

dr inż. Andrzej Kmita*
 dr inż. Wojciech Pawlak*
 dr inż. Dariusz Styś*

Diagnostyka i remonty betonowych elektrowni wodnych

Diagnosis and repairs of concrete construction of hydropower plants

Streszczenie. W artykule przedstawiono typowe uszkodzenia betonowych konstrukcji elektrowni wodnych powstałe podczas 80-letniej eksploatacji. Przedstawiono wybrane problemy występujące przy diagnostyce, remontach i naprawach tego typu obiektów.

Słowa kluczowe: diagnostyka konstrukcji, elektrownie wodne, konstrukcje masywne, naprawy.

Abstract. The paper presents a typical damage in concrete structures associated with hydroelectric power plants for more than 80 years of operation. Presents some problems occurring at diagnosis, maintenance and repairs.

Keywords: diagnostics construction, hydropower, massive structures, repair.

Na terenie Dolnego Śląska istnieje kilkadziesiąt elektrowni wodnych, w większości wybudowanych w latach dwudziestych i trzydziestych ubiegłego wieku. Są to obiekty o mocy od kilku do kilkunastu megawatów. Zlokalizowane głównie na rzekach górskich Kotliny Jeleniogórskiej i Kłodzkiej oraz wzdłuż Odry. Dominującym materiałem w nich jest beton. Ściany tych obiektów mają grubość od kilkudziesięciu centymetrów do 2 m, co pozwala je zaliczyć do konstrukcji masywnych.

Po II wojnie światowej większość elektrowni wodnych na Dolnym Śląsku popadła w ruinę. Radykalna zmiana nastąpiła po wstąpieniu Polski do UE, gdyż odnawialne źródła energii (OZE) stanowią bardzo ważny element polityki energetycznej Wspólnoty. Wpływ na zainteresowanie tymi obiektami miały też powódzie w latach 1997 – 2010, po których przeprowadzono przeglądy i ekspertyzy obiektów hydrotechnicznych na terenach popowodziowych.

Każdą elektrownię wodną projektowano indywidualnie, zależnie od lokalnego ukształtowania terenu oraz warunków hydrotechnicznych, choć takie elementy, jak jazy stałe, komory turbogeneratorów, płyty wypadowe, kanały ulgi, ściany oporowe, pomosty [1] występują w każdym tego typu obiekcie. Wkomponowanie elektrowni w krajobraz stanowi niepowtarzalną część lokalnej zabudowy, którą należy zachować dla przyszłych pokoleń.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Diagnostyka i projekty naprawy

Stare obiekty hydrotechniczne bez kompletnej dokumentacji technicznej wymagają przede wszystkim inwentaryzacji budowlanej obiektu [2]. Następnym etapem jest diagnostyka stanu technicznego konstrukcji z zaznaczeniem miejsc uszkodzonych i określeniem ich zakresu oraz przyczyn. Należy zbadać materiały konstrukcyjne użyte do wykonania obiektów, a także opracować projekt napraw i ewentualnych wzmocnień.

Podczas prac remontowych ujawniają się kolejne wady i ukazuje się rzeczywisty stan konstrukcji (np. po odsłonięciu warstw licowych materiału). Wówczas należy skorygować projekt naprawy, a co za tym idzie zmienia się jej koszt. Pamiętać należy, że aby naprawa była skuteczna, musi być usunięte źródło wystąpienia problemu. Bardzo ważna jest współpraca między projektantem, ekspertem, inwestorem i wykonawcą prac oraz zgodność co do zmian w zależności od zaistniałej sytuacji. Brak uwzględnienia tych czynników spowoduje, że naprawa nie będzie skuteczna i po pewnym czasie pociągnie za sobą konieczność wykonania ponownych prac naprawczych.

Ważnym problemem w diagnostyce obiektów hydrotechnicznych jest określenie cech fizykowtrzymałościowych wbudowanych materiałów konstrukcyjnych, takich jak wytrzymałość betonu na ściskanie, granica plastyczności stali, stopień skorodowania zbrojenia, zasięg karbonatyzacji betonu i wytrzymałość zewnętrznych warstw betonu

na odrywanie. Czasem potrzebne są także badania składu betonu. W celu określenia tych cech materiałów konieczne jest wykonanie odwiertów rdzeniowych, odkrywek zbrojenia, wycięcie zbrojenia i testy pull-off.

Stan techniczny obiektów

Przez 80 – 100 lat elementy betonowe elektrowni wodnych nie zostały poddane kompleksowym remontom, poza lokalnymi, często niefachowymi naprawami. W tym czasie obiekty były wystawione na działanie środowiska (silne nasłonecznienie, mróz, wiatr, wnikanie CO₂ itp.) oraz obciążeń wyjątkowych (powódzie, uderzenia pni drzew, rozsadzanie przez korzenie drzew itp.), a także zmienny poziom wody (od strony nurtu rzeki) i często na działanie gruntu i wód gruntowych. W czasie realizacji tych obiektów stosowano słabe betony (mniej szczelne, co wpływa na trwałość), a grubość otuliny zbrojenia była zdecydowanie mniejsza niż obecnie. O trwałości konstrukcji żelbetonowych decyduje głównie otulina betonowa zbrojenia i szczelność betonu (strukturalna materiału i szczelność dylatacji oraz przerw roboczych). Poza normalnym zjawiskiem karbonatyzacji występującym w każdym betonie, w obiektach hydrotechnicznych mamy do czynienia z erozją betonu wynikającą z przepływu wody (kawitacja i ścieranie). Kawitacja powoduje niszczenie powierzchni betonu na skutek działania pęcherzyków pary wodnej powstających w wyniku zmiany ciśnienia przy szybkim przepływie wody. Pęcherzyki te, poruszając się z prądem wody, powodują uszkodzenia kawitacyjne (wgłębienia w betonie niszc-

