



## Dostosowanie obiektów mostowych do obniżonego koryta rzek i potoków

### Adjustment of bridge structures to the lowered channel of rivers and streams

Dr inż. Piotr Bętkowski<sup>\*)</sup>

**Treść:** W wyniku obniżenia terenu wskutek prowadzonej eksploatacji górniczej w określonej sytuacji hydrologicznej dochodzi do powstania zalewisk. Jednym ze sposobów likwidacji zalewiska bądź trwałego obniżenia zwierciadła wody jest obniżenie koryta cieków na wypływie z zalewiska. Obniżenie koryta może dotyczyć odcinka długości nawet kilku kilometrów, a istotne problemy techniczne stwarzają obiekty mostowe. W artykule omówiono wybrane sposoby dostosowania obiektów mostowych do obniżonego koryta rzek i potoków.

**Abstract:** As a result of area depressions due to mining exploitation in the determined hydrological situation the bayous are formed. One of the methods of their removal or long-lasting lowering of the water table is to depress the watercourse channel on the bayou outflow. The lowering of the channel may concern even a few kilometers long segment but essential technical problems arise from the bridge structures. This paper presents the selected methods of adjusting bridge structures to the lowered channel of rivers and streams.

#### Słowa kluczowe:

most, górnicze deformacje terenu, hydrologia

#### Key words:

bridge, mining area deformation, hydrology

## 1. Wprowadzenie

Eksploatacja górnicza prowadzi do powstania na powierzchni terenu niecków obniżeniowych. W polskich realiach tereny górnicze to tereny wyżynne, polodowcowe, bogate w liczne cieków wodne. Złożona sytuacja hydrologiczna sprawia, że w nieckach obniżeniowych w wielu przypadkach dochodzi do powstania zalewisk.

Często najlepszym dla środowiska sposobem bądź likwidacji zalewiska bądź trwałego obniżenia poziomu zwierciadła wody jest obniżenie koryta cieków na wylocie z zalewiska. Prowadzona wyprzedająco regulacja koryta może zmniejszyć obszar zalewiska, pozwolić na zmniejszenie obszaru i wysokości koniecznych obwałowań, a czasami wręcz zapobiec powstaniu zalewiska.

W przypadku rzek obniżenie koryta może dotyczyć odcinka długości kilku kilometrów. Regulacja, odmulenie czy obniżenie koryta na ogół nie stwarzają problemów technicznych, zaś koszty można szacować z dużą dokładnością.

Istotne problemy stwarzają obiekty mostowe. Pierwszy problem to uzgodnienia formalno-prawne i konieczne ugody z właścicielami obiektów mostowych. W przypadku wymiany obiektu infrastruktura techniczna podwieszona do obiektów mostowych (np. kable, wodociągi, ciepłociągi, gazociągi) podnosi znacznie koszt inwestycji, podobnie jak konieczność przeprowadzenia całego procesu legalizacji dokumentacji

projektowej w świetle przepisów Prawo budowlanego [7]. Kolejny problem to konieczność budowy obiektów zgodnych z odpowiednimi warunkami technicznymi, w których to przepisach określono konieczne minimalne wymagania dla nowych obiektów mostowych [8], [9]. Na ogół nowy obiekt ma parametry techniczne znacznie wyższe niż rozbierany, a zarządca obiektu pomimo niewątpliwiej korzyści nie chce w żaden sposób partycypować w kosztach inwestycji. Stąd celowe jest preferowanie rozwiązań, kiedy obiektu nie trzeba wymieniać. Zabezpieczenie obiektu na przyszłe wpływy górnicze, dostosowanie obiektu do obniżonego koryta rzeki, czy remont nie wymagają na ogół pozwolenia na budowę – wystarczy zgłoszenie robót, co upraszcza całą procedurę prawną. Nie trzeba dostosowywać obiektu do aktualnych wymagań technicznych [8], [9], nie trzeba na ogół przenosić infrastruktury technicznej podwieszanej do mostu.

Obniżenie dna koryta cieków pod istniejącym obiektem wymaga odpowiedniej analizy technicznej. Nieprzemysłane obniżenie dna koryta pod mostem może prowadzić do utraty stateczności przyczółków i filarów, podmycia fundamentów, istotnego osłabienia nośności elementów konstrukcyjnych. Rozwiązać trzeba wiele problemów, jak np. obecność płyt dennych pod korytem cieków w przypadku niektórych obiektów ramowych. W artykule podano sposoby dostosowania obiektów mostowych do obniżonego koryta rzek i potoków oraz omówiono podstawowe problemy techniczne. Zwrócono uwagę na podatność stosowanych rozwiązań na wpływy górnicze. Problem ilustrują przykłady rozwiązań technicznych.

