



Dwuetapowa przebudowa wiaduktu drogowego nad DK81 z tytułu szkód górniczych

The two-stage reconstruction of the road bridge over DK81 due to mining damages

Dr inż. Piotr Bętkowski*)

Treść: W artykule opisano ciekawą historię dotyczącą oddziaływania eksploatacji górniczej na pewien wiadukt drogowy położony nad ruchliwą drogą krajową. Ze względu na zły stan techniczny, obiekt nie był w stanie przenieść wpływów górniczych związanych z eksploatacją zbliżającą się do wiaduktu ściany. Z uwagi na konieczność podjęcia pilnych działań zdecydowano się na wykonanie w pierwszym etapie doraźnej profilaktycznej naprawy tak, aby wiadukt przeniósł ujawniające się w podłożu wpływy górnicze. W nietypowy sposób wymuszono pracę łożysk na odpowiednich kierunkach poprzez kotwienie przęseł przez skrajne poprzecznicę celem blokady przemieszczeń nad wybranymi łożyskami. Drugi etap prac to kompleksowy remont wiaduktu polegający na usunięciu szkód górniczych oraz dostosowaniu konstrukcji do przejścia wpływów prognozowanej eksploatacji górniczej. Zakres remontu omówiono w artykule. Niestandardowy sposób wykonania podbudowy drogowej na przyczółkach zwiększył odporność nawierzchni jezdni na lokalną deformację nieciągłą, tj. uskok, który tworzył się nad każdym z przyczółków. W artykule podano informacje o wpływach górniczych w rejonie wiaduktu przed i po przebudowie. Podano także wnioski z ponadtrzyletnich obserwacji obiektu po remoncie oraz omówiono wyniki regularnie wykonywanych pomiarów geodezyjnych. Artykuł zilustrowano dokumentacją zdjęciową wykonaną przed, w trakcie i po remoncie.

Abstract: This paper describes an interesting history of the impact of mining on a road bridge over a busy main national road. On account of the poor technical conditions, the object was unable to transfer the mining influence associated with the exploitation of coal wall nearing to the bridge. Due to the need to take urgent action, it was decided to carry out short-term preventive repairs in the first stage in such a way that the bridge would transfer the mining influence that would appear in the ground. In the untypical way, the bearings were forced to work in the right direction by anchoring the spans through support crossbeams to block the displacements over the selected bearings. The second stage of the work was a comprehensive repair of the bridge which consisted in the removal of mining damages and the adjustment of the structure for taking over the influences of the future mining exploitation. The scope of repair is discussed in this paper. The non-standard way of constructing the road foundation over the abutments increased the resistance of the road surface to local discontinuous mining deformation, i.e. the fault that formed over each of the abutments. The paper provides information on mining influences in the area of the bridge before and after the reconstruction. The conclusions of more than three-year observation of the object after repairs are presented, and the results of regular geodetic measurements discussed. The paper is illustrated with photographic documentation made before, during and after repairs.

Słowa kluczowe:

wiadukt drogowy, teren górniczy, szkody górnicze, profilaktyka górnicza, obserwacje

Keywords:

road bridge, mining area, mining damage, mining prevention, observations

1. Wprowadzenie

W artykule opisany jest wpływ górniczych deformacji terenu na pewien wiadukt drogowy o dwóch przęsłach swobodnie podpartych. Obiekt ten to typowa konstrukcja z czasów „gierkowskich” o przęsłach prefabrykowanych, wykonanych z prefabrykatów typu WBS, podpartych filarem w pasie rozdziału oraz na dwóch żelbetowych przyczółkach. Wiadukt nie był dostosowany do przejścia wpływów eksploatacji górniczej. W czasie budowy wiaduktu, w latach 70. XX wieku, w jego rejonie nie prowadzono eksploatacji górniczej. Z uwagi na zły stan techniczny, obiekt nie był w stanie przenieść ujawniających się na powierzchni terenu wpływów górniczych, związanych z eksploatacją zbliżającą się do wiaduktu ściany. Zły stan techniczny wiaduktu to skutek jego skomplikowanej sytuacji własnościowej. Lokalna gmina, właściciel wiaduktu

po transformacji gospodarczej w latach 90. XX wieku, przez wiele lat próbowała przekazać obiekt zarządcy drogi krajowej i nie wykonywała żadnych remontów. Zarządca drogi krajowej po przejęciu wiaduktu nie mógł od razu wykonać remontu, ponieważ nie miał na to środków. Stan techniczny konstrukcji uległ nagłemu pogorszeniu - po ostrej zimie i deszczowej wiośnie 2011 roku na ławie podłożyskowej na filarze zniszczona (wypłukana) została otulina prętów żelbetonu, niektóre łożyska zawisły na prętach zbrojeniowych (brak należytego podparcia łożysk). Inne poważne uszkodzenie to brak kontroli przemieszczeń na łożyskach z uwagi na silną korozję blach ślizgowych (praktycznie nastąpiła blokada przemieszczeń) oraz zerwane podlewki łożysk. Groziło zsuniecie przęseł z filara, niebezpieczeństwo było realne, ponieważ jedna ze ścian górniczych zbliżała się do wiaduktu, a w podłożu zaczęły ujawniać się rozpełzania. Z uwagi na niemożliwość wykonania i uzgodnienia w bardzo krótkim czasie dokumentacji technicznej wraz z wymaganymi pozwoleniami

*) Politechnika Śląska, Gliwice

formalno-prawnymi zdecydowano się na wykonanie w pierwszym etapie doraźnej profilaktycznej naprawy tak, aby obiekt przetrwał ujawniające się w podłożu wpływy górnicze. W niestandardowy sposób zapewniono stabilne podparcie przęseł i wymuszono pracę łożysk na odpowiednich kierunkach. Wykorzystano odpowiednie kotwienie przęseł nad filarem poprzez skrajne poprzecznice, jako blokadę przemieszczeń podłużnych nad wybranymi łożyskami. Zastosowano niestandardową metodę naprawy ławy podłożyskowej z ramą stalową z uwagi na bardzo niską wytrzymałość i zaawansowaną korozję betonu.

Drugi etap prac to kompleksowy remont wiaduktu polegający na usunięciu szkód górniczych oraz dostosowaniu konstrukcji do przejścia wpływów prognozowanej eksploatacji górniczej. Etap ten wymagał wykonania i uzgodnienia dokumentacji technicznej. Sam proces budowlany jest długi - w przedmiotowym przypadku to m.in. wykonanie projektu, uzgodnienie projektu z zarządcą drogi i lokalną gminą, uzyskanie pozwolenia na budowę, sporządzenie projektu tymczasowej organizacji ruchu. W artykule omówiono zakres remontu wraz z działaniami z zakresu profilaktyki górniczej. Zastosowano kilka nietypowych rozwiązań technicznych np. niestandardowy sposób wykonania podbudowy drogowej na przyczółkach, który zwiększył odporność nawierzchni jezdni na lokalną deformację nieciągłą - nad każdym z przyczółków regularnie powstawał uskoki, praktycznie po każdej eksploatacji górniczej dokonanej w rejonie wiaduktu. Ta deformacja nieciągła w przeszłości w istotny sposób osłabiała wpływ górniczych rozpełzań terenu na wiadukt, ale wymagała częstych działań naprawczych na jezdni (doraźne naprawy w postaci nadlewek nawierzchni drogowej).

Wiadukt po przebudowie bezpiecznie przenosi ujawniające się wpływy górnicze. W artykule podano wnioski z ponadtrzydziestoletniej obserwacji wiaduktu po remoncie oraz wyniki regularnych pomiarów geodezyjnych.

2. Opis wiaduktu przed remontem

Przedmiotowy wiadukt drogowy wykonany jest jako dwuprzęsłowy, o dwóch przęsłach „swobodnie podpartych” (rys. 1). W każdym z przęseł można wyróżnić pięć kablobetonowych belkowych prefabrykowanych dźwigarów WBS-19. Poprzecznice (wykonane na mokro, monolityczne) znajdują się na końcu każdego z przęseł (poprzecznice skrajne) i w środku przęsła. Pomost łączący belki prefabrykowane wykonany jest „na mokro” jako żelbetowy, płytowy, z niewielkimi wspornikami podchodnikowymi wystającymi na zewnątrz

dźwigarów skrajnych. Gzysmy żelbetowe wykonane zostały na mokro.

Podporę pośrednią (filar pełnościenny z posiadającym długie wsporniki oczepem) i przyczółki wykonano jako żelbetowe. Podpora pośrednia wiaduktu zlokalizowana jest w pasie rozdziału pomiędzy jezdniami. Przyczółki posadowione są wysoko na nasypie, skrzydła przyczółków równoległe do osi drogi na wiadukcie.

Łożyska wykonano z blach stalowych, położone są bezpośrednio na ławach podłożyskowych. Szczeliny dylatacyjne wąskie, nieregularne o szerokości ok. 40÷80 mm. Przykrycia szczelin dylatacyjnych to „dylatacje” bitumiczne (rys. 4).

Na jednej z kap chodnikowych znajduje się wodociąg gminny w rurze ochronnej f400 oparty za pośrednictwem metalowych wsporników i bloków betonowych.

Na wiadukcie znajduje się jednojezdniowa droga o nawierzchni asfaltowej, kapy chodnikowe ukształtowane w formie chodników mają szerokość całkowitą wraz z gzymssem 66 cm (rys. 4).

Pod wiaduktem przebiega droga krajowa dwujezdniowa, o dwóch pasach ruchu w każdym kierunku, z pasem rozdziału. Kąt skrzyżowania obiektu z drogą wynosi 90°. Geometria obiektu:

- długość techniczna (pomiędzy ściankami żwirowymi): 37,75 m,
- długość całkowita (wraz ze skrzydłami przyczółków): 50,75 m,
- światło pionowe minimalne: 5,30 m,
- szerokość całkowita pomostu (wraz gzymsami): 7,42 m,
- wysokość dźwigarów: 1,00 m,
- grubość płyty pomostowej min. 12 cm.

3. Stan techniczny wiaduktu w czerwcu 2011 roku, przed remontem

Wiadukt posiadał liczne uszkodzenia powstałe zarówno wskutek oddziaływania wpływów górniczych, jak i niedostatecznych czynności utrzymaniowych. Prymitywne łożyska wykonane z blach stalowych styecznych były zanieczyszczone i mocno skorodowane, a w wielu przypadkach korozja całkowicie odebrała możliwość przemieszczeń górnej części łożyska względem dolnej. Niektóre blachy dolne łożysk zostały oderwane od ław/ciosów na skutek korozji betonu – w takiej sytuacji niemożliwa była kontrola przemieszczeń, np. co do kierunku (rys. 2, 3). Najgorszy był stan łożysk pod dźwigarami skrajnymi na filarze – część łożysk nie była właściwie podparta, np. łożysko skrajne przęsła zachodniego na filarze



Rys. 1. Widok wiaduktu od strony południowej w czerwcu 2011 roku, przed remontem
Fig. 1. View of the bridge from the south side in June 2011 year, before renovation



Rys. 2. Łożysko skrajne na filarze – strona południowa-zachodnia (przed remontem)

Fig. 2. Bearing on the pillar – south-west side (before renovation)

częściowo wisiało w powietrzu (rys. 2). Stan techniczny łożyskowania był niedostateczny, zwłaszcza w perspektywie prognozowanych w najbliższym czasie rozpełzań terenu.

Szczeliny dylatacyjne o szerokości 40-80 mm miały nieregularne krawędzie (niebdałe wykonawstwo). W rejonie szczelin widoczne były liczne zacieki, korozja i ubytki betonu. Przykrycie szczelin dylatacyjnych wykonano z masy bitumicznej. Wskutek górniczych rozpełzań terenu powstały liczne rysy i pęknięcia w strefie przykrycia dylatacji, co spowodowało nieodwracalne ich uszkodzenia. Występowały przecieki wody przez przykrycia dylatacji. Ta woda doprowadziła do zniszczenia oczepu filara (podpory pośredniej) i powstania nieestetycznych zacieków na przyczółkach.

Niepokój budził stan filara, głównie oczepu. Stan wsporników oczepu filara był przedawaryjny. Na oczepie filara widoczne były znaczne ubytki betonu, odsłonięte i skorodowane pręty zbrojeniowe, odpadające płyty betonu, zacieki, korozja stali i betonu (rys. 1, 2, 3). Liczne ubytki otuliny występowały również na trzonie filara. Badania chemiczne wskazały na znaczne nasycenie betonu filara chlorkami oraz na niskie Ph. Parametry betonu były niewłaściwe na znacznej głębokości, ponad 8 cm. Pod betonem występowała korozja prętów zbrojeniowych, liczne były fragmenty «głuchego» betonu. Przyczyna uszkodzeń – działanie rozbryzgiwanej wody z jezdni (w zimie z solą) i mrozu – uszkodzenia są typowe dla filarów położonych w wąskich pasach rozdziału (w pobliżu jezdni). Filar pokryty był narzutem betonowym (przypominającym torkret) wykonanym z mocno nasiąkliwego betonu, co przyspieszało powyższy proces.



Rys. 3. Łożysko skrajne na filarze – strona północno-zachodnia (przed remontem)

Fig. 3. Bearing on the pillar – north-west side (before renovation)

Na przyczółkach widoczne były pęknięcia (wreż szczeliny) w miejscach przerw technologicznych w betonowaniu (rysy poziome). Brak uszczelniającej warstwy szcpej podczas betonowania to prawdopodobnie główna przyczyna powstania zacieków i wykwitów w miejscach starych przerw technologicznych. Oczywiście wpływy górnicze mogły przyczynić się do zwiększenia skali zjawiska, ale bez szkód górniczych przecieki w miejscach źle wykonanych przerw technologicznych betonowania i tak by się pojawiły. Przerwy te są dobrze widoczne na przyczółkach, w postaci głębokich bruzd wyraźnie dzielących ściany.

Na ścianach czołowych przyczółków widoczne były skorodowane pręty – skutek braku otuliny. Zły stan powierzchni betonu wskazywał m.in. na niebdałe wykonawstwo. Widoczne były rakowiny, w wielu miejscach otulina odchodziła płatami (tzw. „głuchy” beton).

Na dolnej powierzchni płyty pomostowej widoczne były liczne ślady zacieków i przecieków oraz wykwit, co świadczyło o nieszczelnej (uszkodzonej) izolacji górnej powierzchni płyty pomostowej. Pomimo zacieków powierzchnia dolna płyty była gładka, bez wyraźnych ubytków, stan betonu dobry.

Stan nawierzchni jezdni na obiekcie był niedostateczny. Nawierzchnia bitumiczna była spękana, zarysowana. Widoczny był uskok przy wjeździe na wiadukt z obu stron obiektu (rys. 4), mocno odczuwalny podczas przejazdu. W rejonie tego uskoku widoczne były ślady licznych napraw nawierzchni (w przeszłości wielokrotnie wykonywano nadlewki). Gdyby nie nadlewki, wysokość uskoku wynosiłaby ok. 30 cm. Uskok powstawał po każdej eksploatacji górniczej prowadzonej w rejonie obiektu.



Rys. 4. Widok od strony wschodniej na jezdnię na wiadukcie i uskok

Fig. 4. View from the east side on the roadway on the bridge and the fault

Stan prefabrykowanych dźwigarów był zadowalający, brak ubytków betonu, wytrzymałość betonu wyznaczona na podstawie badań młotkiem Schmidta odpowiadała klasie C25/30 (B35). Jedynie na spodzie dolnych pól dźwigarów widać było ślady korozyjne, pokrywające się ze strzemionami belek – charakter korozji wskazywał na zbyt małą grubość otuliny (błędy wykonawcze).