czące matrycę cementową i odsłaniające kruszywo). Ścieranie zaś powstaje w wyniku tarcia piasku o beton, niszcząc matrycę cementową i kruszywo [3]. Proces degradacji konstrukcji elektrowni wodnych najbardziej widoczny jest w zewnętrznej warstwie otuliny betonowej. Jak pokazano na fotografiach 1 i 2, często uszkodzenia betonu są na znacznej powierzchni do głębokości kilkudziesięciu milimetrów (karbonatyzacja, kawitacja, ścieranie, uderzenia, korozja mrozowa). Fotografia 3 przedstawia uszkodzenia konstrukcji wynikające z nieszczelności (przecieki w przerwach ro-



Fot. 1. Spękania betonu od korzeni drzew



Fot. 2. Uszkodzona otulina (odsłonięte zbrojenie)



Fot. 3. Przecieki przez przerwę roboczą

bocznych, dylatacjach oraz w zarysowanym betonie). Najczęściej nie zastosowano właściwych uszczelnień tych miejsc. Niektóre problemy wynikają z błędów technologicznych przy betonowaniu, jak niewłaściwa pielęgnacja, rozsegregowanie kruszywa, nieprawidłowe zagęszczenie betonu (fotografia 4).



Fot. 4. Błędy przy układaniu betonu

Innym problemem występującym w elektrowniach wodnych są zmiany (zwiększenie) poziomu piętrzenia wody. W przypadku występowania wysokiego poziomu wody w rzece, część elementów konstrukcyjnych była zalwana wodą. Miało to bardzo niekorzystny wpływ na konstrukcję (elementy nie były projektowane na taką sytuację w aspekcie nośności i trwałości).

Potencjalnym zagrożeniem dla tego typu budowli jest nadmierne lub nierównomierne osiadanie (lub wypiętrzanie) konstrukcji. Trudności w rozpoznaniu tego rodzaju zagrożeń są potęgowane niedostatkami operatorów geodezyjnych.

Materiały konstrukcyjne

W badanych elektrowniach wodnych wytrzymałość betonu na ściskanie oceniana metodami niszczącymi mieści się w klasach C12/15 ÷ C20/25. Natomiast wytrzymałość betonu na odrywanie warstwy przypowierzchniowej (mierzona testem pull-off) jest niższa, niż wynika to z klasy betonu. Aby zabiegi naprawcze były skuteczne, należy zapewnić wymaganą przez normę [4] minimalną przyczepność warstwy naprawczej do istniejącego betonu. Dostawcy systemów naprawczych wymagają minimalnej klasy betonu podłoża C20/25. Niestety w większości przypadków wytrzymałość betonu na odrywanie jest niższa. Takie naprawy mogą okazać się nieskuteczne. Należy więc, przed wykonaniem warstwy naprawczej, najpierw wzmocnić istniejące podłoże (np. skuć luźny beton i wykonać nową warstwę nośną współpracującą z dotychczasową częścią ściany).

Badania składu ilościowego betonu w starych elektrowniach wykazały [1], że najczęściej zawierają one kruszywo bazaltowe lub/i granitowe. Często betony te charakteryzują się dużą porowatością (>20% przy dopuszczalnej 5%) i stosunkiem w/c = 0,12 ÷ 0,18, co powodowało kłopoty z prawidłowym ich zagęszczeniem. W tych konstrukcjach stosowano stal gładką, okrągłą o obliczeniowej granicy plastyczności $f_{yd} = 130 \div 160$ MPa. W niektórych przypadkach elementy masywnych konstrukcji betonowych są bez zbrojenia. W ścianach zbrojonych rozstawy prętów wynoszą 30 – 50 cm, a karbonatyzacja betonu sięgała 20 – 45 mm.

Wnioski

W przypadku remontów starych elektrowni wodnych, ważne jest prawidłowe postępowanie podczas oceny stanu technicznego obiektu. Przy braku dokumentacji należy wykonać inwentaryzację budowlaną i następnie kompleksowe badanie cech wytrzymałościowych i fizycznych betonu i stali. Projektowanie i realizacja prac naprawczych starych budowli hydrotechnicznych wymaga sprzżenia zwrotnego w relacji ekspert – projektant – wykonawca. Problemem jest aplikacja współczesnych systemów naprawczych do betonu. W przypadku małej wytrzymałości betonu muszą być stosowane łączniki mechaniczne, które zapewnią prawidłowe połączenie warstwy naprawczej ze starym betonem. Należy także pamiętać o właściwym doborze materiałów naprawczych (zasada kompatybilności materiału naprawianego i naprawczego) oraz zachowaniu walorów estetycznych i środowiskowych takich obiektów (np. przez dobór faktury lub kolorystyki warstwy naprawczej).

Fotografie – Autorzy

Literatura

- [1] Kmita A., Styś D., Pawlak W.: Elektrownie wodne – uszczelnianie komór turbinowych. Raport serii SPR 45/2007, Instytut Budownictwa PWR.
- [2] Kłedyński Z.: Remonty budowli wodnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [3] Czarnecki L., Emmons P. H.: Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2002.
- [4] PN-EN 1504:2010 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności.