

Przykłady zastosowania technologii betonowania pod wodą w remontach budowli hydrotechnicznych

Mgr inż. Stanisław Kańka, Politechnika Krakowska,
mgr inż. Robert Sołtysik, Soley Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Znaczna część budowli hydrotechnicznych po zakończeniu ich budowy i włączeniu do eksploatacji pracuje poniżej zwierciadła wody. Modernizacja, naprawa lub wzmacnianie betonowych budowli hydrotechnicznych znajdujących się stale pod wodą nasyca szeregiem trudności. Najtrudniejsze prace to takie, gdzie zachodzi konieczność zapewnienia stateczności naprawianej konstrukcji. Ponadto bardzo często istnieje potrzeba utrzymania ciągłości lub gotowości pracy obiektu [1]. Niejednokrotnie prace wykonywane są przy jednostronnym parciu wody na naprawiany element.

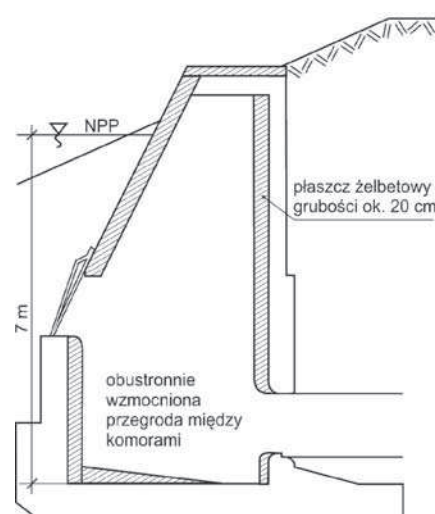
Do wielu tego typu prac stosuje się beton, który należy zabudować pod wodą. Technologia betonów podwodnych zawierających w swym składzie domieszki zapobiegające wymywaniu spoiwa typu AWA (ang. antiwashout admixture) jest znana [2] [3]. W dalszym ciągu przedstawiono przykłady kilku krajowych realizacji prac budowlanych na obiektach hydrotechnicznych z wykorzystaniem samozagęszczalnego betonu podwodnego.

2. Kompleksowy remont ujęcia wody

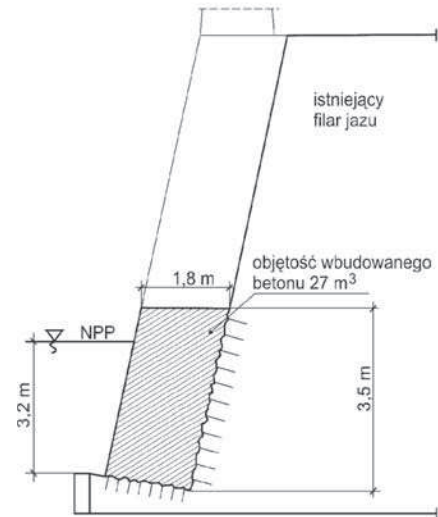
W korpusie zapory ziemnej usytuowane jest dwukomorowe ujęcie wody typu brzegowego.

W trakcie oceny stanu technicznego betonowej konstrukcji ujęcia stwierdzono jego zły stan techniczny. Niepokój użytkownika obiektu budziły wycieki ze ścian bocznych oraz ukośnej ściany czołowej. Natomiast przegroda międzykomorowa była nieomal w awaryjnym stanie. Zaszła potrzeba kompleksowego remontu betonowego obiektu, którego znaczna część usytuowana jest poniżej normalnego poziomu piętrzenia wody w zbiorniku.

Aby prace wykonywać bezpiecznie, a zarazem bez potrzeby wyłączenia ujęcia z eksploatacji uznano, że część prac remontowych zostanie wykonana przez ekipę nurków pod wodą.



Rys. 1. Betonowanie przegrody między komorami ujęcia. Po prawej schemat wzmacnianej konstrukcji



Rys. 2. Betonowanie podwodnej części nurtowej podpory kładki. Po prawej schemat wydłużenia filara

Główny problem w zorganizowaniu prac remontowych polegał na tym, aby bez opróżniania komór wzmocnić przegrodę między nimi. Opróżnienie jednej z nich spowodowałoby jednostronne parcie wody na odsoniętą przegrodę, skutkujące intensywnymi wyciekami utrudniającymi, a być może uniemożliwiającymi jej wzmocnienie. Natomiast jednoczesne opróżnienie komór, co prawda odciążałoby przegrodę, ale spowodowałoby wyłączenie całego ujęcia, czego chciano uniknąć.

