

dr inż. Andrzej Kmita¹⁾
 dr hab. inż. Stanisław Kostecki¹⁾
 dr inż. Dominik Logoń¹⁾
 dr inż. Michał Musiał¹⁾
 dr inż. Wojciech Pawlak^{1)*}
 dr inż. Wojciech Rędowicz¹⁾

Problemy wykonawcze związane z budową zapory betonowej w Niedowie

Executive problems concerning a construction of the dam in Niedów

DOI: 10.15199/33.2015.09.25

(Artykuł przeglądowy)

Streszczenie. W artykule przedstawiono problemy wykonawcze związane z odbudową zapory na rzece Witka w Niedowie. Skoncentrowano się na opisie realizowanych badań mieszanki betonowej oraz betonu na budowie i w laboratorium. Dodatkowo zaprezentowano główne problemy dotyczące doradztwa naukowego.

Słowa kluczowe: badania, beton, Witka, zapora.

Abstract. In the paper the executive problems connected with the reconstruction of the dam on Witka river in Niedów. Due to the scientific supervision provided by authors the investigations on concrete mixture and concrete in the site and laboratory were described. Additionally, the main problems concerning scientific advisory were presented.

Keywords: investigations, concrete, Witka, dam.

W 2010 r. przez stopień wodny Niedów na rzece Witce, położony w gminie Zgorzelec, przeszła fala powodziowa, która doprowadziła do zniszczenia zapory ziemnej tworzącej zbiornik o maksymalnej pojemności 5,8 mln m³ [1]. Przyczyną katastrofy zbiornika była gwałtowność i wielkość fali powodziowej, której nie były w stanie sprostać urządzenia upustowe zapory. W konsekwencji doszło do wypełnienia zbiornika, a następnie przelania się wody warstwą o maksymalnej wysokości 0,65 m przez koronę zapory, powodującego jej rozmycie – całkowite po lewej stronie bloku urządzeń upustowych i w ok. 65% po stronie prawej (fotografia 1).



Fot. 1. Rozmycie prawej strony zapory [2]
 Photo 1. Washout of the right side of the dam [2]

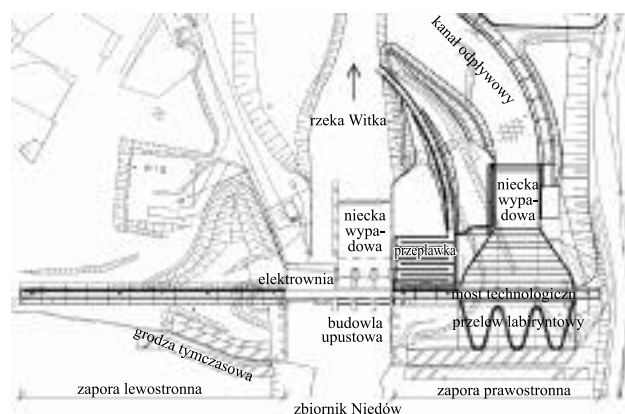
Zbiornik Witka jest strategicznym obiektem zaopatrującym w wodę elektrownię Turów oraz miasto Bogatynia, a dodatkowo pełni funkcję energetyczną i rekreacyjną. Odbudowa tego obiektu jest więc zadaniem priorytetowym dla regionu Bogatynia – Zgorzelec. W pierwszej fazie podjęto decyzję o wybudowaniu grodzy zapewniającej potrzebny minimalny poziom piętrzenia. Faza druga, to odbudowa rozmytej zapory ziemnej jako masywnej konstrukcji betonowej. Przyjęty wariant odbudowy to zapora półciężka

filarowa. Maksymalna wysokość zapory wynosić będzie 11,90 m, licząc od poziomu posadowienia płyty fundamentowej. Płyta zostanie oparta na ścianach szczelinowych sięgających stropu skały litej.

Charakterystyka konstrukcji obiektu

Część lewa nowej zapory długości 120 m podzielona została na 12 sekcji po 10 m, wzajemnie zdylatowanych. Część prawa zapory składa się z: 3 sekcji po 10 m, za którymi znajduje się przepławka dla ryb; 3 sekcji tworzących przelew labiryntowy szerokości 17,70 m każda, oraz sekcji skrajnej szerokości 12,0 m [3]. Łącznie długość prawej części zapory wynosi 95,10 m (rysunek 1). Przekrój poprzeczny prawej zapory przedstawiono na rysunku 2.

Obiekt zaprojektowano z betonu hydrotechnicznego C20/25 F200 (korpus zapory) oraz z betonu zwykłego klasy C30/37 F200 (droga na koronie zapory). Każda sekcja realizowana jest w kilku fazach (od 1 do 7) w zależności od kubatury. Łączna kubatura obiektu (konstrukcje betonowe) to 20 tys. m³ w tym: zapora lewostronna – 5930 m³; zapora prawostronna – 5082 m³; przelew labiryntowy – 3220 m³; kaskada – 2286 m³; niecka wypadowa – 1532 m³; kanał odpływowy – 1415 m³.

