

Błędy wykonawcze i technologiczne popełnione przy przebudowie koryta rzeki

Inż. Edward Knapczyk, mgr inż. Wojciech Trapko, dr inż. Tomasz Trapko,
Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

Podniesienie atrakcyjności terenu, na którym realizowane jest wałbrzyskie Centrum Turystyczno-Sportowe AQUA ZDRÓJ, wymagało wykonania przebudowy zaruwanego odcinka potoku Szczawnik i jego dopływu, na koryto otwarte. Przyjęto, że nowy kształt koryta powinien nawiązywać do charakteru realizowanej inwestycji i wpisywać

się w warunki naturalne. W zależności od spadku terenu, zaprojektowano otwarte koryto o przekroju trapezowym lub kaskadę rzeczną. Nad nowym korytem zaprojektowano przepusty ramowe, które umożliwiają komunikację pieszą i drogową w obrębie Centrum.

Potok Szczawnik ma długość około 12,2 km i jest dopływem rzeki Pełcznicy, która uchodzi do rzeki Strzegomki, a ta z kolei jest do-

pływem Bystrzycy. Przepływa on przez fragmenty Pogórza Zachodnioczeskiego i Sudetów Środkowych. Odcinek źródłowy potoku Szczawnik znajduje się w Górach Wałbrzyskich, na wschodnim stoku masywu Chełmca (widoczny w tle na rysunku 1).

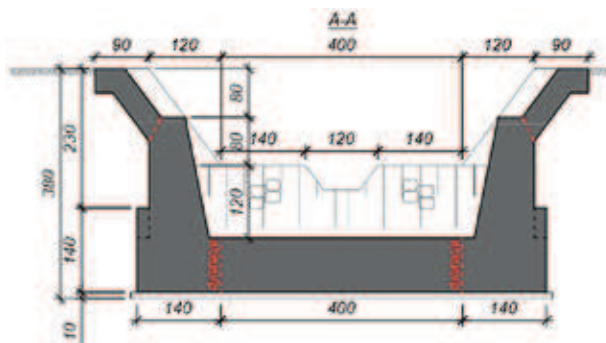
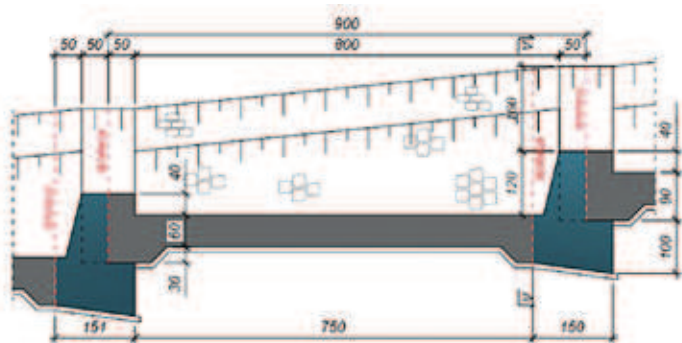
2. Konstrukcja kaskady

Na odcinku potoku przebiegającym przez Centrum, gdzie spadek terenu jest zbyt duży, korekta spadku za pomocą bystrotoków okazała się niemożliwa, w związku z tym zaprojektowano kaskadę rzeczną, składającą się z siedmiu stopni przelewowych [3] (rys. 1).

Wykonana kaskada jest obiektem modułowym, składającym się z powtarzalnych elementów monolitycznych – niecki wypadowej i stopnia przelewowych (rys. 2). Każdy z modułów ma długość 9,0 m i oddzielony jest od siebie dylatacją. Jeden segment składa się z połowy stopnia przelewowego górnego i płyty dennej połączonej z połową stopnia przelewowego dolnego. Dwie dylatacje, przebie-



Rys. 1. Widok ogólny kaskady



Rys. 2. Ukształtowanie kaskady

gające przez cały przekrój niecki, zaprojektowano w każdym module na połączeniu dwóch części stopni przelewowych oraz na połączeniu płyty dennej z górną połową stopnia przelewowego. Każdy ze stopni przelewowych ma wysokość 0,80 m. Długość niecki wypadowej wynosi 8,0 m, a głębokość 0,4 m. Ściany boczne niecki są zmiennej wysokości od 2,0 do 2,8 m. Koryto zaprojektowano o przekroju trapezowym. Dno o szerokości 4,0 m oddylatowano od nachylonych (1:5 i 1:0,75) ścian bocznych. Głębokość koryta wynosi 1,60 m.

Warstwę konstrukcyjną ścian, dna oraz stopni kaskady zaprojektowano z betonu hydrotechnicznego. Na warstwę licową zastosowano kostki granitowe, którymi wyłożono już część dna i ścian kaskady. Wszystkie elementy betonowe zaprojektowano jako monolityczne. Na rysunkach kaskady nie podano wymagań odnośnie betonu. W innym miejscu projektu podano, że należy zastosować beton hydrotechniczny BH-20 [1], dla którego określono wodoszczelność na poziomie W-4 i stopień mrozoodporności M-100.