Stan gzymsów na przęsłach był niedostateczny. Występowały liczne zacieki, wykwyty, ubytki betonu, korozja betonu i stali oraz odpadały niewielkie luźne fragmenty betonu – przyczyna: wpływ czynników atmosferycznych, brak robót utrzymaniowych. Poziom górnej powierzchni gzymsów odpowiadał poziomowi kap chodnikowych (deski gzymsowe powinny być trochę wyżej), ponadto spadki kap i desek były skierowane na zewnątrz obiektu – co kierowało wody opadowe z kap chodnikowych na gzymsy, a nie na jezdnię.

4. Wpływ eksploatacji górniczej na wiadukt

4.1. Eksploatacja górnicza dokonana

W 1985 roku przedmiotowy wiadukt znalazł się po raz pierwszy w zasięgu wpływów eksploatacji górniczej. Do października 2011 roku (w październiku 2011 roku wykonano pierwszy etap prac w ramach profilaktyki górniczej) eksploatowane było siedem pokładów na głębokości 570÷936 m. Eksploatacja nigdy nie była prowadzona bezpośrednio pod wiaduktem. W podłożu wg prognoz dominowały rozpełzania. Poniżej podano wskaźniki deformacji dla całkowitej eksploatacji górniczej dokonanej w rejonie wiaduku od początku eksploatacji (rok 1985) do października 2011. Wskaźniki deformacji terenu mieszczą się w zakresie drugiej kategorii terenu górniczego.

Punkt w osi filara (podpory pośredniej):

$$w = 1,132 \text{ m,}$$

$$T_{II} = -0,6 \text{ mm/m (wychylenie na kierunku osi wiaduku),}$$

$$T_{\perp} = -4,8 \text{ mm/m (wychylenie na kierunku prostopadłym do osi wiaduku),}$$

$$e_{II} = 0,7 \text{ mm/m (rozpełzania w osi wiaduku),}$$

$$e_{\perp} = 2,1 \text{ mm/m (rozpełzania, kierunek prostopadły do osi wiaduku),}$$

$$R_{\max} = -27,5 \text{ km.}$$

4.2. Eksploatacja górnicza planowana

W 2011 roku lokalna kopalnia posiadała koncesję na wydobywanie złóż węgla w rejonie przedmiotowego wiaduku ważną do 2020 roku. Naprawa, remont były zaplanowane, aby doprowadzić obiekt do takiego stanu, aby bezpiecznie przejął wpływy planowanej do 2020 roku eksploatacji górniczej. Poniżej zestawiono informacje z prognozy szczegółowej dotyczące planowanej eksploatacji, okres prognoz od października 2011 do grudnia 2020. W rejonie obiektu odkształcenia i krzywizny efektywne oraz nachylenia terenu nie przekroczą wartości dopuszczalnych dla drugiej kategorii terenu górniczego.

Punkt w osi filara (podpory pośredniej):

$$w = 0,971 \text{ m,}$$

$$T_{II} = -2,1 \text{ mm/m (wychylenie na kierunku osi wiaduku),}$$

$$T_{\perp} = -2,2 \text{ mm/m (wychylenie na kierunku prostopadłym do osi wiaduku),}$$

$$e_{II} = 1,0 \text{ mm/m (rozpełzania w osi wiaduku),}$$

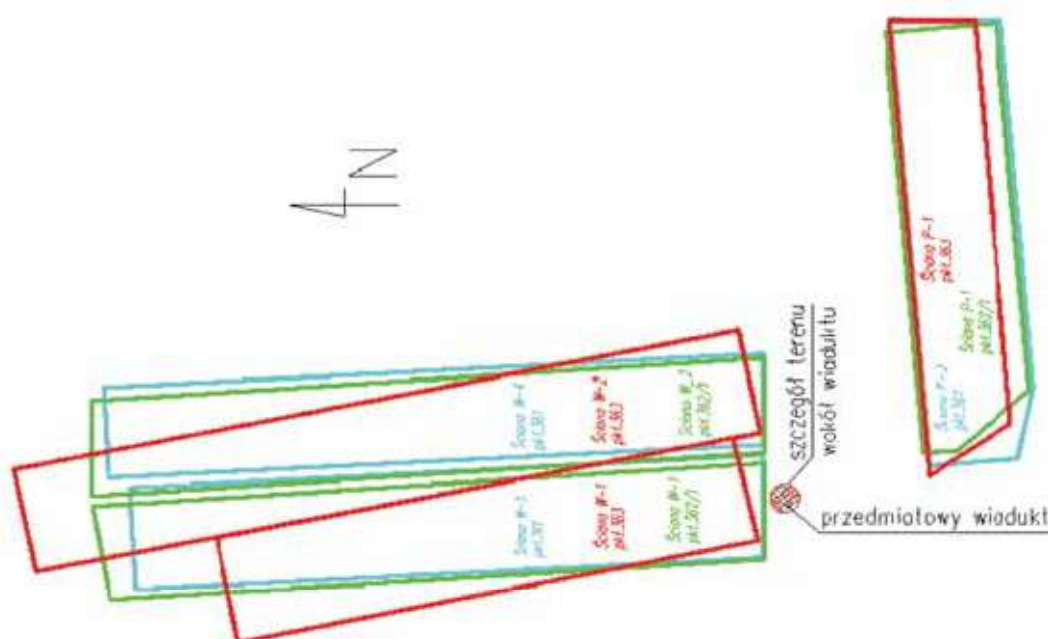
$$e_{\perp} = 1,8 \text{ mm/m (kierunek prostopadły do osi wiaduku),}$$

