłaściwą pracą tego ustroju [6].

Dla eksploatacji ścianą 423 otrzymano znacznie większe przemieszczenie brył przyczółków niż dla eksploatacji drugiej, co jest zgodne z przeprowadzoną prognozą. Jednocześnie na różnicę między wynikami ma wpływ sytuacja górnicza, która w przedmiotowym przypadku jest dosyć szczegółowa (rys. 2) i wymaga dogłębnej analizy.

#### 4.2.2. Wizja lokalna

Podczas prowadzonej obserwacji od II połowy 2011r. na wiaduktach zachodziły zmiany w stanie konstrukcji, związane głównie z wpływami eksploatacji górniczych, prowadzonych bezpośrednio pod obiektami. W wyniku prowadzenia eksploatacji ścianą 423 zaobserwowano zaciskanie się szczelin dylatacyjnych obiektów w obrębie podpór. Do najpoważniejszych uszkodzeń zaliczono zarysowanie zapleczonej ścianki przyczółka północnego, spękanie fragmentu gzymsu, w okolicy południowo-zachodniej podpory wiaduktu drogowego, wraz z przemieszczeniem, który z czasem uległ odspojeniu, ścięcie spoin łączących górne blachy łożysk z markami belek, szczególnie widocznie na podporze stałej wiaduktu tramwajowego [6].

Od lipca 2012 r. do marca 2013 r. stan konstrukcji obiektów nie uległ dalszym zmianom, co potwierdza zanik wpływu eksploatacji na konstrukcję. W kwietniu i maju 2013 r. wiadukty zostały poddane działaniom naprawczym, mającym na celu umożliwienie przejścia wpływów od prowadzonej eksploatacji górniczej ścianą 226. W okresie maj-październik 2013 r. zaobserwowano spękania poprzeczne górnej warstwy nawierzchni na dojeździe do wiaduktu (rys. 7 a), lokalne wybrzuszenia nawierzchni oraz kostki brukowej znajdującej się na dojeździe do wiaduktu, spękania podłużne płyty betonowej przy dylatacji, spękanie gzymsu płyt pomostowych, wykrzywienie płyt zabezpieczających dylatacje (rys. 7 b), wykrzywienie torów tramwajowych.

#### 5. Podsumowanie

Przemieszczenia i wychylenia uzyskane za pomocą systemu pomiarowego są zgodne z wynikami pomiarów tradycyjnych oraz obserwacjami wykonywanymi na obiekcie. Zastosowanie systemu monitoringu pozwoliło na bieżącą ocenę stanu konstrukcji [8] oraz pozwoliło trafnie wskazać konieczność przeprowadzenia działań naprawczych, celem przeniesienia dalszych wpływów eksploatacji górniczej – udroźnienia dylatacji z uwagi na przekroczenie dopuszczalnych przemieszczeń na podporach przegubowych. Uzyskana wartość przemieszczeń przyczółków wiaduktu drogowego otrzymana na podstawie pomiarów w warunkach rzeczywistych jest bardzo zbliżona do wartości prognozowanej. Natomiast wartość ta dla wiaduktu tramwajowego znacznie różni się od wartości prognozowanej, co jest związane z niewłaściwą pracą tego ustroju [6].

Ciągły monitoring może zatem stanowić podstawę do prawidłowej oceny zachowania się obiektów na terenach

