



Przebudowa i zabezpieczenie przed wpływami górnictwymi niewielkiego wiaduktu kolejowego zintegrowanego z nasypem

Rebuilding and protection against mining influence on the small railway viaduct integrated with the embankment

Dr inż. Piotr Bętkowski*)

Treść: Stare, niewielkie wiadukty kolejowe zintegrowane z nasypem są wrażliwe na wpływy górnictwa. W artykule opisano uszkodzenia starego, ceglano-łukowego wiaduktu, powstałe w wyniku prowadzonej eksploatacji górnictwa, problemy związane z wieloletnią eksploatacją uszkodzonej konstrukcji, problemy powstałe w czasie przebudowy wiaduktu, sposób zabezpieczenia nowego wiaduktu przed wpływami górnictwymi oraz rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające jego długoletnią eksploatację w warunkach znacznych deformacji terenu. Omówiono także wyniki obserwacji prowadzonych od zakończenia przebudowy w grudniu 2011 roku do czerwca 2014 roku.

Abstract: Old, small railway viaducts integrated with the embankment are sensitive to mining influences. This paper presents a description of damages of the old, brick arch viaduct, which arise as a result of mining exploration, problems connected with long-term use of the damaged structure, problems arising during the rebuilding of the bridge object, solutions for protection against mining influence on the new viaduct and structural solutions enabling long-standing exploitation in conditions of significant deformations of the area. The results of observations conducted from finishing the rebuilding in December 2011 to June 2014 are also discussed.

Słowa kluczowe:

szkody górnictwowe, teren górnictwa, wiadukt kolejowy, obserwacje

Key words:

mining damage, mining area, railway bridge, monitoring

1. Wprowadzenie

W artykule omówiono zagadnienia związane z wpływem eksploatacji górnictwa na niewielki wiadukt kolejowy zintegrowany z nasypem. Wiele takich obiektów znajduje się na terenach górnictwowych.

Opisano uszkodzenia starego, ceglano-łukowego wiaduktu powstałe w wyniku prowadzonej eksploatacji górnictwa. Zwrócono uwagę na istotne problemy związane z wieloletnią eksploatacją obiektu uszkodzonego w wyniku działalności górnictwa. Pokazano, jak utrzymano ciągłość ruchu kolejowego w czasie rozbiórki uszkodzonego i budowy nowego wiaduktu. Oceniono wpływ górnictwowych deformacji terenu na konstrukcję oraz podano rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające długoletnią eksploatację wiaduktu w warunkach znacznych deformacji terenu.

Omówiono także pomiary geodezyjne i wyniki obserwacji pracy konstrukcji od oddania przebudowanego obiektu do użytkowania w grudniu 2011 roku do czerwca 2014 roku.

2. Opis konstrukcji uszkodzonego wiaduktu

Omawiany obiekt mostowy to niewielki wiadukt kolejowy zintegrowany z nasypem kolejowym. Do lipca 2011 roku, do czasu rozpoczęcia prac budowlanych przy przebudowie, obiekt składał się z dwóch części będących odrębnymi konstrukcjami. Konstrukcje te były przyporządkowane do poszczególnych torów:

- pod torem Nr 1 znajdował się łuk ceglany,
- pod torem Nr 2 zlokalizowana była konstrukcja żelbetowa ramowa.

Linia kolejowa jest zelektryfikowana. Dopuszczalna klasa obciążenia k+2 [10]. Pod wiaduktem przebiega droga gminna stanowiąca dojazd do posesji i pól.

Obiekt pod torem nr 1 to jednoprzęsłowy wiadukt kolejowy o konstrukcji łukowej, sklepionej. Materiał konstrukcyjny w całości stanowi cegła pełna. Od strony wlotu wykonane są trójkątne stojące skrzydła usytuowane ukośnie do osi podłużnej obiektu. Konstrukcja skrzydeł to mur ceglany połączony ze ścianą czołową tunelu (rys. 1). Geometria obiektu:

*) Politechnika Śląska w Gliwicach

- światło poziome: 4,60 m, światło pionowe: 3,60 m (wewnątrz obudowy górniczej),
- długość tunelu pod wiaduktem: 5,90 m,
- długość całkowita skrzydeł skośnych: 5,90 m.