$$R_{\max} = -76,0 \text{ km.}$$

5. Doraźne zabezpieczenie wiaduku na wpływy górnicze

Ze względu na zły stan techniczny łożysk (zapieczone i zerwane łożyska, brak należytego podparcia łożysk wskutek korozji i ubytków betonu) oraz zaczynające ujawniać się na powierzchni terenu wpływy górnicze związane ze zbliżaniem się do wiaduku ściany eksploatacyjnej, pojawiło się realne niebezpieczeństwo zsunienia się przęsła z filara.

W etapie I (październik 2011) zaproponowano rozwiązanie przygotowujące konstrukcję do przejścia wpływów górniczych od zbliżającej się ściany. Rodzaj i zakres robót



Rys. 5. Eksploatacja planowana od 10.2011 do 12.2020. Położenie wiaduku, krawędzie ścian

Fig. 5. Mining exploitation from October 2011 to December 2020. The position of the bridge, the edges of the walls

ze względu na zły stan oczepu podpory pośredniej i łożysk stałych na tej podporze miał charakter robót utrzymaniowych, przywracających właściwą pracę łożysk (odpowiedni zakres przemieszczeń i podparcie), co nie wymagało zgłoszenia robót. Takie roboty można było wykonać praktycznie natychmiast w trybie awaryjnym. Przeprowadzone analizy wykazały, że łożyska posiadają odpowiedni zakres roboczy do przejścia prognozowanych w najbliższej przyszłości deformacji terenu, odpowiednie były też szerokości szczelin dylatacyjnych.

Główny cel zaprojektowanych zabezpieczeń to odebranie możliwości przemieszczeń przęsła na filarze – co wykluczyłoby niebezpieczeństwo zsunięcia się przęsła z podpory pośredniej. Poprzecznicę skrajną przęsła na filarze zostały spięte ściągiem stalowym (rys. 6). Założenie ściągów wymusiło, co do kinematyki, pierwotny schemat ułożyskowania obiektu (łożyska stałe na filarze). Ściąg wykonano z prętów stalowych o średnicy $f40$ mm, ze stali St3SY. Wykonano cztery ściągi w polach poprzecznic między dźwigarami (po jednym ściągu w każdym polu). Zastosowanie ściągów w celu wymuszenia odpowiedniej kinematyki łożysk było działaniem nowatorskim, niestandardowym.

Dodatkowo w celu zabezpieczenia osłabionego korozją stali i betonu oraz ubytkami betonu oczepu filara zaprojektowano po jego górnej stronie stalową ramę wykonaną z kątowników $L200 \times 100 \times 12$ i blach stalowych $12 \times 250 \times 1400$. Rama ta wzmacnia oczep przejmując rozciągania, jednocześnie uniemożliwia odrywanie się fragmentów betonu od górnej części oczepu (rys. 8). Uzupełniono ubytki betonu w górnej części oczepu, co zapewniło stateczność i właściwe podparcie łożysk na filarze (rys. 7).

Dodatkowo m.in. w celu redukcji tarcia na łożyskach na przyczółkach (tj. na łożyskach pracujących jako ruchome)

przewidziano oczyszczenie stref przy łożyskach z luźnych fragmentów betonu, uzupełnienie ubytków betonu, oczyszczenie łożysk oraz nałożenie środków smarnych ułatwiających poślizg blach łożysk (każde łożysko wykonane było z dwóch blach ślizgowych). Oczyszczono szczeliny dylatacyjne z fragmentów betonu oraz śmieci pozostawionych prawdopodobnie jeszcze podczas budowy wiaduktu.

6. Docelowe zabezpieczenie wiaduktu na wpływy górnicze

6.1. Uwagi techniczne

Doraźne, tymczasowe zabezpieczenie konstrukcji na ujawniające się wpływy górnicze, wykonane w etapie I, uwzględniało oddziaływania górnicze związane z eksploatacją jednej ze ścian. Docelowo w rejonie wiaduktu planowana była eksploatacja kilku ścian. Ponadto stan techniczny konstrukcji ze względu na liczne uszkodzenia mógł ulec dalszemu pogorszeniu, co drastycznie zmniejszało odporność wiaduktu na wpływy górnicze. Naprawy wykonane w etapie I nie były trwałe ze względu na brak dobrego połączenia starego (słabego) betonu i nowej zaprawy, nieusuniętą przyczynę uszkodzeń (przecieki wody przez przykrycia dylatacji) oraz szybko postępującą korozję blach prymitywnych łożysk stycznych.

Celem prac remontowych wykonanych w etapie II (lipiec - listopad 2013) było usunięcie istniejących uszkodzeń konstrukcji oraz zabezpieczenie konstrukcji na planowane do końca 2020 roku wpływy górnicze (wymiana łożysk, poszerzenie szczelin dylatacyjnych, nowe urządzenia dylatacyjne dostosowane do prognozowanych przemieszczeń poziomych). Usunięcie istniejących uszkodzeń konstrukcji



Rys. 6. Widok na poprzecznicę i ściągi w sąsiedztwie dźwigara środkowego nad filarem

Fig. 6. View of the crossbar and tie-bar near the center girder above the pillar



Rys. 7. Tymczasowe zabezpieczenie – nakładanie zaprawy (oczep filara)

Fig. 7. Temporary protection – application of mortar (top plate of pillar)



Rys. 8. Łożyska skrajne na filarze i rama stalowa (po tymczasowym remoncie)

Fig. 8. Outer bearing on pillar and steel frame (after temporary repairs)

było konieczne, aby zabezpieczenie konstrukcji było trwałe i skuteczne, a odporność wiaduktu na wpływy górnicze nie uległa obniżeniu po kilku latach (np. do czasu remontu woda opadowa przeciekała przez nieszczelne przykrycia dylatacji, dostawała się na oczepek filara i na ławy podłożyskowe na przyczółkach niszcząc podlewki łożysk, ławy podłożyskowe, łożyska, podpory).

6.2. Zakres prac

Istniejący filar był w złym stanie technicznym. Beton był słaby C12/15 (B15), otulina utraciła właściwości ochronne ($\text{pH} < 10$). Stężenie chlorków było bardzo wysokie (ok. 2%), a już przy stężeniu chlorków $\text{Cl} > 0,4\%$ istnieją warunki do chlorkowej korozji stali zbrojeniowej. Beton oczepu filara kruszył się samoistnie. W etapie II dokonano przebudowy filara z wykorzystaniem istniejącego fundamentu (rozbiórka i odbudowa trzonu filara i oczepu) (rys. 9, 10).

Konieczna była wymiana zabudowy pomostu (jezdnie, chodniki, gzymsy, poręcze) - izolacja pozioma płyty pomostowej przeciekała (liczne ślady zacieków na dolnej powierzchni płyty pomostowej), co groziło przerdzewieniem prętów zbrojeniowych i uszkodzeniem płyty. Ponadto wykonano zabezpieczenie antykorozyjne betonu poprzez: uzupełnienie ubytków, hydrofobizacja, nałożenie powłoki malarskiej (rys. 11, 12).

Szerokość szczelin dylatacyjnych była mała, a ścianki zapleczone zbyt wąskie do montażu współczesnych urządzeń

dylatacyjnych. Konieczne było rozkucie i odtworzenie ścianek zapalczych w nowym położeniu i nowej geometrii.

Widoczny był uskok przy wjeździe na wiadukt z obu stron obiektu (rys. 4). Uskok powstawał mimo nadlewek jezdni po każdej eksploatacji górniczej prowadzonej w rejonie obiektu - struktura podbudowy gruntowej była uszkodzona wskutek górniczych rozpełzań terenu. W ramach remontu dokonano odkopania przyczółków od wewnątrz do poziomu gruntu na skarpię, wykonano nową izolację poziomą od wewnątrz przyczółków celem eliminacji przecieków przez ściany czołowe i skrzydła przyczółków. W sposób nietypowy wykonano podbudowę jezdni - zrezygnowano z płyt przejściowych. Zaprojektowano rozwiązanie ze zmienną sztywnością podbudowy: grubość podbudowy pomocniczej (mieszanka kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie) zwiększono stopniowo z 20 cm przed przyczółkiem do 40 cm przed ścianką zapleczną, pod warstwą podbudowy zasadniczej (10 cm - beton asfaltowy 0/25) ułożono geosiatkę.

Głuchy beton ze ścian zewnętrznych został odkuty, ubytki uzupełnione zaprawami mineralnymi (PCC). Zastosowano dodatkowe zbrojenie w miejscach starych przerw technologicznych betonowania.

Projektowane zabezpieczenie na wpływy górnicze to wymiana starych skorodowanych łożysk stycznych na nowe łożyska garnkowe (rys. 13, 14) i wymiana dylatacji bitumicznych przykrywających szczeliny dylatacyjne na nowe urządzenia dylatacyjne blokowe o odpowiednim zakresie przemieszczeń (rys. 4, 15).



Rys. 9. Oczep filara przed końcowym remontem w czerwcu 2013 roku

Fig. 9. Top plate of pillar before final repair in June 2013



Rys. 10. Oczep filara po remoncie w listopadzie 2013 roku

Fig. 10. Top plate of pillar after renovation in November 2013



Rys. 11. Przyczółek zachodni przed remontem

Fig. 11. Western abutment before renovation



Rys. 12. Przyczółek zachodni po remoncie

Fig. 12. Western abutment after renovation



Rys. 13. Łożysko – przyczółek wschodni, strona południowa (przed remontem)

Fig. 13. Bridge bearing – eastern abutment, south side (before renovation)



Rys. 14. Łożysko – przyczółek wschodni, strona południowa (po remoncie)

Fig. 14. Bridge bearing – eastern abutment, south side (after renovation)



Rys. 15. Widok od strony wschodniej na jezdnię na wiadukcie w lipcu 2017 roku

Fig. 15. View from the east to the roadway on the bridge in July 2017

W wyniku górniczych osiadań terenu umocnienie skarp było mocno zdeformowane, poziom gruntu uległ obniżeniu nawet o 20 cm, a końcówki skrzydeł były w całości odsłonięte. Skorodowane (zapieczone) łożyska nie miały swobody kinematycznej, co prawdopodobnie uniemożliwiało przemieszczenie się lekkich położonych wysoko na skarpie przyczółków względem przęsła. Pomimo rozpełzań terenu (wg eksploatacji dokonanej) przyczółki praktycznie nie oddaliły się od siebie. Niestety skarpy przemieściły się względem przyczółków, co spowodowało istotne deformacje kształtu stożków nasypowych. Umocnienie skarp (obrukowanie) zostało rozebrane, ubytki gruntu uzupełnione i umocnienie odtworzone.

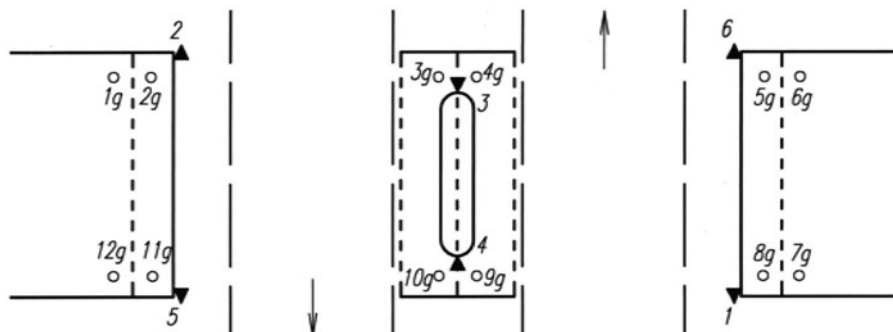
7. Obserwacja wiaduktu po remoncie

Na obiekcie przed remontem (do września 2013) założone były cztery repery do pomiarów wysokościowych, zlokalizowane na: przyczółku wschodnim (reper nr 1), przyczółku zachodnim (reper nr 2), filarze – po obu stronach (repery nr

3, i 4) (rys. 16). Prowadzone były także pomiary odkształceń poziomych – mierzona była odległość przyczółków. Pomiary wykonywane były trzy razy w roku. W wyniku wykonanych jesienią 2013 roku prac remontowych uszkodzone zostały dwa znaki pomiarowe na filarze, dwa inne pozostały nieuszkodzone (punkty pomiarowe nr 1 i nr 2 - rys.16.).

Po remoncie w grudniu 2013 roku odtworzono istniejące i założono dwa dodatkowe repery do pomiarów wysokościowych: przyczółek wschodni (reper nr 6), przyczółek zachodni (reper nr 5) (rys. 16). Umożliwia to pomiar nierównomiernych osiadań: przechylenie wiaduktu zarówno w kierunku równoległym, jak i prostopadłym do osi drogi na wiadukcie.

Ponadto założono trwałe punkty pomiarowe w sąsiedztwie szczelin dylatacyjnych po obu ich stronach, po obu stronach wiaduktu (12 punktów, po cztery przy każdej szczelinie) celem prowadzenia pomiarów szerokości szczelin dylatacyjnych (rys. 16). Pomiary te pozwalają ocenić wpływ odkształceń poziomych na konstrukcję, ocenę skręcania przęsła przy skośnym froncie eksploatacji (nierówne są wtedy szerokości szczelin).



Rys. 16. Lokalizacja punktów pomiarowych

Fig. 16. Location of the measurement points

Całkowitą wartość osiadań przed 1994 rokiem (obiekt nie był wtedy obserwowany) określono na około 300 mm. Poniżej podano osiadania od grudnia 2013 roku (tj. od remontu wiaduktu) do marca 2017. Podano również na dwóch reperach (punkty nr 1 i nr 2) osiadania od początku obserwacji wiaduktu, tj. od lipca 1994 roku (osiadania podano w nawiasach).

- punkt nr 1 = 350 mm (osiadania od początku obserwacji: 1093 mm),
- punkt nr 2 = 307 mm (osiadania od początku obserwacji: 1000 mm),
- punkt nr 3 = 325 mm,
- punkt nr 4 = 327 mm,
- punkt nr 5 = 308 mm,
- punkt nr 6 = 354 mm.

Wiadukt osiadł w okresie od grudnia 2013 do marca 2017 roku o 307÷354 mm. Nastąpiło niewielkie o 0,15% (praktycznie nieistotne dla obiektu) pochylenie jezdnii w stronę jednego z przyczółków, zgodnie z istniejącym spadkiem podłużnym.

Zmierzone przemieszczenia poziome od kwietnia 2014 roku (stan po remoncie wiaduktu) do marca 2017 roku (zmiana odległości przyczółków):

- odległość punktów 5÷1: zwiększenie odległości o DL=+22 mm,
- odległość punktów 2÷6: zwiększenie odległości o DL=+20 mm.