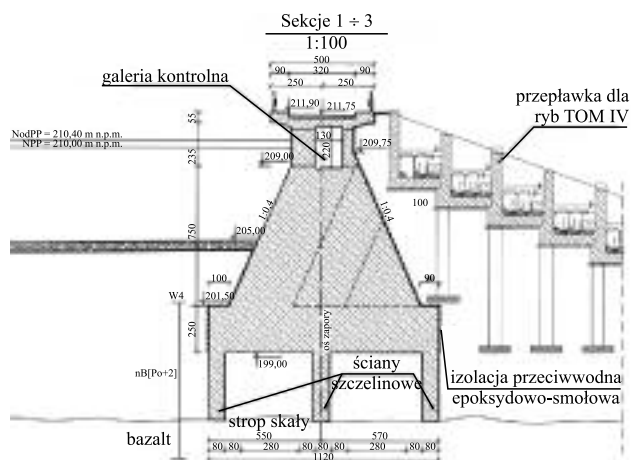


Rys. 1. Rzut z góry projektowanej zapory betonowej w Niedowie
 Fig. 1. Top view of the designed concrete dam in Niedów

¹⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: wojciech.pawlak@pwr.edu.pl

ZBIORNIKI NA MATERIAŁY SYPKIE I CIECZE



Rys. 2. Przekrój przez konstrukcję zapory prawostronnej
Fig. 2. Cross-section of the right side dam structure

Nadzór nad realizacją betonowej konstrukcji zapory

Realizacja obiektu hydrotechnicznego z betonu o dużej kubaturze wymaga wielu działań badawczo-kontrolnych oraz nadzorczych. Głównym ich celem jest zapewnienie zgodności cech fizycznych wbudowanego betonu z wymaganiami zawartymi w projekcie technologii realizacji obiektu. W przypadku tak skomplikowanej budowli, często nie ma możliwości opracowania kompletnego projektu technologii realizacji. W takich sytuacjach zazwyczaj powołuje się nadzór naukowy nad pracami związanymi z realizacją konkretnego zadania. W tym przypadku nadzoru naukowego podjął się Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej reprezentowany przez Katedrę Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego oraz Zakład Konstrukcji Betonowych.

Zakres prac i badań zapory świadczonych przez nadzór naukowy obejmuje:

- doradztwo w zakresie wymagań dotyczących planowanej inwestycji (konstrukcji) – obligatoryjnych dla projektanta i wykonawcy;
- doradztwo w projektowaniu receptur betonu oraz ich zatwierdzenie do realizacji;
- pobranie próbek zarobu próbnego i ich badania (dla wybranych przez inwestora potencjalnych dostawców);
- doradztwo w zakresie transportu, technologii układania i pielęgnacji betonu;
- nadzór logistyki i procesu betonowania;
- kontrolę nad technologią układania i pielęgnacji betonu w zakresie zgodności z dostarczonym projektem technologii wykonania;
- badanie mieszanki betonowej;
- badanie betonu podczas realizacji konstrukcji betonowych;
- badanie betonu po wykonaniu konstrukcji;
- udział w spotkaniach koordynacyjnych z wykonawcą odbudowy zapory.

W przypadku mieszanki betonowej badana jest:

- urabialność;
- konsystencja;
- wydzielanie się wody z mieszanki;

- lepkość i granica płynięcia;
- sedimentacja;
- prawidłowość rozproszenia/rozprowadzenia składników mieszanki;

■ zawartość powietrza w mieszance betonowej. Ocenia się też poprawność napowietżenia (wielkości pęcherzyków powietrza, ich wymiary i rozmieszczenie).

Badania stwardniałego betonu podczas wykonywania konstrukcji dotyczą:

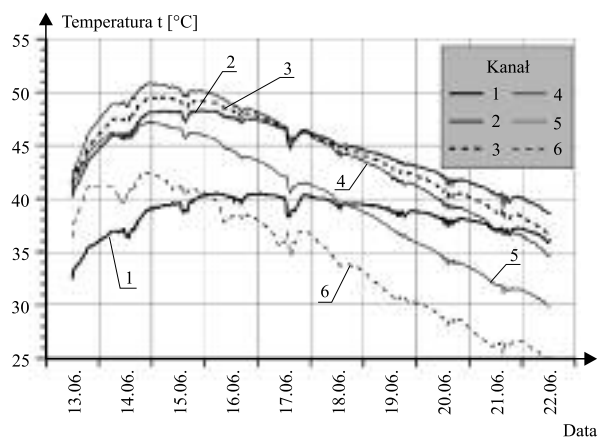
- ▶ określenia wytrzymałości na ściskanie [10, 13];
- ▶ sprawdzenia klasy wodoprzepuszczalności [14];
- ▶ sprawdzenia klasy mrozoodporności [14];
- ▶ sprawdzenia nasiąkliwości [14];
- ▶ określenia ciężaru objętościowego (gęstości betonu) [15].