Rys. 1. Ceglany wiadukt łukowy pod torem nr 1 [9]
Fig. 1. Brick arch viaduct under railway track no. 1 [9]

Na sklepieniu łuku (od spodu) widać liczne spękania, zacieki, wykwyty. Konstrukcja wiaduktu jest zarysowana w wielu miejscach. Są to pęknięcia przechodzące przez całą grubość ścian ceglanych, nadłuczca. Rysy dzielą konstrukcję na szereg luźno związanych ze sobą brył – na przemieszczanie się względem siebie tych brył i stąd na rozwarcie rys wpływ mają m.in. drgania pochodzące od taboru kolejowego (rys. 2).

Skrzydła wiaduktu są również silnie zarysowane, cegły w wielu miejscach są luźne. Duży fragment muru na prawym skrzydle jest całkowicie oddzielony od konstrukcji (rys. 3).

W roku 2010 zaobserwowano zwiększenie się szerokości szczelin/pęknięć w konstrukcji i dalsze rozluźnienie struktury ceglanych nadłuczca – są to procesy nieodwracalne, negatywnie wpływające na stan konstrukcji. Kruchy wiadukt ceglany nie jest przystosowany do przenoszenia wpływów pochodzących od górniczych deformacji terenu [8, 11, 12]. Uszkodzenia są typowe dla murów ceglanych [7]. Wiadukt praktycznie utracił nośność [6, 10, 12].

W 2004 roku obiekt został prowizorycznie zabezpieczony stalową obudową górniczą z wypełnieniem bloczkami betonowymi przestrzeni pomiędzy nią a sklepieniem i ścianami (rys. 4). Bloczki są luźne, niektóre wypadły na drogę pod wiaduktem. Istotny problem to tynk ze ściany czołowej na wlocie do wiaduktu – opadał płatami, co stanowiło zagrożenie dla użytkowników drogi gminnej (rys. 1). Obudowa górnicza tymczasowo zabezpiecza przed awarią (rozpadem konstrukcji i dezintegracją fragmentu nasypu wraz z torem), ale nie jest w stanie przenieść obciążeń związanych z taborami kolejowymi, dlatego konieczne było umieszczenie nad wiaduktem konstrukcji odciążającej.

Konstrukcja wiaduktu została odciążona przez wbudowaną w tor stalową konstrukcję odciążającą (rys. 2). W listopadzie 2004 roku nad wiaduktem zabudowano tymczasową konstrukcję odciążającą typu KO-21/73. Rozpiętość teoretyczna konstrukcji odciążającej wynosiła 21 m, długość całkowita 21,60 m. Stalowa konstrukcja odciążająca podparta została na końcach na prefabrykacjach żelbetowych za pośrednictwem podkładów kolejowych drewnianych. Rolę ścianek zapleczy (zabezpieczenie przed osuwaniem się tłuczni) pełniły podkłady drewniane wsparte na ceownikach zamocowanych w podporach. Żelbetowe płyty prefabrykowane o wymiarach 1,50 × 3,00 m ułożono na warstwie wyrównawczej z pospółki. Konstrukcja odciążająca to miesięczny koszt wynajmu (kilkaset tysięcy złotych) oraz problemy integracji z torem w warunkach

górniczych deformacji terenu (wzrost odkształceń i zużycia toru tuż poza konstrukcją).



Rys. 2. Widok na tor na wiadukcie [9]
Fig. 2. View on the railway track on viaduct [9]



Rys. 3. Wiadukt ceglany – skrzydło południowe [9]
Fig. 3. Brick viaduct – southern flank [9]



Rys. 4. Wiadukt ceglany – obudowa górnicza z wypełnieniem bloczkami betonowymi [9]
Fig. 4. Brick viaduct – mining case with concrete blocks [9]

Wiadukt pod torem nr 2 jest konstrukcją ramową jednonapręślową – ramą zamkniętą – o przekroju poprzecznym prostokątnym (ze skosami). Od strony zewnętrznej (wyjazdu/wjazdu) wykonane są skrzydła żelbetowe – zawieszane, połączone monolitycznie z wiaduktem, równoległe do toru kolejowego (rys. 5). Geometria obiektu:

- światło poziome: 4,92 m, światło pionowe: 3,95 m,

- długość całkowita wraz ze skrzydłami (pomiar równoległy do toru): 17,60 m,
- długość tunelu pod wiaduktem: 5,10 m.



Rys. 5. Wiadukt żelbetowy (pod torem nr 2) [9]
Fig. 5. Concrete viaduct (under railway track no. 2) [9]

Ogólnie stan techniczny wiaduktu pod torem nr 2 jest dostateczny, brak oznak utraty nośności [6, 10, 12]. Znalaziono kilka rys na ścianach obiektu – rysy te prawdopodobnie nie powstały w wyniku prowadzonej eksploatacji górniczej, ich charakter nie jest naprężeniowy.

Rysy znajdują się przede wszystkim na krawędziach ścian na wlocie do tunelu (rys. 5). Maksymalna szerokość rys wynosi 0,7 mm. Przyczyny zarysowań to: brak „fazowania” krawędzi ścian, słaby beton, nieprawidłowa grubość otuliny, czynniki atmosferyczne.

Na obu ścianach wewnątrz tunelu widać nad gruntem rysę poziomą (rys. 6) – rysa ta powstała w miejscu przerwy technologicznej związanej z betonowaniem wiaduktu. Beton był tam źle zawibrowany, o czym świadczą rakowiny w sąsiedztwie rysy. Eksploatacja górnicza zawsze w negatywny sposób działa na takie słabe miejsca konstrukcji.



Rys. 6. Wiadukt żelbetowy – rysa pozioma na ścianie bocznej [9]

Fig. 6. Concrete viaduct – horizontal crack on sidewall [9]

Uwaga: w publikacji zajęto się głównie wiaduktem ceglany pod torem nr 1, który został przebudowany (rozebrano stary wiadukt, wybudowano nowy obiekt).

3. Eksploatacja górnicza dokonana i prognozowana

Na podstawie kwestionariusza-opinii uzyskanego z właściwego Okręgowego Urzędu Górniczego oraz informacji od „fedrującej” w rejonie wiaduktu Kopalni (wg [5]) ustalono dane do projektu przebudowy (stan na połowę października 2009):

- Eksploatację górniczą w rejonie wiaduktu przeprowadzono w latach 1981÷2009: $w=2,61$ m, $T=14,7$ mm/m, $\epsilon=2,7$ mm/m, $\epsilon_{(dynamiczne)}=5,4$ mm/m, $R=-25,7$ km.

- Zarówno dotychczasowa, jak i projektowana (planowana do końca obowiązującej koncesji, tj. do 2020 roku) eksploatacja górnicza kwalifikuje teren do III kategorii szkód górniczych. Prognozowane wartości wskaźników deformacji terenu do 2020 roku:
 $w=4,55$ m, $T=3,0$ mm/m, $\epsilon=-3,3$ mm/m, $\epsilon_{(dynamiczne)}=-6,3$ mm/m, $R=24,8$ km.
- Przewiduje się dalszą eksploatację górniczą w latach 2021÷2040. Prognozowane wartości wskaźników deformacji terenu (od października 2009 do grudnia 2040 roku):
 $w=5,32$ m, $T=4,4$ mm/m, $\epsilon=-3,4$ mm/m, $\epsilon_{(dynamiczne)}=-6,6$ mm/m, $R=22,6$ km.
- Przejściowo mogą wystąpić rozpełzania podłoża do $\epsilon=1,5$ mm/m.
- Wstrząsy pochodzenia górniczego mogą powodować drgania gruntu o przyspieszeniu do 20 mm/s.
- Możliwe jest podniesienie poziomu wód gruntowych do powierzchni terenu.

Istniejące uszkodzenia konstrukcji powinny być brane pod uwagę podczas oceny odporności statycznej i dynamicznej obiektu na wpływy górnicze [8]. Uszkodzony wiadukt nie jest zdolny do samodzielnego przenoszenia obciążeń od taboru kolejowego. Ciężki tabor kolejowy generuje drgania odczuwalne na uszkodzonych elementach wiaduktu ceglano-ceglanego, potęguje wpływ górniczych deformacji terenu na konstrukcję. Przed awarią i całkowitym rozpadem na bryły/części ceglany wiaduktu łukowy zabezpiecza tymczasowo obudowa górnicza oraz konstrukcja odciążająca przenosząca obciążenia poza wiadukt. Pomimo powyższych zabezpieczeń, konieczne było ograniczenie prędkości taboru do 20 km/h.

W okresie przed rozbiórką wiaduktu ceglano-ceglanego (lata 2009÷2010) zaobserwowano znaczne poszerzenie szczelin i większe niż w okresie wcześniejszym ruchy odseparowanych przez spękanie brył ceglanych podczas przejazdu taboru kolejowego, świadczące o stałym pogarszaniu się stanu technicznego obiektu. W kolejnych latach (2010÷2020) prognozowano znaczne górnicze deformacje terenu.

4. Projekt nowego wiaduktu

Nowy wiadukt pod torem nr 1 zaprojektowano w formie jednoprzęsłowej żelbetowej, zamkniętej ramy. Rama w przekroju poprzecznym posiada kształt prostokątny, dopasowany do istniejącego pod torem nr 2 wiaduktu żelbetowego. Żelbetowe skrzydła skośne są oddylatowane od ramy (ze względu na wpływy górnicze), posadowione na wspólnej płycie fundamentowej pełniącej rolę (w zależności od charakteru deformacji) ściągu lub rozpory [9].

