

Przedawaryjny stan mostu drogowego na terenach górniczych^{1,2}

WOJCIECH KOCOT

dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, email: wokocot@agh.edu.pl

Streszczenie: W związku z planowaną eksploatacją górnictwą zaszła konieczność sprawdzenia stanu technicznego mostu oraz jego odporności na wpływy górnictw. Podczas wizji lokalnej okazało się, że w związku z dotychczasową eksploatacją górnictwą obiekt znalazł się w stanie przedawaryjnym, co umknęło uwadze sporządzającego rutynowe, przewidziane prawem budowlanym przeglądy okresowe. W artykule przeanalizowano przyczyny powstania nieprawidłowości oraz zaproponowano sposób wykonania naprawy, będący jednocześnie zabezpieczeniem profilaktycznym przed wpływami górnictwymi. We wnioskach wskazano na konieczność objęcia obiektów mostowych zlokalizowanych na terenach górniczych opieką specjalisty z dziedziny budownictwa na terenach górniczych, zarówno przed podjęciem eksploatacji górnictw, jak i w trakcie ujawniania się jej wpływów.

Słowa kluczowe: obiekty mostowe, mosty na terenach górniczych, wpływy górnictw, szkody górnictw.

Wprowadzenie

W związku z planowaną eksploatacją górnictwą zaszła konieczność sprawdzenia stanu technicznego mostu oraz jego odporności na wpływy górnictw. Podczas wizji lokalnej okazało się, że w związku z dotychczasową eksploatacją górnictwą obiekt znalazł się w stanie przedawaryjnym, co umknęło uwadze sporządzającego rutynowe, przewidziane prawem budowlanym przeglądy okresowe.

Opis konstrukcji mostu

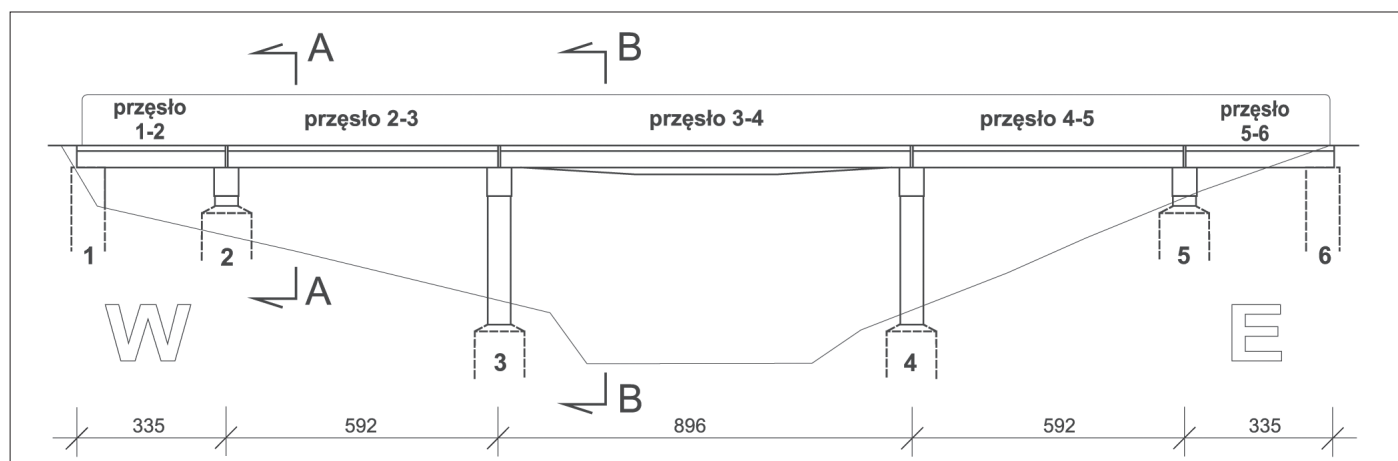
Analizowany most (fot. 1) został zbudowany w latach sześćdziesiątych XX wieku na terenie województwa śląskiego, w celu przeprowadzenia drogi lokalnej nad niewielką rzeką.