3. Wymagania stawiane betonom hydrotechnicznym

Beton hydrotechniczny, z racji swojego przeznaczenia, powinien charakteryzować się odpowiednią wodoszczelnością, mrozoodpornością i odpornością na korozję. Wykonuje się z niego budowle, których części lub całe mają kontakt z wodą. W zależności od wymiarów, budowle te można podzielić na trzy grupy: niemasywne, masywne o minimalnej grubości przekroju od 50 do 150 cm i budowle masywne o minimalnej grubości ponad 150 cm. Korpusy stopni przelewowych, dno i ściany niecki prezentowanego obiektu, można zaliczyć do grupy elementów niemasywnych.

Zakwalifikowanie obiektu do danej grupy wymaga zapewnienia odpowiedniej jakości betonu, zarówno

na etapie produkcji, jak i układania i zagęszczania oraz pielęgnacji.

Z uwagi na specyficzne warunki pracy budowli hydrotechnicznych, w których elementy są poddane stałemu oddziaływaniu wody, beton musi charakteryzować się odpowiednią wodoszczelnością. Zdolność betonu do przeciwstawiania się przepływowi wody pod ciśnieniem determinuje pozostałe ważne dla niego cechy, jak mrozoodporność i odporność korozyjną.

Uzyskanie betonu hydrotechnicznego o odpowiednich parametrach technologicznych i wytrzymałościowych wymaga dobrania odpowiednich składników betonu [2]. Ze względu na ciepło hydratacji, które wydziela się w procesie wiązania, należy stosować najmniejszą możliwą ilość cementu, która dla budowli niemasywnych wynosi 270–360 kg/m³. Stosunek ilości wody do cementu powinien być ≤0,6, ponieważ zbyt duża ilość wody pogarsza wodoszczelność betonu.

Cement, z którego wykonywany jest beton hydrotechniczny powinien być wolnowiązący i niskokaloryczny, czyli najlepiej CEM III lub CEM IV [6]. Głównym składnikiem cementów grupy CEM III jest granulowany żużel wielkopiecowy, stąd też potoczna nazwa – cementy hutnicze. Dzięki mniejszej zawartości CaO, a większej SiO₂, CEM III charakteryzuje się, w porównaniu do CEM I, między innymi:

- a) wolniejszym procesem wiązania i twardnienia,
- b) opóźnionym początkiem i końcem wiązania,
- c) wyższą odpornością na działanie środowisk agresywnych,
- d) wydzieleniem mniejszej ilości ciepła przy wiązaniu,
- e) niższym skurczem, nawet o około 40%,
- f) niższą nasiąkliwością i wyższą mrozoodpornością.

Cementy grupy CEM IV, tzw. pucolanowe posiadają własności podobne do cementu hutniczego, czyli niskie ciepło hydratacji i większą odporność na działanie wód agresywnych.

W betonach hydrotechnicznych powinno być raczej stosowane kruszywo otoczkowe, o dużych ziarnach i w dużej ilości, tak aby ograniczyć rolę matrycy cementowej.

Bardzo istotne jest prawidłowe układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej, co powinno zagwarantować, że konstrukcja hydrotechniczna będzie jednorodna, monolityczna i wodoszczelna.

4. Wymagania a wykonawstwo

W oparciu o przedstawione wymagania, przeprowadzono ocenę stanu technicznego obiektu, z uwagi na wymagania zawarte w wytycznych, dla tego typu konstrukcji [5].

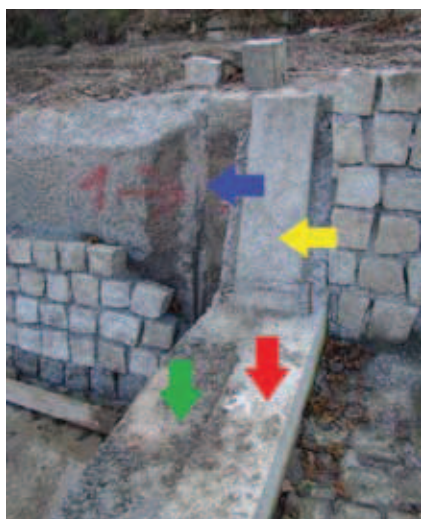
Roboty betoniarские przy realizacji kaskady zostały wykonane wyjątkowo niestarannie, a w niektórych przypadkach wręcz niezgodnie z projektem i sztuką budowlaną.

Na elementach, które nie zostały jeszcze obudowane kostką granitową widać, że beton został ułożony niestarannie i bez odpowiedniego zagęszczenia (rys. 3). Elementy wykonywane były w prowizorycznych szalunkach, dzięki którym starano się uzyskać wymagane nachylenia skarp. W najlepszym stanie znajdują się fragmenty stopni przelewowych kaskady, które zostały zawibrowane. Stopnie były wykonywane dwuetapowo, co widać na rysunku 4. W pierwszej kolejności wykonywano połowę stopnia przelewowego połączonego z płytą niecki (czerwona strzałka), a następnie wykonywano drugą połowę stopnia przelewowego (zielona strzałka). Niezrozumiałe jest, dlaczego tylko połowa stopnia została dokładnie zawibrowana. Po jakości betonu w drugiej części stopnia widać, że nie został on prawidłowo ułożony i zawibrowany.

Na podstawie wykonanych odkrywek stwierdzono, że beton charakteryzuje się dużą porowatością, co świadczy o nieprawidłowym jego zagęszczeniu i zawibrowaniu. Dotyczy to zarówno dna, jak i ścian kaskady. Taka struktura



Rys. 3. Jakość wykonanych robót betoniarskich



Rys. 4. Wykonanie dylatacji stopni przelewowych



betonu pogarsza jego odporność mrozową, ponieważ zamarzająca w porach woda zwiększając swoją objętość, może powodować ich rozszadanie i niszczenie struktury betonu.

Najprawdopodobniej jedno pole niecki wypadowej, od stopnia do stopnia przelewowego kaskady, nie było wykonywane w całości w czasie jednego betonowania. Świadczą o tym liczne przewarstwienia struktury betonu na wysokości płyty dennej.

Ponadto w jednej z niecek stwierdzono, że płyta została wykonana dwuetapowo, o czym świadczą dwie warstwy betonu wykonane na różnym rodzaju kruszywa. Część górna niecki została wyko-

nana na kruszywie wapiennym.

W miejscach oznaczonych linią przerywaną na rysunku 2 zaprojektowano dylatację z wypełnieniem z papy, przebiegającą w niecce i ścianach. Jak widać na rysunku 4 dylatacja nie została wykonana zgodnie z projektem. Przecina ona stopień przelewową kaskady, jednak nie ma kontynuacji na ścianie. W miejscu, gdzie powinno znajdować się przecięcie konstrukcji dylatacją pionową, wykonano ciągłą trzpień betonową (żółta strzałka). Na rysunku tym widać również brak przekładki z papy w szczeliny dylatacyjnej.

Gęstość pozorna betonu, definiowana jako masa jednostki objętości wysuszonego materiału wy-

stępującego w stanie naturalnym, tj. wraz z porami znajdującymi się w materiale, wynosi około 2100 kg/m^3 . Norma PN-EN 206-1 [7] klasyfikuje taki beton na pograniczu betonów lekkich i zwykłych. Zawartość cementu w betonie wynosiła około 430 kg/m^3 , co stanowi zbyt dużą ilość dla elementów niemasywnych i może powodować powstawanie rys skurczowych.

4. Podsumowanie

Przedstawiony przykład obrazuje, jak zaniedbania technologiczne i wykonawcze (brak należytego nadzoru nad prowadzonymi robotami) doprowadziły to tego, że zbudowano obiekt niezgodny z podstawowymi wymaganiami projektowymi. Gdyby całość niecki została wyłożona warstwą wierzchnią z kostki granitowej, to obiekt z pewnością zostałby przekazany do użytku. Jednak jakość betonu, spowodowana zarówno złą recepturą, jak i sposobem jego wbudowania, doprowadziłaby do tego, że w przeciągu kilku lat zaczęłyby się ujawniać jego wady.

Pomimo, że obiekt jest nieduży, to specyficzny kształt, konstrukcja i jego przeznaczenie wymagały doświadczenia przy jego realizacji, której tym razem chyba zabrakło?

BIBLIOGRAFIA

- [1] BN-61/6738-03 Beton hydrotechniczny.
- [2] Jamróży Z., Beton i jego technologie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [3] Jędryka E., Budowle wodne z naturalnych materiałów. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 2007: t. 2, z. 2b (21), s. 55–74
- [4] Kledyński Z., Wymagania wobec betonu w remontach budowli hydrotechnicznych. II Sympozjum Naukowo-Techniczne „Cement – właściwości i zastosowanie”, Góraźdże Cement S.A. i Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007
- [5] Runkiewicz L., Diagnostyka konstrukcyjna obiektów budowlanych. Przegląd Budowlany, 6/2006, s. 16–18
- [6] PN-EN 197-1:2002 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
- [7] PN-EN 206-1:2002 Beton. Właściwości, produkcja, układanie i kryteria zgodności