W pierwszym etapie prac remontowych wykonano obustronne wzmocnienie płaszczem żelbetowym o grubości 20 cm oraz wzmocnienie skośnej płyty czołowej.

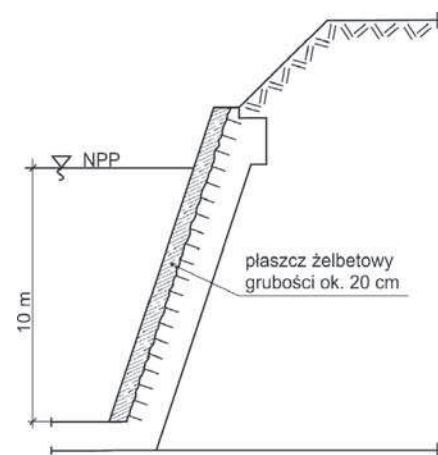
Następnie po wypompowaniu wody z poszczególnych komór wykonano pozostałe prace remontowe. W technologii betonowania pod wodą w całości wymieniono skrzydełka umocnienia przy wlotach ujęcia. Prace prowadzono na głębokości do 7 m. W trakcie remontu pod wodą zabudowano blisko 30 m³ betonu C30/37 o stopniu wodoszczelności W 12 i stopniu mrozoodporności F 200.

3. Wydłużenie filarów jazu związane z rozszerzeniem funkcji obiektu

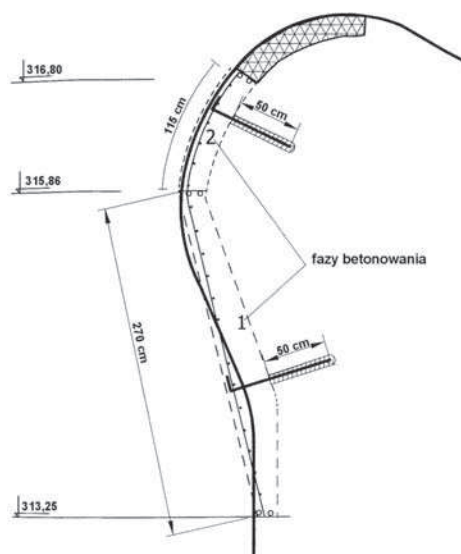
Jednym z elementów modernizacji południowego obojścia autostradowego Krakowa było wykonanie

kładki pieszo-rowerowej łączącej brzegi Wisły. Jej przęsła wsparto między innymi na podporach ustawionych na dwóch filarach jazu. Filary te okazały się nieco za krótkie, a więc zaszła potrzeba ich wydłużenia. Analizując techniczne możliwości realizacji tego zadania dla filarów w nurcie rzeki, wybrano technologię związaną z pracą nurków.

Wykonawca prac podwodnych dokonał adaptacji projektu do przyjętej technologii wykonania, zwłaszcza w zakresie modyfikacji receptury betonu i sposobu mocowania kotew. Wspólnie z dostawcą mieszanki betonowej opracowano recepturę, w której zastosowano jako kruszywo grys



Rys. 3. Mur oporowy niecki wypadowej w trakcie remontu oraz schemat jego wzmocnienia



Rys. 4. Reprofilacja górnych fragmentów przelewów powierzchniowych zapory

bazaltowy o uziarnieniu do 16 mm. Zastąpienie kruszywa otoczakowego, które z powodzeniem stosowano w trakcie dotychczasowych betonowań podwodnych wynikało z bezwzględnej potrzeby spełnienia wymagań specyfikacji technicznej projektu branży mostowej.

W ciągu stosunkowo krótkiego czasu zespół nurków wykonał w przepływającej wodzie na głębokości do 3 m zilustrowane na rysunku 2 następujące prace:

- przygotowano podłoże polegające na odmuleniu i wyczyszczeniu fragmentów płyty dennej oraz filarów wraz z rozkuciami technologicznymi,
- wywiercono otwory w starym betonie płyty dennej oraz filarach jazu, w których osadzano kotwy ze stali zbrojeniowej odpowiadające za zespolenie starego betonu z nowym,
- zamontowano gęste zbrojenie, które miało przenieść między innymi naprężenia termiczne powstające w trakcie twardnienia betonu w stosunkowo krępych elementach,
- przytwierdzono do płyty dennej wypadu oraz bocznych ścian filarów specjalnie skonstruowany stalowy szalunek, który umożliwił betonowanie wyoblonej podwodnej części filara,
- w każdy filar wbudowano po 27 m³ samozagęszczalnej mieszan-

ki betonowej przystosowanej do betonowania pod wodą.