Fot. 1. Widok mostu od strony południowo-wschodniej

Jest to obiekt pięcioprzęsłowy, o długości przęseł 3,35 m + 5,92 m + 8,96 m + 5,92 m + 3,35 m (rys. 1). Kąt skrzyżowania z przeszkodą wynosi 90°. Każde przęsło pracuje w schemacie statycznym belki wolnopodpartej. Z powodu braku źródłowej dokumentacji technicznej (właściciel dysponuje jedynie książką obiektu [1] oraz protokołami przeglądów [2]) analizę konstrukcji obiektu przeprowadzono na podstawie inwentaryzacji i pomiarów własnych.

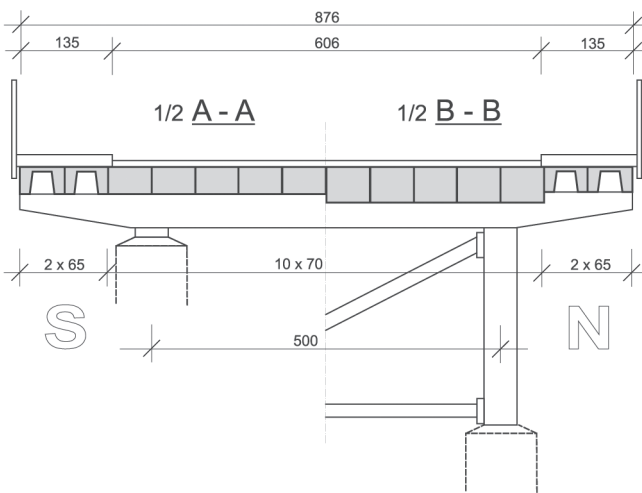
Każde z przęseł posiada żelbetonową konstrukcję nośną złożoną z dwunastu prefabrykowanych belek. Osiem belek wewnętrznych (pod jezdnią) ma przekrój prostokątny pełny, a dwie belki skrajne – przekrój korytkowy (rys. 2). Wysokość wewnętrznych belek przęsła środkowego jest zmienna – większa na odcinku przęsłowym, a mniejsza przy podporach. Przekrój poprzeczny pozostałych belek jest stały



Rys. 1. Widok mostu od strony południowej

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019.

² Artykuł opracowano w ramach badań statutowych AGH nr 16.16.150.545



Rys. 2. Przekrój poprzeczny mostu (1/2 A-A, 1/2 B-B)

na ich długości. Całkowita długość mostu wynosi 27,50 m, a całkowita szerokość przęsła 8,76 m. Na użytek opracowania poszczególne podpory i przęsła zostały ponumerowane, poczynając od strony zachodniej do wschodniej (por. rys. 1).

Most posiada łącznie sześć podpór: cztery filary i dwa przyczółki. Każdy z filarów wykonano w postaci żelbetowego oczepu o szerokości 50 cm i wysokości 60 cm opartego na dwóch stalowych słupach, o przekroju rurowym (fot. 1 i rys. 1 i 2). Każdy słup jest posadowiony na żelbetowej kolumnie, o średnicy 100 cm. W przypadku filarów środkowych (3 i 4) wysokość stalowych słupów wynosi około 2,7 m. W przypadku filarów skrajnych (2 i 5) wysokość słupów wynosi od kilku do kilkunastu cm. Przyczółki (1 i 6) wykonano jako żelbetowe monolityczne. Są one zagłębione w terenie (wschodni całkowicie) i brakuje informacji odnośnie sposobu ich posadowienia.

Żelbetowe belki poszczególnych przęseł zostały oparte bezpośrednio na podporach (np. fot. 2). Rolę łożysk pełni ułożony pod nimi na oczepach i przyczółkach pasek papy. W tej sytuacji wszystkie łożyska należy traktować jako przegubowo-przesuwne (w założeniu duży współczynnik tarcia miał zabezpieczać przęsła przed zsunieniem się z podpór).



Fot. 2. Oparcie przęsła na oczepie filara 3 po stronie północnej

Most posiada dylatacje poprzeczne na każdym z czterech filarów oraz na obu przyczółkach. Aktualnie belki sąsiednich przęseł przylegają do siebie „na styk”, tylko w niektórych przypadkach pomiędzy belkami istnieje niewielka szczelina. Dylatacje na przyczółkach to szczeliny pozostawione pomiędzy końcem przęseł skrajnych a niewielką ścianką zapleczną. Inwentaryzację aktualnych rozwarłości dylatacji podano w następnym rozdziale.

Analiza konstrukcji obiektu prowadzi do wniosku, że przy jego projektowaniu/budowie nie zastosowano zabezpieczeń na wpływy górnicze.

Stan techniczny obiektu

Podczas wizji lokalnej przeprowadzonej w styczniu 2019 roku stwierdzono istotne nieprawidłowości polegające na niedostatecznym oparciu przęseł na podporach w północno-zachodniej części obiektu. W związku z powyższym dokonano pomiaru długości oparcia wszystkich przęseł na oczepach, a przy okazji pomiaru rozwarłości wszystkich dostępnych dylatacji. Ich wyniki zestawiono w tabelach 1 oraz 2.

Tabela 1

Wyniki pomiarów rozwarłośc dylatacji poprzecznych [mm]						
Na podporze	1	2	3	4	5	6
rozwarłość po str. N	80	0	15	0	0	brak danych
rozwarłość po str. S	10	0	5	0	0	brak danych

Tabela 2

Wyniki pomiarów długości oparcia przęseł na podporach [mm]										
Na podporze	1	2	3	4	5	6				
przęsło	1-2	1-2	2-3	2-3	3-4	3-4	4-5	4-5	5-6	5-6
długość oparcia po stronie N	450	75	415	150	320	245	260	310	185	br. d.
długość oparcia po stronie S	470	200	300	275	220	260	235	290	205	br. d.

Zakładając symetryczne oparcia przęseł na oczepach, długość oparcia powinna wynosić 200–250 mm (w zależności od rozwarłośc dylatacji). Tymczasem w skrajnym przypadku długość oparcia w kierunku podłużnym przęsła 1–2 na filarze 2 wynosiła po stronie północnej zaledwie 75 mm (fot. 3). Ponieważ trudno przypisać tak poważną nieprawidłowość błędem wykonawczym, wyciągnięto wniosek, że przęsła mostu doznały przemieszczeń w związku z ujawnianiem się wpływów górniczych. Zwłaszcza że według udostępnionych danych przyległy teren uległ obniżeniu łącznie o 6,6 m oraz doznał deformacji ciągłych, o wartości odkształceń poziomych $\epsilon = 6$ mm/m. Wystąpienie poziomych deformacji ściskających spowodowało najpierw całkowite zaciśnięcie szczelin dylatacyjnych. Po zaciśnięciu dylatacji przęsła zaczęły napierać na siebie. Ponieważ przyczółek wschodni (6) jest całkowicie zagłębiony w przyległym terenie, oparcie na nim przęsła skrajnego wschodniego (5–6) okazało się stabilniejsze od oparcia przęsła skrajnego zachodniego (1–2) na wystającym ponad teren przyczółku zachodnim (1). Dzięki temu, w miarę



Fot. 3. Oparcie przęsła 2-3 oraz 1-2 na oczepie filara 2 po stronie północnej

zaciskania się terenu, wszystkie przęsła były spychane w stronę zachodnią, co najlepiej widać podczas analizy długości oparcia przęsła na północnej krawędzi mostu. Kumulacja nastąpiła na filarze 2, z którego prawie całkowicie zostało zepchnięte przęsło zachodnie skrajne (1–2).

Dodatkowym problemem związanym z oparciem belek przęsłowych okazał się dystans oparcia w kierunku poprzecznym. Problem wynika z faktu, iż skrajne belki mają przekrój korytkowy, w związku z czym opierają się na oczepie tylko brzegiem korytka (por. rys. 2). W przypadku zdecydowanej większości belek oparcie to można uznać za poprawne. Inaczej jest jednak w przypadku belek na oczepie filara 3 po stronie północnej (fot. 2). Dla północnej belki skrajnej przęsła środkowego (3–4) oparcie to wynosi zaledwie około 35 mm, co można uznać za stan przedawaryjny. Dodatkowo widoczna na zdjęciu odspojona betonowa podlewka może świadczyć, że pierwotnie oparcie belki było poprawne, a z upływem czasu koniec belki przemieścił się poprzecznie w stronę północną (na zewnątrz). Jest wielce prawdopodobne, że proces przemieszczania się belki trwa nadal. W tej sytuacji konieczne jest pilne podjęcie działań naprawczych. Przesunięciu w podobny sposób uległa także oparta w tym samym miejscu północna belka przęsła zachodniego (2–3), jednak w jej przypadku aktualna długość oparcia wynosi około 50 mm. Analogiczny problem występuje na filarze 2. Dystans oparcia belek jest tu jednak większy – przekracza połowę szerokości brzegu korytka.

Brak odpowiedniego oparcia przęsła na filarze 2 oraz 3 po stronie północnej określono jako stan przedawaryjny. Analizę bezpieczeństwa obiektu w aspekcie planowanej eksploatacji górniczej oraz proponowane środki zaradcze przedstawiono w kolejnych rozdziałach.

Przeprowadzona wizja lokalna wykazała ponadto szereg uszkodzeń, głównie korozyjnych oraz związanych z oddziaływaniem wilgoci, a to liczne przecieki wody opadowej oraz związane z tym zawilgocenia przęsła i podpór, lokalne pęknięcia i odspojenia betowej otuliny zbrojenia oraz korozję stalowych elementów filarów.

Po zapoznaniu się z protokołami Okresowej Kontroli Rocznej Przeglądu Podstawowego Obiektu Mostowego [2] (ostatni z roku 2018) stwierdzono, że wyliczono w nich

wszystkie uszkodzenia korozyjne oraz związane z oddziaływaniem wilgoci. Nie wspomniano natomiast o niedostatecznym oparciu przęsła na podporach, co w aspekcie bezpieczeństwa obiektu jest rzeczą najistotniejszą. Lektura protokołów prowadzi do wniosku, że przed podjęciem eksploatacji górniczej oraz w trakcie ujawniania się jej wpływów obiekt mostowy powinien się znajdować pod opieką specjalisty z zakresu budownictwa na terenach górniczych.

Analiza bezpieczeństwa obiektu w aspekcie planowanej eksploatacji górniczej

Ponieważ w rejonie mostu planowano podjęcie kolejnej eksploatacji górniczej, konieczne było dokonanie oceny jego bezpieczeństwa oraz aktualnej odporności na wpływy górnicze, a także zaproponowanie działań naprawczych. Analizę przeprowadzono przy następujących założeniach:

- wszystkie „łożyska” pracują jako przesuwne ([6]) – wskazuje na to aktualna pozycja końców belek względem podpór,
- przęsła nie są ze sobą powiązane – wskazuje na to szczelina między przęsłami na filarze środkowym zachodnim (3),
- w wyniku ujawniania się deformacji ciągłych będzie dochodzić do dalszego przemieszczania się przęsła po górnej powierzchni podpór.

Kluczowe znaczenie ma długość oparcia końców przęsła na podporach. Analizując dane konstrukcyjne (w tym wymiary poszczególnych elementów, prawdopodobny przebieg zbrojenia), oszacowano, że minimalna bezpieczna długość oparcia przęsła na podporze wynosi 40 mm. Poniżej przeanalizowano stan bezpieczeństwa, biorąc pod uwagę przemieszczenia w kierunku podłużnym i poprzecznym.

Przemieszczenia w kierunku podłużnym

Analiza danych z tabeli 2 prowadzi do wniosku, że niebezpiecznie blisko granicy 40 mm jest oparcie przęsła skrajnego zachodniego (1–2) na filarze skrajnym zachodnim (2) po stronie północnej, wynoszące 75 mm. Jednocześnie po drugiej (południowej) stronie oparcie wynosi 200 mm, co oznacza, że podpora jest ustawiona względem przęsła lekko ukośnie.

Korzystając z przyjętego wcześniej oszacowania, otrzymujemy informację, że w kluczowym miejscu mamy rezerwę wynoszącą zaledwie $75 - 40 = 35$ mm. Dalsza analiza uwzględnia osobno zachowanie się mostu w przypadku wystąpienia odkształceń rozciągających oraz ściskających i została przeprowadzona zgodnie z zasadami podanymi w [3], [4], [5].

W przypadku wystąpienia odkształceń rozciągających (mając na względzie przyjęte wcześniej założenia) można uznać, że zachowanie przęsła skrajnego zachodniego (1–2) będzie niezależne od reszty obiektu. Należy przyjąć najbardziej niekorzystną opcję przemieszczeń przęsła, czyli że jego zachodnia krawędź pozostanie nieruchoma względem przyczółka 1, a całe przemieszczenie ujawni się na filarze 2. Z uwagi na bardzo małą rozpiętość tego przęsła, rezerwa 35 mm

wystarczy dla deformacji ciągłych o wskaźnikach $\varepsilon = +5,0$ mm/m, $R = 8$ km.

W przypadku wystąpienia odkształceń ściskających najbardziej niekorzystny przypadek zakłada się, że przęsło skrajne wschodnie (5–6) pozostanie nieruchome względem przyczółka wschodniego (6). Z uwagi na praktycznie zerową rozwarłość wszystkich dylatacji będzie ono w miarę ujawniania się spełzań popychać w kierunku zachodnim wszystkie kolejne przęsła. Oznacza to, że przęsło skrajne zachodnie (1–2) będzie spychane z filara WW przez wszystkie przęsła leżące na wschód od niego. Obliczono, że w tej sytuacji 35-milimetrowa rezerwa oparcia wystarczy dla deformacji ciągłych o wskaźnikach $\varepsilon = -1,0$ mm/m, $R = 27$ km.

Z uwagi na znaczne zagłębienie przyczółka wschodniego w gruncie, taka wizja przemieszczeń przęseł mostu jest bardzo prawdopodobna, a jej dodatkowym potwierdzeniem jest dotychczasowe zachowanie się mostu.

Przemieszczenia w kierunku poprzecznym

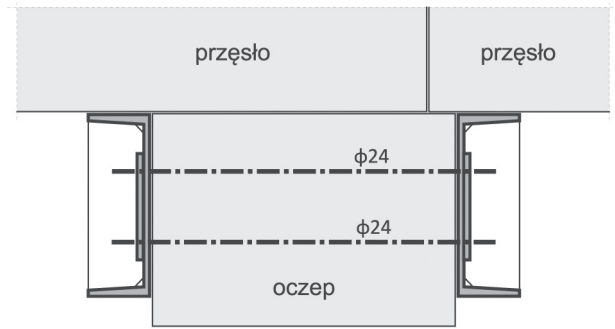
Jak podano w poprzednim rozdziale newralgicznym miejscem jest oparcie korytkowych belek skrajnych na oczepie filara 3 po stronie północnej. W przypadku belki skrajnej przęsła (2–3) dystans oparcia wynosi około 55 mm, a w przypadku belki skrajnej przęsła (3–4) zaledwie około 35 mm. Ponieważ za bezpieczny uznano dystans 40 mm, istniejący stan należy uznać za przedawaryjny. W tej sytuacji podjęcie działań naprawczych winno nastąpić w trybie pilnym, koniecznie przed podjęciem eksploatacji górniczej.

Analogiczny problem występuje na filarze 2. Aktualny dystans oparcia belek skrajnych jest tu jednak większy – przekracza połowę szerokości brzegu korytka.