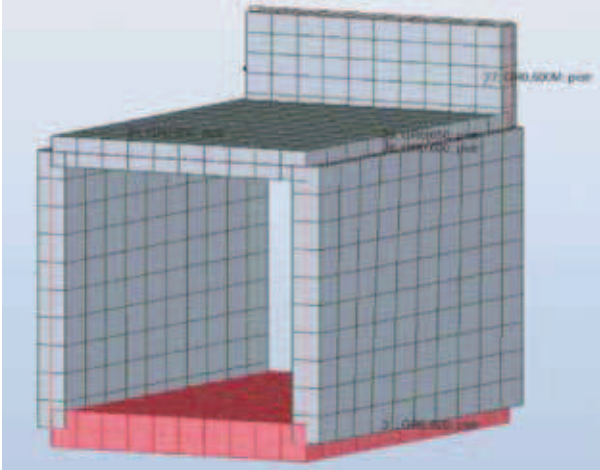
Geometria obiektu:

- światło poziome: 4,95 m, światło pionowe użytkowe: 3,95 m
- długość eksploatacyjna (tunelu): 8,00 m.
- długość całkowita (ze skrzydłami): 15,35 m.

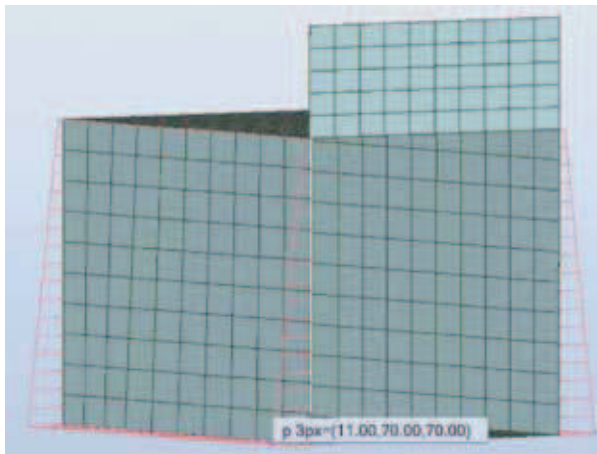
Obiekt został przystosowany do pracy na III kategorii szkód górniczych. Konstrukcja powinna przenieść bezpiecznie dodatkowe obciążenia związane z górniczymi deformacjami terenu i parciem gruntu po podniesieniu docelowo o 5,5 m niwelety toru.

Nowy wiadukt zaprojektowano jako żelbetową ramę zamkniętą o przekroju prostokątnym. Grubość dolnej płyty wynosi 0,80 m. Posadowienie przyjęto jako bezpośrednie. Grubość górnej płyty jest zmienna (ze względu na spadki związane z odwodnieniem) i wynosi 0,65÷0,68 m. Ściany pionowe mają grubość 0,60 m. Naroża wzmocniono poprzez nadanie skosów. W górnej części ramy (od wlotu) na całej

szerokości ramy wykształcono żelbetową ścianę czołową o grubości 0,6 m i wysokości 2,2 m połączoną z ramą w sposób monolityczny. W obliczeniach uwzględniono wpływ eksploatacji górniczej: odkształcenie poziome (dodatkové parcie gruntu), krzywiznę terenu. Aby uwzględnić efekt skręcania konstrukcji i nierównomiernych osiadań wykonano model przestrzenny MES (rys. 7, 8).



Rys. 7. Model ramy – grubości elementów [9]
Fig. 7. Model of frame – thicknesses of elements [9]

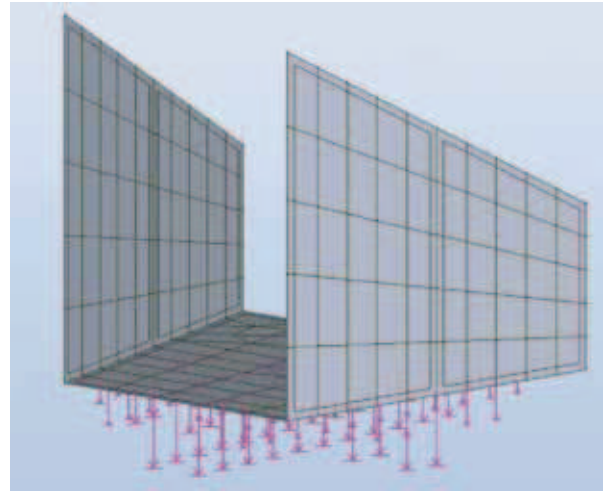


Rys. 8. Rama – parcie gruntu na ściany boczne [9]
Fig. 8. Frame – pressure of ground on sidewalls [9]