<sup>\*)</sup> Politechnika Śląska w Gliwicach

Zagadnienie jest istotne dla przedsiębiorców górniczych, ponieważ coraz bardziej restrykcyjne przepisy dotyczące ochrony środowiska wymuszają zwrócenie większej uwagi na stosunki wodne na danym obszarze górniczym. Przedsiębiorca górniczy musi więc dokonać wyboru działań zmierzających do regulowania stosunków wodnych. W artykule omówiono pewne aspekty techniczne, których znajomość jest konieczna do właściwego określenia strategii działań w zakresie hydrologii i wyboru/oceny rozwiązań koncepcyjnych optymalnego z punktu widzenia planowanej eksploatacji górniczej i ponoszonych kosztów zabezpieczeń.

Obiekty mostowe są na ogół własnością podmiotów zewnętrznych: GDDKiA, Urzędu Marszałkowskiego, PKP, JSK. Organy zarządzające obiektami to właściwe zarządy dróg miejskich, wojewódzkich, GDDKiA, spółki kolejowe. Wszelkie rozmowy i ugody prowadzone są z mostowcami i wymagają pewnej znajomości zagadnień technicznych.

## 2. Ustalanie posadowienia

Brak archiwalnej dokumentacji w przypadku wielu obiektów mostowych wymaga często wykonania odkrywek próbnych w celu ustalenia sposobu posadowienia obiektów mostowych. Wykonanie odkrywek na ogół wymusza ingerencję w istniejące umocnienie koryta – jest to działanie konieczne w przypadkach, w których zachodzi podejrzenie, że dno koryta schodzi poniżej poziomu posadowienia bezpośredniego lub poniżej oczepów pali czy studni.

Wykonane zabezpieczenie na obniżenie koryta cieku powinno zapewnić stateczność podpór obiektu mostowego, przejąć siły poziome spod stopy czy oczepu oraz stabilizować grunt pod fundamentem. Jednocześnie powinny być spełnione wymagania hydrologiczne w zakresie profilu koryta. Należy również trwale zapobiec groźbie podmycia podpór (obniżone dno koryta w wielu przypadkach prowadzone jest poniżej poziomu posadowienia podpór).

## 3. Mosty posadowione na palach i studniach

Wiele starszych obiektów mostowych posadowionych jest na palach lub studniach (rys. 1). Wynika to z zalegania gruntów nienośnych, plastycznych w korytach rzek. Pale mają na ogół średnice 0,4 do 0,8 m i są bardzo słabo zbrojone. Studnie składają się z kręgów leżących jeden na drugim, nie połączonych ze sobą monolitycznie. Jedne i drugie elementy

pracują podobnie – praktycznie nie są w stanie przenosić sił poziomych.

W przypadku niewielkich obniżen dła koryta siły poziome mogą przenosić rozpory/ściagi lub/i kotwy gruntowe.

Dobrą stabilizację filarów czy przyczółków można zapewnić przez rozpory/ściagi stalowe spinające ich głowice. Rura stalowa stanowi rozpore, natomiast ściąg (ciągnio lub pręt ze wstępnym naciąganiem) przyjmuje siły rozciągające oraz stabilizuje położenie rozpory. Taka konstrukcja uniemożliwia przemieszczenia podpór na obu kierunkach w osi mostu. Spiąć należy co najmniej przeciwległe krawędzie głowic filarów czy przyczółków (w pobliżu obu krawędzi przęsła), aby zapobiec skręcaniu względem siebie spinanych elementów.

Kotwa gruntowa składa się z buławy, ciągną z długością dowolną i zakotwienia. W zakotwieniu przyłożona jest znaczna siła, dociskająca kotwiony element do gruntu. Kotwy gruntowe można wykonać nawet pod niewielkimi mostkami i nawet w korytach rzek.