Proponowany sposób naprawy

Opracowując sposób naprawy, starano się, aby był on prosty, możliwy do szybkiego wykonania, trwały oraz zapewnił rozwiązanie problemu oparcia przęseł tak w kierunku podłużnym, jak i poprzecznym.

Zaproponowano odpowiednie poszerzenie i wydłużenie oczepu przy wykorzystaniu nakładek ze stalowych profili walcowanych. Można je wykonać z ceownika walcowanego C300, wzmocnionego żebrami z blachy o grubości 12 mm, nie rzadziej niż co 300 mm (por. rys. 3). Nakładki należy połączyć ze sobą prętami $\phi 24$ mm z gwintem M24 na końcach, przechodzącymi przez otwory wywiercone w oczepie, w rozstawie pionowym 120 mm i poziomym 300 mm. Po zamontowaniu ceowniki powinny przylegać do belek, a ich końce wystawać 150 mm poza północną ścianę oczepu. W miejscu otworów średnik ceownika należy wzmocnić przez przyspawanie nakładek z blachy o grubości 10 mm. Zapewnienie dobrego kontaktu między powierzchnią boczną oczepu a średnikiem ceownika należy zapewnić przez ułożenie ich na zaprawie cementowej. Wstępne dokręcenie śrub „wyciśnie” nadmiar zaprawy. Ostateczne dokręcenie śrub należy przeprowadzić po jej stwardnieniu. Wszystkie elementy stalowe należy przed zamontowaniem odpowiednio zabezpieczyć przed korozją (najlepiej przez ocynkowanie).



Rys. 3. Koncepcja naprawy oparcia belek przęsłowych na filarze 2 i 3 po stronie północnej

W przypadku filara 3 (gdzie chodzi głównie o oparcie w kierunku poprzecznym) zalecana długość nakładek wynosi 1 m. Na oczepie filara 2 (gdzie chodzi głównie o oparcie w kierunku podłużnym) należy po stronie wschodniej zastosować identyczną nakładkę, czyli także o długości 1 m. Nakładka po stronie zachodniej winna mieć długość nie mniej niż 6 m (aby poprawić warunki oparcia na połowie szerokości przęsła 1–2).

Podsumowanie

Opisany przypadek dotyczy obiektu mostowego zlokalizowanego na terenie górniczym. Zgodnie z przepisami prawa budowlanego osoba posiadająca wymagane uprawnienia przeprowadzała przeglądy okresowe, które każdorazowo kończyły się sporządzeniem stosownych protokołów. Ich autorom, którzy zwracali uwagę głównie na drobne uszkodzenia związane z upływem czasu oraz działaniem wilgoci, umknęły sprawy najistotniejsze, związane z bezpieczeństwem obiektu. Jest to zatem kolejny przykład wskazujący na konieczność zbadania obiektu mostowego przed rozpoczęciem eksploatacji górniczej przez specjalistę z dziedziny budownictwa na terenach górniczych. Specjalistyczny nadzór powinien być również sprawowany podczas ujawniania się wpływów górniczych.

Literatura

1. Książka Obiektu Mostowego założona w październiku 2007.
2. Protokoły Okresowej Kontroli Rocznej Przeglądu Podstawowego Obiektu Mostowego (ostatni z roku 2018).
3. Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, praca zbiorowa pod kier. J. Kwiatka, Katowice, Wydawnictwo GIG, 1997.
4. Rosikoń A., *Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górniczymi*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1979.
5. Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej. Załącznik do zarządzenia ministra komunikacji oraz ministra administracji, gospodarki terenowej i ochrony środowiska z dnia 23 września 1976 r.
6. Barycz St., Kocot W., Wodyński A., *O błędach w ułożyskowaniu obiektów mostowych na terenach górniczych*, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego, Seria Konferencje, nr 20 „Ochrona powierzchni i obiektów budowlanych przed szkodami górniczymi”, Katowice 1997.