Wyniki pomiarów wskazują na rozpełzanie terenu i oddalenie się przyczółków o ok. 20÷22 mm w okresie od oddania obiektu do eksploatacji po remoncie do marca 2017 roku. Obiekt posiada dwa przesła swobodne. Zakres pracy łożysk i urządzeń dylatacyjnych wynosi ±80 mm, a więc zmierzone przemieszczenia ok. +22 mm (tj. ok. +11 mm na każdym przyczółku) są bezpieczne dla obiektu, obiekt posiada znaczne rezerwy kinematyczne.

8. Wnioski i uwagi dodatkowe

Z przyczyn niezależnych od lokalnej kopalni stan techniczny wiaduktu uległ nagłemu pogorszeniu. W tym czasie w rejonie wiaduktu była prowadzona eksploatacja górnicza, jedna za ścian zbliżała się do wiaduktu. Konieczne były szybkie działania naprawcze, ale takie działania wymagają szeregu uzgodnień i pozwoleń formalno-prawnych. Wstrzymanie eksploatacji górniczej generowałoby ogromne straty dla kopalni. W artykule pokazano, jak w takiej awaryjnej sytuacji podzielić działania naprawcze na dwa etapy: najpierw szybko i tanio zabezpieczając konstrukcję na prognozowane wpływy górnicze z eksploatowanej ściany, a potem wykonać naprawę i zabezpieczenia dostosowujące obiekt do przejęcia wpływów górniczych spowodowanych ruchem kopalni w kolejnych latach.

Z uwagi na uwarunkowania techniczne i dobrą współpracę z zarządcą obiektu kilka działań było nowatorskich, np. spięcie przęsła ściągiem w celu wymuszenia odpowiedniej swobody kinematycznej łożysk oraz rezygnacja z płyt przejściowych na przyczółkach na rzecz podbudowy o zmiennej sztywności celem skutecznej likwidacji regularnie pojawiającego się uskoku przed i za wiaduktem.

Naprawy są skuteczne. Po ponad trzech latach od remontu (tj. w lipcu 2017 roku) brak uskoku przed i za wiaduktem (rys. 15), łożyska pracują poprawnie, mierzone osiadania i prze-

mieszczenia poziome są zgodne z prognozami górniczymi.

W artykule podjęto temat utrzymania obiektów mostowych na terenach górniczych. Literatura dotycząca wpływu górniczych deformacji terenu na obiekty mostowe jest stosunkowo uboga, ogranicza się do dwóch książek (Rosikoń 1979, Salamak 2013) i jednych wytycznych z 1977 roku (Wytyczne ... 1977), co nie wyczerpuje tematu. Pomocne są publikacje nie-mostowe, np. (Kawulok 2010, Kwiatek 2007). Ważnym źródłem informacji są w takiej sytuacji artykuły z czasopism i konferencji np. (Salamak 2011, Będkowski 2016a, 2016b, Będkowski i in. 2013, 2014a, 2014b, 2015). W przedmiotowym artykule opisane są rozwiązania techniczne, o których brak wzmianek w literaturze w odniesieniu do obiektów mostowych zlokalizowanych na terenach górniczych.

Literatura

- BĘTKOWSKI P. - 2016a Conclusions from observation the small crisp arch bridges located on mining areas. WMCAUS 2016, (<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.738>), Procedia Engineering, vol. 161, s. 687-692.
- BĘTKOWSKI P. 2016b - Przebudowa wiaduktu kolejowego będącego pod wpływem znacznego górniczego osiadania terenu. „Przeгляд Górnicy” nr 12 (72), s.100-106.
- BĘTKOWSKI P., BEDNARSKI Ł., SIENKO R. 2014a - Structural health monitoring of a rail bridge structure impacted by mining operation. Kraków, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Technical Transactions Civil Engineering 6-B (i.21), s.15-27.
- BĘTKOWSKI P., BEDNARSKI Ł., SIENKO R. 2015 - Doświadczenia z użytkowania monitorowania konstrukcji mostu kolejowego poddanego oddziaływaniu eksploatacji górniczej. „Przeгляд Górnicy” nr 3 (71), s. 3-13.
- BĘTKOWSKI P., PRADELOK S., ŁUPIEŻOWIEC M. 2014b - Maintenance and risk assessment of a concrete frame bridge impacted by mining deformations of the area. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, Albena, Bulgaria, 17-26 June 2014. Conference proceedings, Vol. 3., s. 345-352.
- BĘTKOWSKI P., PRADELOK S., SALAMAK M. 2013 - Concrete frame bridge impacted by mining deformations. The 9th Central European Congress on Concrete Engineering CCC 2013, Wrocław, Poland, September 4-6, DWE, s. 192-195.
- KAWULOK M. 2010 - Szkody górnicze w budownictwie. Warszawa, Wydawnictwo ITB.
- KWIATEK J. 2007 - Obiekty budowlane na terenach górniczych. GIG, Katowice.
- ROSIKOŃ A. 1979 - Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górniczymi. WKŁ, Warszawa.
- SALAMAK M. 2011 - Typical damages and protections of concrete bridges located on areas with ground deformations. 7th European Congress on Concrete Engineering, Balatonfüred, Hungary, 22-23 September 2011, Proceedings of the FIB Congress, s. 323-326.
- SALAMAK M. 2013 - Obiekty mostowe na terenach z deformującym się podłożem w świetle kinematyki brył. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej. Ministerstwo Komunikacji, Warszawa 1977.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2017

Artykuł akceptowano do druku 10.11.2017