Po wykonaniu konstrukcji wykonuje się:

- ◆ nieniszczące badania betonu (badania sklerometryczne oraz tomografia komputerowa);
- ◆ pobieranie odwiertów rdzeniowych i ich badanie (zakres badań betonu jest taki jak podczas wykonywania konstrukcji);
- ◆ pomiar wytrzymałości betonu na odrywanie metodą pull-off.

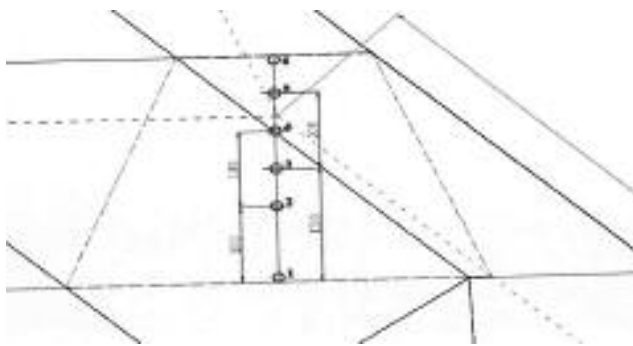
Przewiduje się wykonanie i przebadanie ponad 1000 próbek betonowych. W przypadku realizacji tego typu obiektów ważne jest określenie wielu parametrów granicznych, często nieprecyzyjnie opisanych normami/przepisami, np. jednym z bardzo ważnych, przy tak masywnych konstrukcjach, jest temperatura graniczna betonu oraz gradient temperatur w okresie dojrzewania [4 ÷ 7]. Określenie wartości granicznej temperatury wymaga z jednej strony analizy składu mieszanki betonowej, natomiast z drugiej uwzględnienia warunków zewnętrznych [5 ÷ 8], w szczególności maksymalnej temperatury w obszarze lokalizacji obiektu. Po wstępnej analizie teoretycznej oraz podstawowych badaniach laboratoryjnych przyjęto, że w celu weryfikacji przyjętych założeń najlepszym rozwiązaniem jest monitoring temperatury in situ w kilku różnych punktach wewnątrz bloku.

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg temperatury betonu w trakcie dojrzewania w sekcji 3 (faza betonowania III). Czujniki do pomiaru temperatury rozmieszczono zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 4. Celem pomia-



Rys. 3. Przebieg temperatury betonu podczas dojrzewania (sekcja 3, faza III, zapora lewostronna)

Fig. 3. The temperature of the concrete during curing (section 3, phase III, left side dam)



Rys. 4. Schemat rozmieszczenia czujników do pomiaru temperatury (sekcja 3, faza III, zapora lewostronna)

Fig. 4. The scheme of the arrangement of devices for temperature measurements (section 3, phase III, left side dam)

ru było ustalenie maksymalnego gradientu temperatury oraz maksymalnej temperatury zewnętrznej, przy której można prowadzić betonowanie, nie przekraczając wartości dopuszczalnej temperatury betonu w trakcie jego dojrzewania. Maksymalna temperatura pomierzona wyniosła 51°C w przypadku punktów znajdujących się w środku betonowanego masywu, a największy gradient to 15°C. Na podstawie literatury oraz badań własnych zalecono graniczne wartości: temperatura maksymalna 55°C, gradient temperatury 20°C, a więc przebieg temperatury znajdował się w zakresie dopuszczalnym.

Istotnym zadaniem jest również ustalenie składu mieszanki betonowej dostosowanej do systemu podawania (pojemniki lub pompy) i jednocześnie pozwalającej na uzyskanie odpowiednich właściwości fizycznych, takich jak nasiąkliwość czy mrozoodporność [9, 10].

Podsumowanie

Współpraca nadzoru naukowego z inwestorem umożliwiła zapisanie obligatoryjnych wymagań dotyczących technologii realizacji obiektu. Nadzór nad realizacją masywnych konstrukcji betonowych powinien uwzględniać etap projektowania mieszanki betonowej i badania zarobów próbnych w zakresie właściwości reologicznych mieszanki, parametrów wytrzymałościowych kompozytu oraz jego właściwości fizycznych [4 ÷ 12]. Biorąc pod uwagę, że beton hydrotechniczny (o długim czasie dojrzewania) jest badany po 90 dniach, a cały cykl badań trwa do 5 miesięcy – nie ma możliwości zmian receptury i potwierdzenia założonych właściwości stosownymi badaniami w czasie realizacji inwestycji. Modyfikowanie składu betonu, to opóźnienie lub wstrzymanie budowy na kilka miesięcy. Przy ocenie parametrów wytrzymałościowych w długim czasie wiązania betonu oraz przy podejmowaniu decyzji o kolejnych etapach realizacji inwestycji, niezbędne jest sprzężenie zwrotne między nadzorem naukowym, inwestorem, inspektorem nadzoru i wykonawcą.