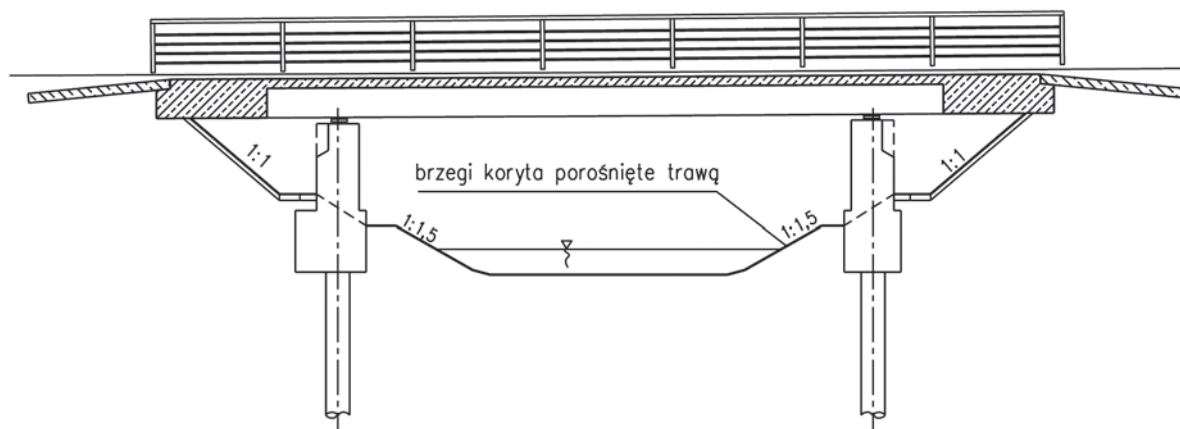
W przypadku, gdy konieczne jest zejście z dnem koryta poniżej oczepu pali/studni konieczna jest stabilizacja dna koryta. W przypadku niewielkich obniżen można stosować np. maty kamienne (rys. 2) zabezpieczające grunt przed rozmyciem (nie można dopuścić do wypłukania gruntu spod oczepu i odsłonięcia pali).

W przypadku większych, znacznych obniżen zabezpieczenie obiektu mostowego polega na wykonaniu dodatkowo sztywnej kinety żelbetowej przenoszącej siły poziome (pełniącej m.in. rolę ścian oporowych) i zabezpieczającej fundamenty przed podmyciem. (rys. 3). Wybór rozwiązania i ustalenie, co dla danego obiektu jest istotnym, znacznym obniżeniem koryta zależy od wielu czynników m.in. od rodzaju pali i ich zbrojenia, układu pali pod oczepem, konstrukcji oraz sztywności przęsła i podpór, parametrów gruntu, odległości podpór od koryta.

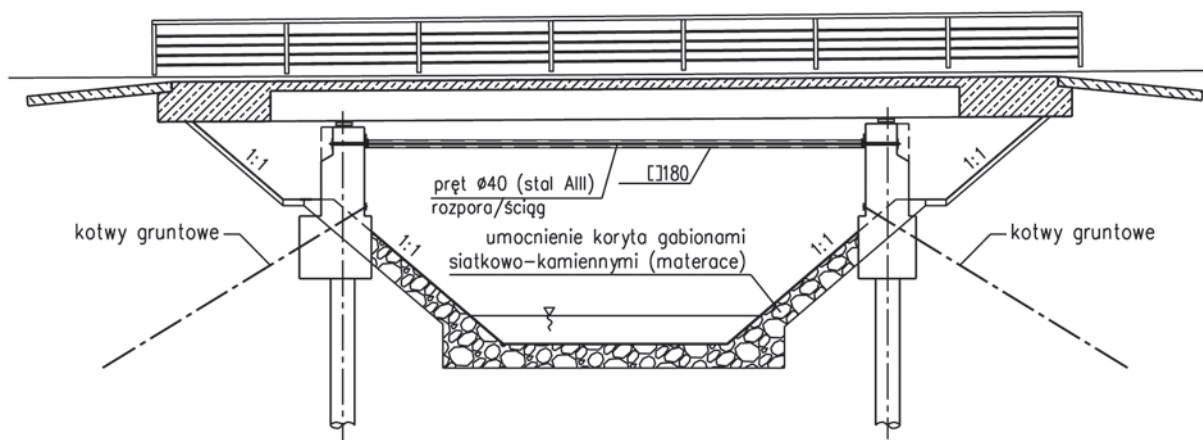
## 4. Obiekty mostowe posadowione bezpośrednio

Mniejsze obiekty mostowe często posadowione są bezpośrednio na gruncie (rys. 4).

W przypadku rozpiętości do ok. 14 m często są to ramy prostokątne. Rozwiązanie takie było popularne zwłaszcza w latach 50. i 60. ubiegłego wieku, ponieważ ograniczało istotnie zużycie stali zbrojeniowej i w pewnym stopniu betonu, co w warunkach niedoboru surowców i gwałtownego powojennego rozwoju regionu (w tym także infrastruktury drogowej) było istotne. Konstrukcja o schemacie statycznym

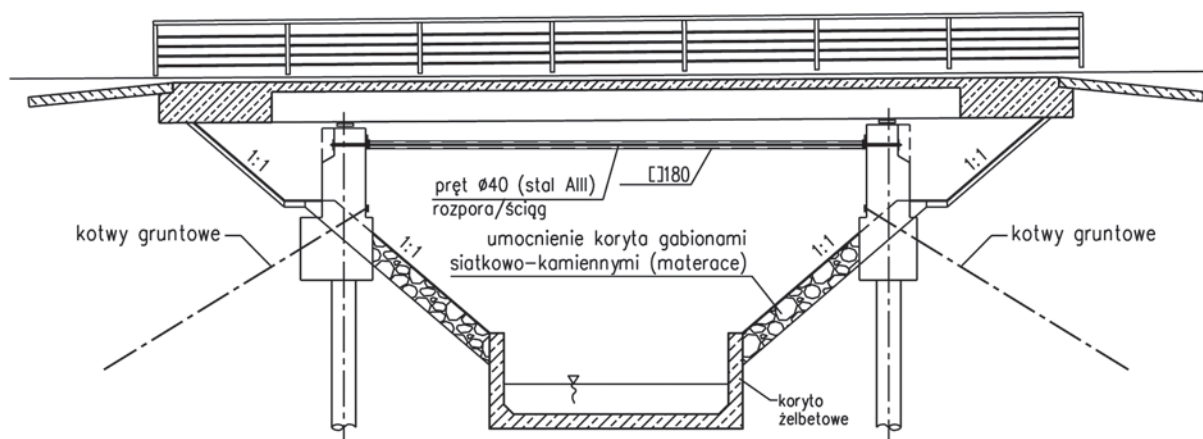


Rys. 1. Most posadowiony na palach – stan przed obniżeniem koryta  
Fig. 1. Bridge based on stilts – state before lowering the channel



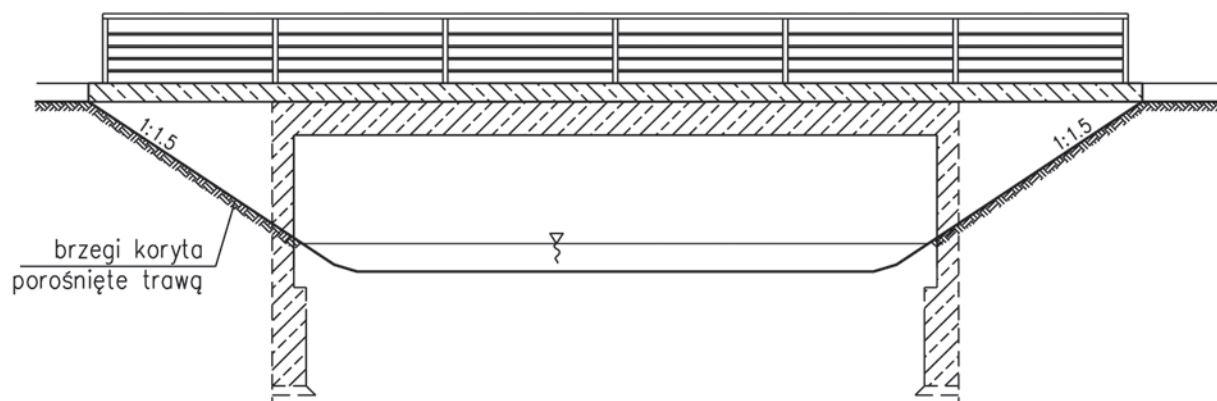
Rys. 2. Most na palach. Umiarkowane obniżenie dna koryta

Fig. 2. Bridge based on stilts. Moderate lowering of the channel's bottom



Rys. 3. Most na palach. Znaczne obniżenie dna koryta

Fig. 3. Bridge based on stilts. Considerable lowering of channel's bottom



Rys. 4. Most ramowy posadowiony bezpośrednio

Fig. 4. Frame bridge based directly

ramy prostokątnej pozwalała pozbyć się m.in. łożysk oraz w prosty sposób stabilizować przyczółki.

Obiekty takie często znajdują się poza obszarem górniczym (brak górniczych deformacji terenu), na ciekach wypływających z obszaru górniczego. Słabo zbrojone konstrukcje ramowe mają niską odporność na wpływy górnicze [6], [10], [11].

Problematyczne jest przede wszystkim pogłębienie koryta w przypadku przyczółków zlokalizowanych praktycznie

w korycie – w wyniku obniżenia koryta usunięta zostaje część gruntu zapewniająca odpór od strony cieku i utrzymująca przyczółek.

Podobnie jak w przypadku konstrukcji posadowionych pośrednio w przypadku niewielkich obniżen dna koryta siłę poziomą równoważną odporowi usuniętej części gruntu mogą zapewnić kotwy gruntowe.

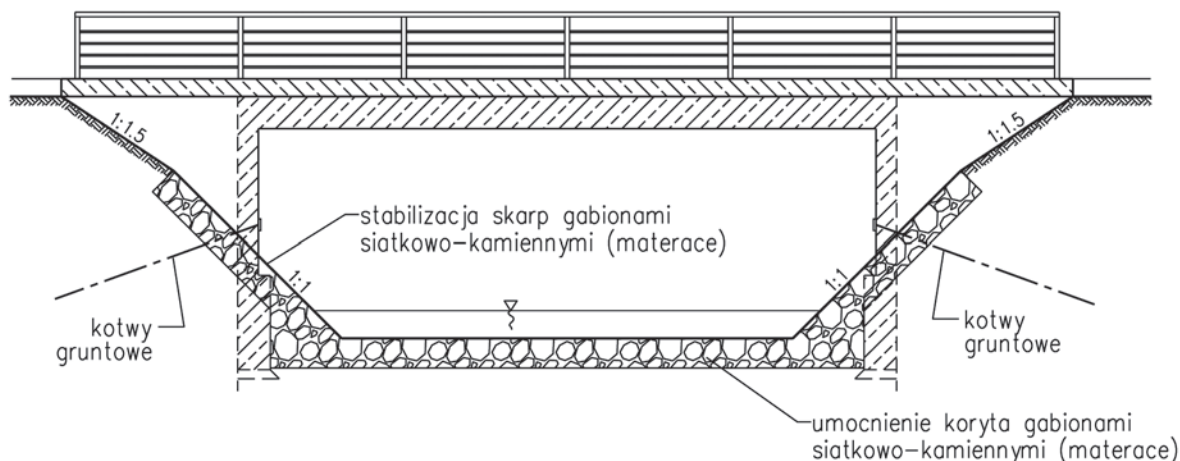
W przypadku, gdy konieczne jest zejściem dna koryta poniżej poziomu posadowienia stóp ważna jest stabilizacja dna

koryta. W przypadku niewielkich obniżeń można stosować materace kamienne (rys. 5).

W przypadku większych obniżeń zabezpieczenie obiektu mostowego polega na wykonaniu sztywnej kinety żelbetowej przenoszącej siły poziome i zabezpieczającej fundamenty przed podmyciem (rys. 6).

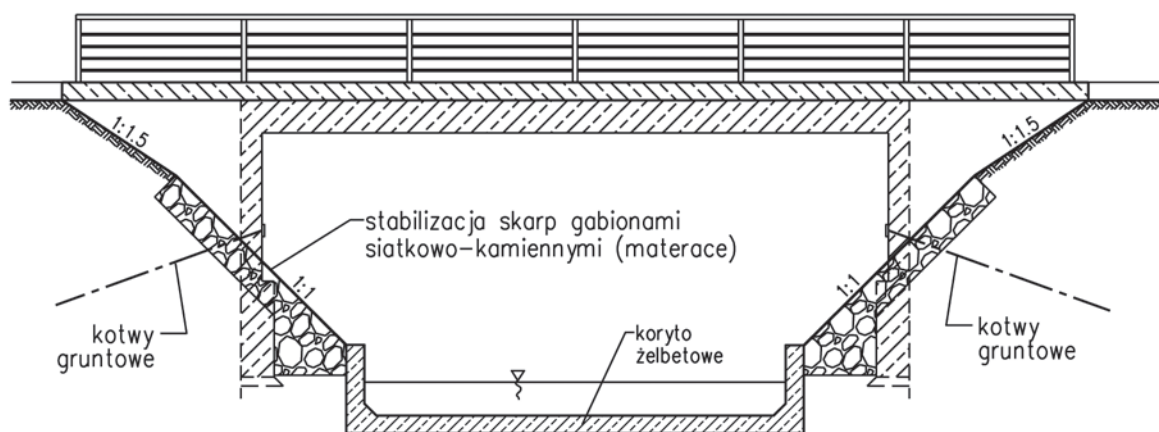
Alternatywą jest wymiana obiektu, ekonomicznie uzasadniona głównie w przypadkach, gdy takie obiekty znajdują się w zasięgu deformacji terenu spowodowanych działalnością

górnictw. Nowy obiekt można posadzić na niewielkich przyczółkach zlokalizowanych wysoko na skarpie, daleko od cieku, na mocno zbrojonych palach oddylatowanych od oczepu (rys. 7). Taki obiekt wykazuje dużą odporność na wpływy górnicze (w przeciwieństwie do masywnych, dużych, sztywnych przyczółków, które są wrażliwe na zmianę krzywizny terenu i rozpelzania gruntu). Taka przebudowa umożliwia w przyszłości dalsze swobodne kształtowanie koryta.



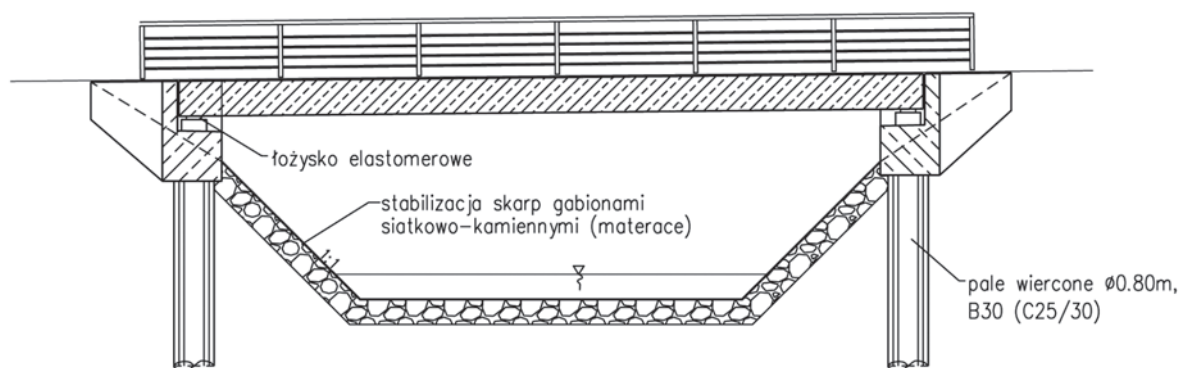
Rys. 5. Most posadowiony bezpośrednio. Umiarkowane obniżenie dna koryta

Fig. 5. Bridge based directly. Moderate lowering of the channel's bottom



Rys. 6. Most posadowiony bezpośrednio. Znaczne obniżenie dna koryta

Fig. 6. Bridge based directly. Considerable lowering of the channel's bottom



Rys. 7. Przykład nowego mostu. Znaczne obniżenie dna koryta

Fig. 7. Example of a new bridge. Considerable lowering of the channel's bottom



## 5. Obiekty z płytą denną

Obecność płyt dennych w przypadku obiektów ramowych znacznie utrudnia pogłębienie koryta (rys. 8). Są to obiekty żelbetowe o rozpiętości przęsła 6÷10 m. Obiekty takie były popularne przed wojną i w latach 50. i 60. ubiegłego wieku.

Znaczna powierzchnia płyty dennej wpływa korzystnie na wartość naprężeń w poziomie posadowienia, co umożliwiało płytkie, bezpośrednie posadowienie takich konstrukcji oraz znacznie obniżało wymagania do parametrów gruntu. Bez rozbiórki fragmentu płyty nie można obniżyć dna koryta – tymczasem płyta jest istotnym elementem konstrukcyjnym mostu (rys. 8).

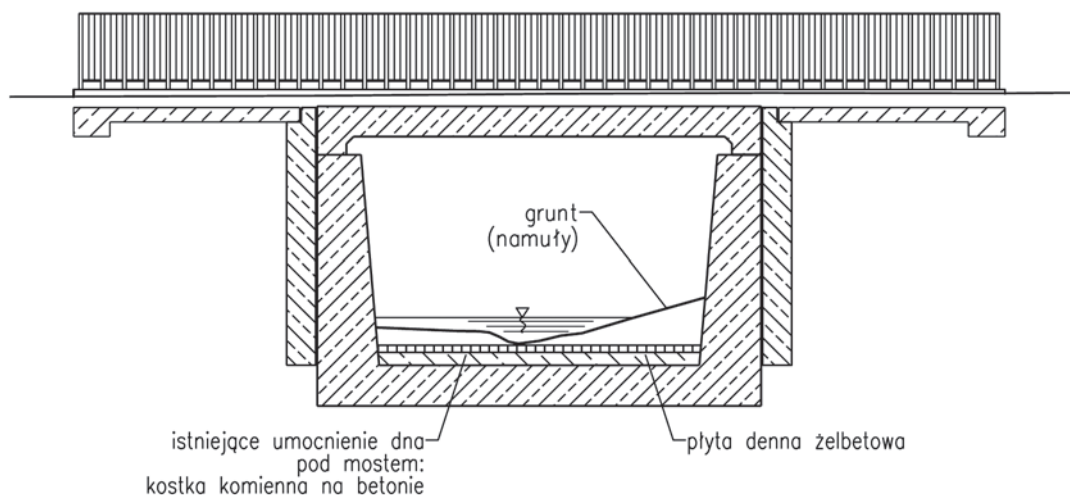
Wycięcie fragmentu płyty dennej jest technicznie możliwe, ale wymaga rzetelnej analizy obliczeniowej pracy całej konstrukcji – zmienia się istotnie rozkład i wartości sił wewnętrznych w konstrukcji, a przyczółki stają się niezależnymi samodzielnymi elementami/bryłami, które mogą się względnie siebie przemieszczać.

Konieczne jest wykonanie rozporę, która przejmie siły poziome wynikające z parcia gruntu na ścianę czołową przyczółka. Należy tak ukształtować rozporę, aby zabezpieczyć przyczółki przed podmywaniem (rys. 9). W przypadku płyty dennej obiekty mostowe posadowione są płytko, płyta denna jest fundamentem obiektu.

Wycięcie fragmentu płyty dennej zmienia rozkład momentów zginających w konstrukcji, przyczółki uzyskują

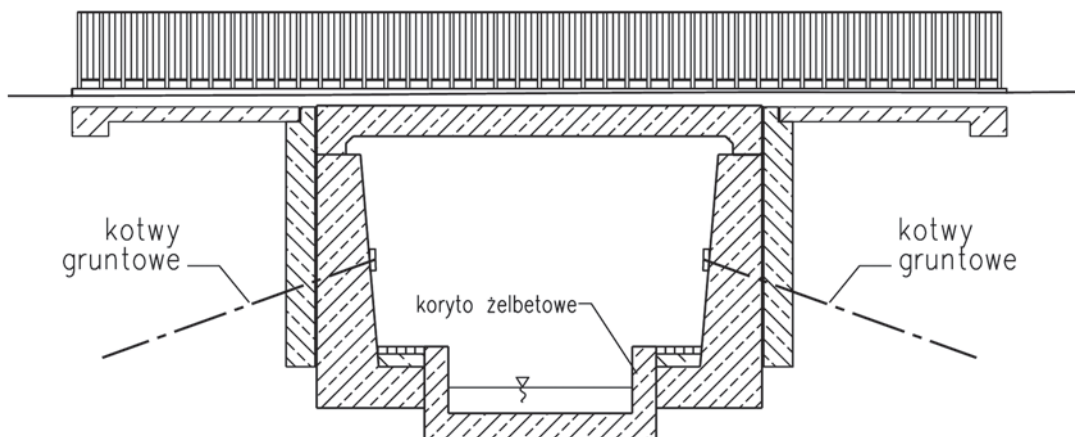
możliwość obrotu względem nowej krawędzi płyty, na ogół stateczność przyczółków na obrót jest w takiej sytuacji niedostateczna. Rozwiązaniem mogą być kotwy gruntowe – siła pozioma przyłożona powyżej poziomu posadowienia na pewnym ramieniu względem płaszczyzny obrotu zlokalizowanej na krawędzi wyciętej płyty dennej powinna zapewnić moment otrzymujący ścianę przyczółka, zapewnić stateczność na obrót.

Zmniejsza się powierzchnia fundamentu – należy więc sprawdzić nośność gruntu i ewentualnie zastosować mikropale pod pozostawionym fragmentem płyty dennej. Mikropale można wykonać przewiercając się przez płytę denną, co do minimum ogranicza ingerencję w posadowienie (np. brak wykopów). Mikropale można wykonywać bezpośrednio w korycie rzeki. Użycie lekkiego sprzętu pozwala na zastosowanie technologii w miejscach, w których ze względu na trudny dostęp lub ograniczoną przestrzeń pod mostem stosowanie klasycznych pali czy ścianek szczelnych jest niemożliwe. Cały proces odbywa się przy użyciu standardowych urządzeń wiertniczych. Żerdź wykorzystywana jest jednocześnie jako przewód wiertniczy i iniekcyjny. Zaczyn cementowy, migrując w strukturę gruntu, stabilizuje ściany otworu, eliminując potrzebę stosowania rur osłonowych, a żerdź wraz z łącznikami pozostaje w otworze, pełniąc funkcję zbrojenia mikropala. Nieregularny, postrzępiony kształt buławy iniekcyjnej zapewnia bardzo dobre połączenie z gruntem, co przekłada się na wysokie nośności mikropali.



Rys. 8. Most z płytą denną

Fig. 8. Bridge with the floor bedplate



Rys. 9. Most z kintą żelbetową w wyciętej płycie dennej

Fig. 9. Bridge with reinforced concrete channel cut out in the floor bedplate

## 6. Uwagi ogólne

Początkiem działań odnośnie dostosowania mostów do obniżonego koryta cieką jest ocena aktualnego stanu technicznego obiektu [2] oraz określenie wpływu dalszych planów związanych z eksploatacją górnictw na obiekt (np. [3], [4], [5], [6], [10], [11]). Celowe jest uzyskanie danych szerszych niż standardowa informacja o kategorii górnictw (np. [1]). Wskaźniki opisujące wpływy górnictw powinny być wyznaczone na kierunkach osi obiektu i osi cieką.

Możliwe są dwie sytuacje: obiekt znajduje się na obszarze poddanym górnictw deformacjom terenu lub poza takim obiektem, ale trzeba obniżyć dno koryta rzeki/potoku pod obiektem, aby pozbyć się zalewiska, które powstaje kilka kilometrów powyżej obiektu (sam obiekt może znajdować się poza obszarem górnictw deformacji terenu).

Należy prognozować, biorąc pod uwagę dalsze plany kopalni, czy obniżenie koryta jest jednorazowe czy też podobna akcja będzie ponawiana w przyszłości, tak aby wybór określonych rozwiązań nie utrudniał w przyszłości dalszych działań w zakresie hydrologii. Celowe jest także koordynowanie działań w zakresie hydrologii pomiędzy poszczególnymi zakładami górnictw w przypadku, kiedy obszary górnictw leżą na terenie tej samej zlewni.

Do oceny strony technicznej i ekonomicznej rozwiązań oraz właściwego skoordynowania działań w zakresie hydrologii z planami ruchu zakładu górnictw na ogół konieczne jest wykonanie odpowiednio wcześniej analizy wariantowej wraz kalkulacją kosztów poszczególnych rozwiązań.

Bardzo ważna jest współpraca i wzajemna długofalowa wymiana informacji z zarządcami cieków i właścicielami obiektów mostowych, aby inwestycje w te same obszary nie kolidowały ze sobą, ale uzupełniały się wzajemnie – co pozwoli obniżyć koszty po obu stronach. Przykład to np. remont mostu przez zarządcę drogi, który nie uwzględnił planów kopalni i pilna konieczność wymiany praktycznie nowych łożysk i urządzeń dylatacyjnych oraz rozkucia ścianek zapleczy na wyremontowanych przyczółkach w celu poszerzenia szczelin dylatacyjnych. Inny przykład to wymiana mostu świeżo wyremontowanego przez właściciela, ponieważ obiekt uniemożliwił konieczne obniżenie koryta rzeki. Zarządca cieką, nie mając informacji o prognozowanych górnictw deformacjach terenu i o planach kopalni w zakresie hydrologii, może, kierując się lokalnymi, doraźnymi potrzebami dokonać np. umocnienia koryta, które ogranicza możliwości kopalni co do ingerencji w koryto, zwłaszcza

jeżeli wykorzystane były fundusze unijne (coraz częściej wykorzystywane w inwestycjach dotyczących środowiska).

## 7. Podsumowanie

W artykule podano kilka przykładowych rozwiązań technicznych dotyczących dostosowania obiektów mostowych do obniżonego koryta rzek i potoków.

Zwrócono uwagę na konieczność długofalowej, szerszej oceny wpływów eksploatacji górnictw na obiekt w celu poprawy efektywności rozwiązań, konieczność wariantowania rozwiązań oraz kalkulacji kosztów.

Istotny problem to właściwa współpraca, wzajemna wymiana informacji dotyczących przyszłych inwestycji pomiędzy kopalniami, zarządcami cieków i właścicielami obiektów mostowych, aby inwestycje w te same obszary nie kolidowały ze sobą. Czasookres objęty uzgadnianymi planami ruchu jest tu zdecydowanie za krótki.

## Literatura

1. *Bialek J.*: Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górnictw. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
2. *Bień J.*: Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych. WKŁ, Warszawa 2010.
3. *Kawulok M.*: Szkody górnictw w budownictwie. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2010.
4. *Kwiatek J.*: Obiekty budowlane na terenach górnictw. GIG, Katowice 2007.
5. *Przybyła H.*: Fundamentowanie budowli na terenach górnictw. Fundamenty. Arkady, Warszawa, 1976.
6. *Rosikoń A.*: Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górnictw. WKŁ, Warszawa 1979.
7. Prawo budowlane. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. (tekst jednolity Dz.U. Nr 156 z 2006 r. poz. 1118 ze zmianami z dnia 27 sierpnia 2009 r.).
8. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63 poz. 735).
9. Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich Id-2. Warszawa 2005.
10. Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górnictw. Instrukcja nr 364/2007. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2007.
11. Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górnictw. Ministerstwo Komunikacji, Warszawa 1977.