4. Powierzniowe wzmocnienie muru oporowego niecki wypadowej elektrowni wodnej

Przedmiotem naprawy był betonowy mur oporowy usytuowany na dolnym stanowisku przy wylotach elektrowni wodnej. Chroni on skarpe brzegową niecki przed erozyjnym oddziaływaniem wody wypływającej z turbin. Przepływ wody w takich miejscach jest turbulentny, a co zatem idzie, powoduje intensywne niszczenie umocnień, szczególnie w miejscach gdzie wykonano je ze słabszych materiałów.

W trakcie przeglądu technicznego stwierdzono liczne uszkodzenia muru w podwodnej jego części zwłaszcza w rejonie końca płyty wypadowej. Po ich zinwentaryzowaniu stwierdzono, że dla zapewnienia należytej stateczności skarpy niezbędna jest naprawa całego muru oporowego. Wobec tego, że znaczna jego część znajdowała się stale pod wodą zdecydowano prace remontowe wykonywać techniką podwodną. Tylko takie rozwiązanie zapewniało bowiem ciągłość pracy elektrowni.

Przygotowano projekt remontu, który przewidywał hydrodyna-

miczne czyszczenie powierzchni betonu zarówno pod, jak i nad wodą wraz z usuwaniem jego słabych fragmentów. Jako działanie naprawcze przewidziano wykonanie na całej powierzchni muru płaszcza żelbetonowego zespolonego ze starym betonem za pomocą kotew stalowych. Do wykonania okładziny zastosowano w części stale znajdującej się pod wodą, beton podwodny. Jego recepturę, a przede wszystkim technologię układania pod wodą opracowano na podstawie wcześniejszych doświadczeń [4]. Pozostałą nadwodną część płaszcza wykonano z betonu hydrotechnicznego.

W opisany powyżej sposób wzmocniono 182 m² muru oporowego niecki wypadowej elektrowni wodnej pokazanego na rysunku 3. Całkowicie pod wodą, na głębokości do 10 m, wykonano około 80% zakresu prac, który obejmował:

- przygotowanie podłoża przez czyszczenie hydrodynamiczne i miejscowe rozkucia,
- wywiercenie ponad 550 otworów w starym betonie, w których osadzono na odpowiednio zmodyfikowanej do stosowania pod wodą zaprawie mineralnej, kotwy ze stali zbrojeniowej $\varnothing 16$,
- zamontowanie zgrzewanej siatki zbrojeniowej oraz wykonanie odpowiednich szalunków,

– wbudowanie blisko 30 m³ mieszanki betonowej przystosowanej do betonowania pod wodą.

5. Remont górnego pasa przelewów powierzchniowych zapory wodnej

Jeden z etapów kompleksowego remontu liczącej ponad 70 lat betonowej zapory była rekonstrukcja górnego pasa przelewów powierzchniowych od strony górnej wody. Rekonstrukcja ta polegała na usunięciu powierzchniowych warstw betonu, które uległy destrukcji w wyniku dotychczasowej eksploatacji, a następnie (dobetonowanie) wypełnienie betonem pod wodą przestrzeni pomiędzy odpowiednio ukształtowanym deskowaniem a starym betonem korpusu zapory. Remontowany pas przelewów powierzchniowych w całości znajdował się pod powierzchnią wody na głębokości do 3,5 m. Na rysunku 4 przedstawiono przekrój remontowanego górnego pasa przelewów powierzchniowych oraz sposób podawania mieszanki betonowej pod wodą.

W rejonie wykonywanych prac urządzono pływakąca zaplecze budowy wraz z bazą nurków, zamontowano specjalne przestawne pomosty robocze o zmiennej głębokości zanurzenia. W ten sposób stworzono odpowiedni dostęp do powierzchni przelewów podlegającym pracom remontowym.

Usunięto metodami mechanicznymi z zastosowaniem frezu oraz ręcznych młotów pneumatycznych, powierzchniowe warstwy betonu do „zdrowego” nośnego podłoża. Po frezowaniu oraz dodatkowym rozkuciu, oczyszczono uzyskaną powierzchnię hydrodynamicznie w celu zapewnienia dobrego styku pomiędzy starym a nowym betonem. Następnie wykonano iniekcje wszystkich rys i szwów roboczych widocznych na powierzchni betonu po rozkuciu. W miejscach przyszłego styku starego betonu z nowym zamontowano węże iniekcyjne.

W dalszej części prac wiercono

w betonie korpusu zapory otwory na głębokość około 50 cm w rozstawie co 45 cm. W otworach tych osadzano na zaprawie mineralnej odpowiednio odgięte kotwy stalowe o średnicy 18 mm. Tak zamontowane kotwy zapewnić miały zespolenie dobetonowywanego wzmocnienia z korpusem zapory w rejonie górnego pasa przelewów. Do kotew tych montowano zbrojenie w postaci zgrzewanych siatek. Następnie montowano typowe płyty szalunkowe, a w obszarze łuków i załamań specjalnie ukształtowany szalunek stalowy.

Pomiędzy korpusem zapory a deskowaniem zamontowano dwie rury wykorzystywane do podawania mieszanki betonowej pod wodą. Po przybyciu na budowę betonowozu przed rozpoczęciem betonowania, sprawdzano konsystencję oraz urabialność dostarczonej mieszanki betonowej. Następnie przepompowywano jeden kosz mieszanki betonowej poza deskowanie w celu wypełnienia rurociągu pompy jednorodną mieszanką betonową, po czym umieszczono gumową wylewkę pompy w koszu zasypowym rury (rys. 4) i podawano mieszankę betonową pomiędzy stary beton korpusu zapory a szalunek. Podczas pompowania nurek sukcesywnie kontrolował poziom mieszanki betonowej w deskowaniu przy pomocy łaty geodezyjnej. Operacja ta wykonywana była przy współudziale nurka i operatora pompy. Po kilku dniach demontowano całość szalunków, wyrównywano powierzchnię betonu oraz wypełniano otwory po ściągach szalunkowych materiałem cementowo-polimerowym wiążącym pod wodą. Następnie wykonywano iniekcje uszczelniające wszystkich powstałych szwów roboczych pomiędzy starym betonem a nowym.

W opisany powyżej sposób wykonano remont pięciu przelewów powierzchniowych stosując mieszankę betonową zawierającą w swym składzie cement portlandzki CEM I 42,5, piasek rzeczny 0/2 mm oraz

żwir 2/16 mm. Ponadto w składzie mieszanki zastosowano dwie domieszki, jedna to superplastyfikator – domieszka silnie redukująca wodę zarobową oraz domieszki zapobiegające wymywaniu spoiwa typu AWA. Wskaźnik wodno-cementowy zaczynu cementowego wynosił 0,40, a punkt piaskowy kruszywa 39,8%. W efekcie końcowym uzyskano płaszcz żelbetowy z betonu o właściwościach takich, jakie podano w opisanym w pkt. 2 remoncie ujęcia wody.

5. Podsumowanie

Przedstawione w artykule realizacje prac remontowo-modernizacyjnych wskazują na bardzo dużą przydatność technologii układania betonu samozagęszczalnego pod wodą. Prowadzone badania kontrolne wykazały poprawność właściwości układanego w ten sposób betonu oraz jego bardzo dobrą przyczepność podłoża do starego betonu. Należy podkreślić, że technologia ta umożliwiającą wykonanie prac bez wyłączenia obiektu z eksploatacji, wymaga zatrudnienia specjalistycznego zespołu pracowników posiadających nie tylko stosowną wiedzę budowlaną lecz także uprawnienia do pracy pod wodą.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Kledyński Z., Remonty budowli wodnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
- [2] Horszczaruk E., Flis I., Wąż S., Betony podwodne – właściwości, projektowanie, technologie, Materiały Konferencyjne Stowarzyszenia Producentów Cementu Polski Cement, Dni Betonu, Wisła 2004
- [3] Horszczaruk E., Łukowski P., Betony podwodne nowej generacji modyfikowane domieszkami kompleksowymi, projektowanie, technologie, materiały konferencyjne Materiały Konferencyjne Stowarzyszenia Producentów Cementu Polski Cement, Dni Betonu, Wisła 2006
- [4] Tracz T., Kańka S., Radło W., Betonowanie podwodne betonem samozagęszczalnym jako jeden z etapów remontu zapory w Porąbce, Dni betonu 2006
- [5] Kańka S., Sołytsik R., „Przykłady napraw i wzmocnień budowli hydrotechnicznych wykonywanych w technologii betonowania pod wodą”, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awary Budowlane, Międzyzdroje 2009, s. 819–826