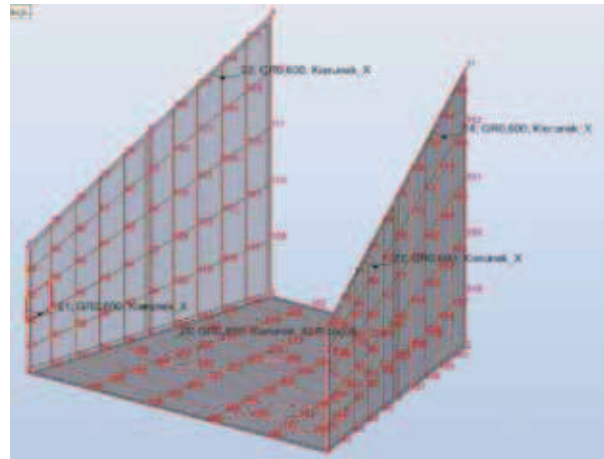
Skrzydła nowego wiaduktu zaprojektowano jako żelbetowe, trapezowe, skośne do wiaduktu. Skrzydła są całkowicie oddylatowane od ramy (także na poziomie płyty fundamentowej). Posadowienie skrzydeł jest bezpośrednie. Skrzydła są połączone dołem za pośrednictwem żelbetowej płyty fundamentowej o grubości 0,8 m, pod tą płytą denną przewidziano poduszkę piaskową o grubości 0,5 m. Długość skrzydeł wynosi 7,50 m (7,35 m mierząc w osi drogi gminnej), grubość 0,60 m. Naroża łączące ściany pionowe z płytą denną wzmocniono poprzez nadanie skosów. Wpływ górniczych deformacji terenu uwzględniono wykonując szereg analizy Metodą Elementów Skończonych MES (rys. 9, 10).

Ze względu na znaczne prognozowane osiadania górnicze terenu powodujące konieczność podnoszenia niwelety toru oraz charakter konstrukcji (rama utopiona w nasypie) umożliwiające ciągłe i płynne podnoszenie niwelety toru – wykonanie schodów skarpowych (zalecanych wg [13]) jest bezcelowe, ponieważ schody takie podczas podnoszenia

(i tym samym nieuniknionego poszerzania) nasypu uległyby zniszczeniu.



Rys. 9. Skrzydła – podział na elementy skończone [9]
Fig. 9. Flanks – division into finite elements [9]



Rys. 10. Skrzydła – modelowanie krzywizny niecki [9]
Fig. 10. Flanks – modeling curvature of depression [9]

Objekt pod torem nr 1 (nowy wiadukt) przystosowano do przenoszenia wpływów eksploatacji górniczej poprzez przyjęcie schematu statycznego ramy prostokątnej zamkniętej w pełni monolitycznej. Rama ta jest sztywniejsza od otaczającego ośrodka gruntowego, stąd deformacje górnicze w warstwie kontaktowej obiekt-nasyp dotyczą głównie podatnego gruntu. Rama ta nie ma urządzeń dylatacyjnych i ułożyskowania (brak wydzielonego przęsła) przęsła, co obniża koszty utrzymania. Ponieważ łączna długość tunelu (ramy) i skrzydeł zdecydowanie przekracza 10 m, czyli dopuszczalną na III kategorii szkód długość bez dylatacji (tunel 8 m, skrzydła 7,35 m, razem 15,35 m) oddylatowano skrzydła od ramy – skrzydła ze względu na wpływ krzywizny terenu i rozpełzań/spelzań zostały w całości oddylatowane od ramy. Są posadowione na wspólnej płycie fundamentowej (zgodnie z wytycznymi [14, 15]). W celu ograniczenia osiadania i przechylenia się skrzydeł, skrzydła oparto na wspólnym fundamencie – płycie fundamentowej oraz posadowiono na tym samym poziomie, co płyta denną ramy (wiaduktu). Płyta fundamentowa skrzydeł jest oddylatowana od płyty dennej ramy (rama i skrzydła mają oddzielne płyty fundamentowe).

Ze względu na znaczne prognozowane osiadania terenu konieczne będzie podniesienie nasypu kolejowego nad obiektem (obiekt jest osadzony w nasypie). Założono możliwość podniesienia w przyszłości nasypu nad obiektem o 5,5 m (prognoza osiadań do 2040 roku) oraz możliwość nadbudowy skrzydeł i ściany czołowej o 3 m (dodatkowe obciążenia uwzględniono w zestawieniu obciążeń i przy wymiarowaniu zbrojenia). Wiadukt jest dostosowany bezpośrednio do podniesienia nasypu o 2,5 m (prognozowane osiadania do końca 2016 roku) – ściana czołowa i skrzydła są odpowiednio wyższe. Takie działanie uwzględniające na etapie projektowania korektę niwelety toru kolejowego jest ważne, ponieważ późniejsza ingerencja w konstrukcję mostową zintegrowaną z nasypem jest nie zawsze możliwa i zawsze kosztowana (Inwestor – Kopalnia powinien być tego świadom).

Posadowienie ramy i skrzydeł przyjęto jako bezpośrednie. Podatność konstrukcji (skrzydeł i ramy) do przejmwania odkształceń podłoża wywołanych eksploatacją górnictwą zapewniono poprzez posadowienie na poduszce piaskowej o grubości 0,5 m z piasku średniozagęszczonego o $I_d=0,9$ i dodatkowej płycie dennej pod poduszką. Z uwagi na słaby grunt zalegający na głębokości 3–4 m p.p.t. wymieniono grunt i aby wyrównać naprężenia działające na podłożu z nasypu i wiaduktu wykonano płytę żelbetową o grubości 0,3 m i około 1 m szerszą niż rama. Nad tą płytą stabilizującą podłożo, a pod płytą denną, wykonano opisaną powyżej poduszkę piaskową.

W obliczeniach statycznych przy wyznaczaniu ekstremalnych sił wewnętrznych w ramie i skrzydłach uwzględniono dodatkowe parcie i odpory od wpływów eksploatacji górnictw kategorii III. Do analiz MES (Metoda Elementów Skończonych) przyjęto ekstremalne wartości wskaźników deformacji, korzystając z prognoz dostarczonych przez Kopalnię (do 2040 roku): $w=5,32$ m, $T=4,4$ mm/m, $\varepsilon=-6,6$ mm/m (dynamiczne), $R=22,6$ km (przyjęto w analizach, zgodnie z prognozami górnictwymi, że przejściowo mogą wystąpić rozpełzania do $\varepsilon=1,5$ mm/m).

Wpływ deformacji terenu zwiększono, stosując współczynniki bezpieczeństwa γ_f . Wiadukt nie ma wydzielonej oddylatowanej bryły przesła, charakter pracy konstrukcji w aspekcie wymuszeń górnictw odpowiada raczej skryniom fundamentowym dużych budowli kubaturowych, stąd wartości współczynników bezpieczeństwa przyjęto wg wymagań ITB [14], a nie wg propozycji Rosikonina [11, 15]. Przyjęto: $\gamma_{f,\varepsilon}=1,3$ (odkształcenie poziome); $\gamma_{f,T}=1,2$ (nachylenie terenu); $\gamma_{f,K}=1,7$ (krzywizna terenu).

Korekta niwelety torów kolejowych linii PKP w rejonie obiektu jest możliwa dzięki zaprojektowanym wyższym skrzydłom i odpowiednio podniesionej ścianie czołowej zlokalizowanej od strony wlotu pod wiadukt. Ramę i skrzydła zaprojektowano na prognozowane obciążenia, uwzględniając przyszłe podniesienie nasypu o 5,5 m (do 2040 r.).

Na przyległym do przebudowywanego obiekcie, zlokalizowanym pod torem nr 2, wykonano we wrześniu i październiku 2011 roku powierzchniowe naprawy betonu. Uzupełnienie ubytków betonu poprawia współpracę betonu i stali zbrojeniowej, powstrzymuje procesy korozyjne, likwiduje miejsca koncentracji naprężeń (nieciągłości, karby konstrukcyjne). Poprawie uległa zdolność obiektu do przejścia górnictw deformacji terenu.

5. Przebudowa wiaduktu

Podstawowe problemy projektowe i wykonawcze dotyczyły właściwego dowiązania do istniejącego toru i drogi pod obiektem – należy tak zaprojektować posadowienie wiaduktu, aby nie osiadał on bardziej niż teren oraz mniej niż nasyp. Ta

druga sytuacja w przypadku stosowania pali fundamentowych i „przesztynienia” podłoża jest obecnie częściej spotykana. Konieczne jest wyrównanie naprężeń pod wiaduktem i nasypem w poziomie posadowienia.