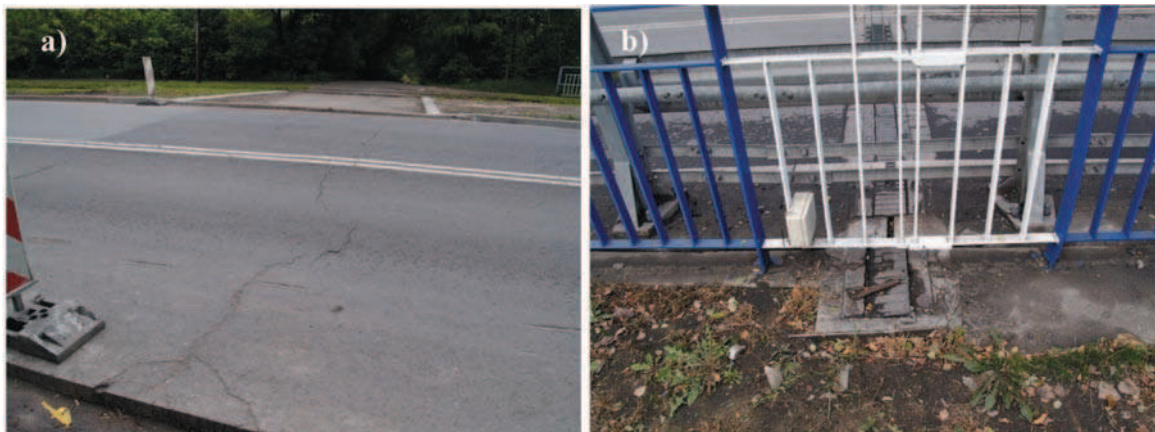
górnictwa (w trakcie i po zakończeniu eksploatacji górniczej) oraz co najważniejsze, pozwolić na uniknięcie wystąpienia sytuacji niebezpiecznej, awarii bądź katastrofy budowlanej. Dodatkowo wyniki monitoringu dostarczają nowych informacji odnośnie zachowania elementów obiektów. Jest to bardzo ważne przy szczególnym usytuowaniu obiektu względem frontu eksploatacji. W przypadku rozważania wpływu eksploatacji na monitorowany obiekt interpretację wyników należy prowadzić w nawiązaniu do sytuacji górniczej z uwzględnieniem zaleceń opisanych.

Po pierwsze, tworząc system monitorowania, nadrzędnym zadaniem jest dostosowanie go do wcześniej zdefiniowanego zagrożenia (warunek monitoringu). Kontroli powinny być poddane parametry istotne dla bezpieczeństwa konstrukcji, takie jak: przemieszczenia (np. zmiany szerokości rozwarcia rys w obrębie elementów konstrukcyjnych lub szerokości przerw dylatacyjnych), odkształcenia i naprężenia w konstrukcji, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa użytkownika. Parametry te powinno się w łatwy sposób interpretować i powinny pozwolić na rzeczywistą ocenę pracy danej konstrukcji. W przypadku rozpatrywanych wiaduktów poddanych wpływom eksploatacji górniczej zdecydowano się na pomiar zmiany szerokości dylatacji oraz wychylenie przyczółków.

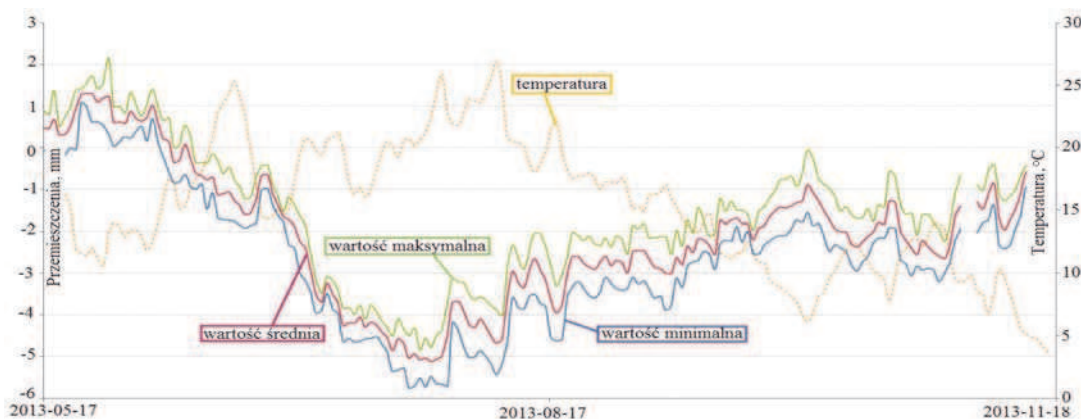
Każdorazowo liczba czujników oraz miejsca ich lokalizacji muszą być odpowiednio dobrane do typu monitorowanego obiektu, mierzonych wielkości, oczekiwanych wyników pomiaru i frontu eksploatacji górniczej (szczególnie ważne przy pomiarze szerokości przerw dylatacyjnych). Czujniki powinny być tak umieszczone na obiekcie, aby zapewniały możliwość zmierzenia określonych parametrów, nie uległy zniszczeniu podczas montażu i pomiarów oraz aby w miarę możliwości był do nich dostęp. W przypadku obiektów mostowych optymalny zakres oraz miejsca lokalizacji czujników w zależności od kierunku frontu eksploatacji oraz oczekiwanych informacji zostały przedstawione w punkcie 3.

Proces przemieszczania się powierzchni i wytwarzania ostatecznej niecki obniżeń, w przypadku eksploatacji pokładów węgla kamiennego, charakteryzuje się opóźnieniem równym około 3÷6 miesięcy (dla określonego obszaru górniczego okres ten jest cechą indywidualną). Potwierdzają to również przeprowadzone pomiary, wskazujące na późniejsze uwidocznienie się wpływów deformacji górniczej występujące na obiektach mostowych. Wynika z tego, że:

- w celu wiarygodnej oceny zachowania danego obiektu montaż czujników może odbywać się w momencie prowadzenia eksploatacji pod danym obiektem, jednak nie później niż występuje możliwość ich ujawnienia się na obiektach,



Rys. 7. Uszkodzenia wiaduktu  
Fig. 7. Viaduct damage



Rys. 8. Rozkład przemieszczeń wraz z rozkładem zmierzonej temperatury dla czujnika W2P1 w przykładowym okresie dokonywania pomiarów

Fig. 8. Distribution of dislocations along with distribution of the measured temperature for W2P1 sensor in the exemplary period of measurements

– demontaż czujników może nastąpić po całkowitym wygaśnięciu wpływów na monitorowanym obiekcie – w przybliżeniu po upływie okresu opóźnienia od zakończenia prowadzenia eksploatacji pod obiektami.

Przedstawione wskazania są bardzo ważne w przypadku podjęcia konieczności monitorowania obiektów istniejących z uwagi na ich stan techniczny oraz w przypadku planowania terminu zakończenia obserwacji obiektów, np. w celu wykorzystania systemu do monitorowania innego obiektu.

Z uwagi na sposób ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej na obiektach oraz możliwą nadmierną ilość danych pomiarowych trudnych do zinterpretowania zaleca się pomiar w 2-godzinnych interwałach czasu z uśrednieniem do 1 doby. Przy czym interwał pomiaru uzależnia się od możliwości sprzętu rejestrującego oraz rejestrowanych wielkości (np. zmiany od wstrząsów górniczych nie mogą być rejestrowane co 2 godziny).

W przypadku częstszych pomiarów na obrazie rejestrowanych wielkości mogą zostać uwidocznione lokalne zakłócenia, np. zmiany szerokości przerwy dylatacyjnej z uwagi na przyrost długości płyty pomostu pod wpływem temperatury (rys. 7). Średnio wahania te wynoszą  $\pm 1,0$  mm, stąd zalecane w ciągu dnia uśrednianie wartości do 1 doby.

## Literatura

1. Kawulok M., Chomacki L., Parkasiewicz B., Słowik L.: Wyburzenie 25 budynków mieszkalnych spowodowane intensywnymi wpływami eksploatacji górniczej. Materiały XXVI Konferencji Naukowo – Technicznej „Awary budowlane”, Międzyzdroje 2013.
2. Instrukcja ITB 443/2009: System kompleksowego zarządzania jakością w budownictwie. Bezdotykowe metody obserwacji i pomiarów obiektów budowlanych. Wydawnictwo ITB, Warszawa, 2009.
3. Bednarski L., Sieńko R.: Z monitoringiem bezpieczniej. „Inżynier Budownictwa” 2013, nr 10 s. 104÷108
4. Sieńko R.: Monitorowanie konstrukcji budowlanych a wzrost ich bezpieczeństwa. „Przegląd budowlany”, 2007 nr 4.
5. Parkasiewicz B.: Monitoring przemieszczeń elementów budowlanych w warunkach prowadzenia eksploatacji górniczej na przykładzie obserwacji wiaduktu w Rudzie Śląskiej. „Przegląd Górniczy”, 2012, nr 8.
6. Wyniki pomiarów geodezyjnych terenu linii wzdłuż ul. Niedurnego. Materiały uzyskane z działu DMG KW Oddział KWK „Pokój”, Ruda Śląska 2011-2014 r.
7. www.shmsystem.pl
8. Kadela M.: Systemy monitorowania obiektów liniowych na terenach górniczych. Materiały z konferencji naukowo-technicznej zorganizowanej w ramach XII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Brenna 2013, s. 163-172.