Kosztowny problem to zabezpieczenie ciągłości ruchu kolejowego (wynajem, transport i montaż konstrukcji odciążających to rząd kilkuset tysięcy złotych).

Na aktywnych terenach górnictw teren osiada. Wartości osiadań z uwagi na krzywiznę terenu nie są stałe. Konieczne jest wyznaczenie rzędnych niwelety toru bezpośrednio przed układaniem toru, montażem konstrukcji obciążających, itp. w odniesieniu do sytuacji poza przebudowywanym wiaduktem (niweleta toru nie może mieć załamań). Wartości korekty wysokościowej na rzędnych naniesionych w dokumentacji projektowej rzadko są takie same na wszystkich punktach kontrolnych.

Poniżej zamieszczono kilka zdjęć z przebudowy, ilustrujących omawiane powyżej problemy. Na rysunku 11 pokazano wykonywanie poduszki piaskowej pod nowym wiaduktem. Na rysunku 12 widok na tor na wiadukcie w końcowej fazie przebudowy obiektu, widoczne są konstrukcje odciążające zabudowane w obu torach.



Rys. 11. Wykonywanie poduszki piaskowej [9]
Fig. 11. Making the sand layer [9]



Rys. 12. Widok na konstrukcje odciążające [9]
Fig. 12. View on the structure lightening [9]

Wiadukt po przebudowie oddano do eksploatacji w grudniu 2011 roku (rys. 13, 14, 15).



Rys. 13. Wiadukt pod torem nr 1 po przebudowie [9]
Fig. 13. Viaduct under railway track no. 1 after rebuilding [9]



Rys. 14. Widok na tor na wiadukcie po przebudowie [9]
Fig. 14. View on railway track no. 1 after rebuilding [9]



Rys. 15. Szczelina dylatacyjna między wiaduktem i skrzydlami [9]
Fig. 15. Crevice dilatation between the viaduct and flanks [9]

6. Wnioski z trzech lat obserwacji

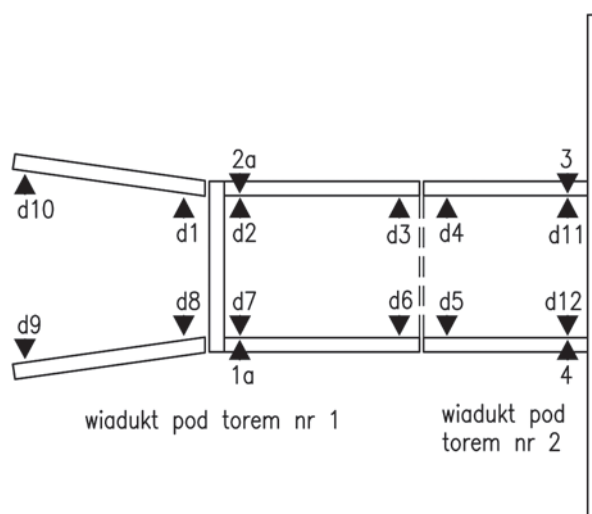
Obiekt jest regularnie obserwowany – przynajmniej raz w miesiącu lub częściej w przypadku ujawnienia się wpły-

wów eksploatacji górniczej w rejonie obiektu. Podczas wizji lokalnych dokonywano przeglądu wszystkich elementów wiaduktu (m.in. konstrukcji nośnej przęseł i przyczółków, elementów wyposażenia, stanu nasypów oraz nawierzchni kolejowej/drogowej nad i pod obiektem). Działania takie powinny zapewnić bezpieczną eksploatację obiektu (także toru kolejowego i drogi pod wiaduktem).

Na obiekcie znajdują się zastabilizowane znaki pomiarowe (repery) ze stali nierdzewnej i kwasoodpornej, przeznaczone do pomiarów geodezyjnych – 14 szt. (rys. 16).

Punkty 1a, 2a, 3, 4 zlokalizowane są na górze ścian. Punkty d1÷d12 zlokalizowane są na dole ścian bocznych i skrzydeł. Na wszystkich reperach wykonywane są pomiary wysokościowe.

Pomiędzy punktami d2-d7, d3-d6, 1a-4, 2a-3 mierzono odległości. Mierzono także szerokość szczelin dylatacyjnych (pomiędzy punktami): d1-d2, d3-d4, d5-d6, d7-d8. Pomiary geodezyjne wykonywane są 3÷4 razy w roku.



Rys. 16. Lokalizacja reperów [9]
Fig. 16. Location of bench mark [9]

W okresie od grudnia 2011 do czerwca 2014 obiekt osiadł o około 55 cm. Osiedlenia były zbliżone do prognoz. W podłożu wystąpiły niewielkie rozpełzania (rozciągania), nieistotne dla obiektu. Szerokość szczelin dylatacyjnych uległa zmianie od -1 mm do +5 mm w zależności od położenia eksploatowanych ścian względem obiektu.

W okresie od stycznia 2011 do czerwca 2014 roku nie zaobserwowano sytuacji awaryjnej zagrażającej bezpieczeństwu obiektu. Obiekt bezpiecznie przetrzymał dotychczasowe wpływy eksploatacji górniczej. Co ważne, brak różnicy osiadań na dojazdach do wiaduktu zarówno na wiadukcie, jak i pod wiaduktem, co świadczy o prawidłowym zrównoważeniu naprężeń w podłożu gruntowym pochodzących od nasypu i obiektu.

7. Podsumowanie i wnioski końcowe

Zintegrowanie wiaduktu z nasypem w przypadku niewielkich kolejowych obiektów mostowych jest korzystne, ponieważ można podnosić płynnie niweletę przez podbicie toru. Obiekt nie rozcina nasypu i w niewielkim stopniu ingeruje w tor – co w przypadku górniczych deformacji terenu jest korzystne, ponieważ nie dochodzi do kumulowania się wpływu deformacji terenu tuż za przyczółkami – często obserwowanego w przypadku tradycyjnych przęseł mostowych [1, 2, 3, 4].

Konstrukcja powinna umożliwiać późniejsze podnoszenie niwelety toru zarówno pod względem geometrii, stabilizacji nasypu, jak i konieczności przenoszenia dodatkowych obciążeń. Odpowiednie zabezpieczenia należy przewidzieć na etapie projektowania. Wszelkie późniejsze ingerencje w konstrukcję są szalenie kosztowne ze względu na ingerencję w czynny tor kolejowy – koszt usuwania szkód górniczych rośnie z kilku tysięcy złotych (podbicie toru) do kilkuset tysięcy (wzmocnianie konstrukcji, podniesienie ścian, utrzymanie ciągłości ruchu).

Z uwagi na przestrzenny model pracy konstrukcji celowe w analizach są przestrzenne modele MES. Taka analiza pozwala optymalizować m.in. sztywność poszczególnych elementów konstrukcji pod kątem przenoszenia górniczych deformacji terenu oraz dobrze zintegrować wiadukt z nasypem. „Przesztywnienie” konstrukcji może powodować stałe problemy, np. w postaci deformacji toru na dojazdach do obiektu.

Literatura:

1. *Bętkowski P.*: Dostosowanie obiektów mostowych do obniżonego koryta rzek i potoków. *Przeгляд górniczy* nr 8/2014, s.65÷70.
2. *Bętkowski P.*: Obserwacja i naprawa dwuprzęsłowego stalowego mostu kolejowego położonego na terenach górniczych. *Ochrona obiektów na terenach górniczych* (Praca zbiorowa pod red. A. Kowalskiego). Katowice, Główny Instytut Górnictwa 2012, s. 17÷25.
3. *Bętkowski P., Pradelok S.*: Analiza obliczeniowa możliwości zabezpieczenia ramownicowego obiektu mostowego na znaczne wpływy górnicze. *Budownictwo i Architektura* 2013 vol. 12, nr 2, s. 7÷14.
4. *Bętkowski P., Pradelok S., Salamak M.*: Concrete frame bridge impacted by mining deformations. *The 9th Central European Congress on Concrete Engineering CCC 2013*. Wrocław, Poland, September 4-6, 2013. Wrocław, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne 2013, s. 192÷195.
5. *Bialek J.*: Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego. Wyd. 1. Gliwice Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2003.
6. Instrukcja o utrzymaniu kolejowych obiektów inżynierskich Id-16. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2004.
7. *Kawulok M.*: Szkody górnicze w budownictwie. Wyd. 1. Warszawa Wydawnictwo ITB 2010.
8. *Kwiatkiewicz J.*: Obiekty budowlane na terenach górniczych. Wyd. 2. Katowice GIG 2007.
9. Materiały własne autora (Piotr Bętkowski).
10. PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia.
11. *Rosikoń A.*: Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górniczymi. Wyd. 1. Warszawa WKŁ 1979.
12. *Sznurowski M.*: Utrzymanie mostów kolejowych. Wyd. 1. Warszawa WKŁ 1969.
13. Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich Id-2. Warszawa 2005.
14. Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych. Instrukcja nr 364/2007, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2007.
15. Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej. Ministerstwo Komunikacji. Warszawa 1977.