Prowadzenie badawczych prac laboratoryjnych betonu powinno uwzględniać rzeczywiste warunki realizacji obiektu. Zignorowanie wpływu np. temperatury, wilgotności, sposobu pielęgnacji, czasu transportu mieszanki oraz sposobu jej podawania i zagęszczania może skutkować znaczącymi różnicami właściwości betonu uzyskanego w laboratorium a wbudowanego.

Zaleca się prowadzenie prac badawczych przez laboratoria akredytowane. Pozwala to na porównywanie uzyskiwanych wyników kontrolnych (przez różne jednostki badawcze). Precyzyjne ustalenie sposobu przeprowadzenia badań (nie zawsze uszczegółowionych przez normy), eliminuje możliwość wystąpienia błędów oraz różnic w interpretacji wyników.

W przypadku betonowej konstrukcji zapory najważniejsze jest zapewnienie jej odpowiedniej trwałości – przyjęcie odpowiednich klas ekspozycji na etapie projektowania. W tego typu konstrukcjach parametry wytrzymałościowe betonu wykorzystywane są w 10%. Projektanci i wykonawcy często starają się zapewnić większą trwałość obiektu, stosując wyższe klasy betonu, niż wynika to z analizy statyczno-wytrzymałościowej oraz przyjętych klas ekspozycji. Wyższa wytrzymałość betonu nie musi oznaczać większej jego mrozoodporności. Stosowanie nadmiernie wysokich klas betonu powoduje pogorszenie właściwości reologicznych mieszanek, zwiększa ilość wydzielanego ciepła podczas wiązania – skutkując większym prawdopodobieństwem zarysowania się kompozytu [4 ÷ 7]. Ważnym zagadnieniem związanym z trwałością konstrukcji jest również dobór odpowiednich powłok ochronnych konstrukcji hydrotechnicznych. Brak jednoznacznych, krajowych wymagań w tym zakresie może prowadzić do błędnych decyzji w doborze rodzaju i właściwości powłoki. Dobrym rozwiązaniem może być wykonanie testów sprawdzających przydatność powłoki w warunkach pracy tej konstrukcji.

Literatura

- [1] Rędownicz W., Szulgan R.: Tymczasowy zbiornik retencyjny na rzece Witce w Niedowie. Przegląd Budowlany 5/2012.
- [2] Ostafijczuk G., Zawiślak J.: Ochrona przeciwpowodziowa w dorzeczu Odry. Workshop, Wrocław, 2013.
- [3] Kostecki S., Machajski J.: Awaria zapory – ocena skutków i działania prewencyjne dla terenów leżących poniżej. Hydrologia w inżynierii i gospodarce wodnej: II Krajowy Kongres Hydrologiczny. T. 1 pod red. Kazimierza Banasika, Leszka Hejduka, Ewy Kaznowskiej. Warszawa: Komitet Gospodarki Wodnej PAN: Stowarzyszenie Hydrologów Polskich, 2014. s. 365-377.
- [4] FitzGibbon M. E.: Large pours for reinforced concrete structures, Concrete, 10, Nr 3, s. 41 (London, March 1976).
- [5] Jamroży Z.: Beton i jego technologie. PWN, Warszawa – Kraków 2000.
- [6] Neville A. M.: Właściwości Betonu. Polski Cement. Kraków 2000.
- [7] Giergiczyński Z. (praca zbiorowa): Cement Kruszywa Beton. Górażdże 2011.
- [8] Instrukcja ITB nr 282. Wytyczne wykonywania robót budowlano-montażowych w okresie obniżonych temperatur. ITB, Warszawa 1988 (przedruk bez zmian w 1999).
- [9] Matcher B.: Use of concrete of low Portland cement in combination with pozzolans and other admixtures in construction of concrete dams. J. Amer. Concr. Inst., 71, s. 589-99, (Dec. 1974).
- [10] PN-EN 206-1: 2003. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [11] Glinicki M. A., Właściwe i patologiczne napowietrzanie betonu, Budownictwo – Technologie – Architektura, nr 2/2004, 37-40.
- [12] Logoń D., The rheological and mechanical properties of the SRCC composites. SCMT3: Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Kyoto, Japan, 2013, s. 1-8.
- [13] PN-EN 12390-3:2011. Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań.
- [14] PN-88/B-06250. Beton zwykły.
- [15] PN-EN 12390-7:2011. Badania betonu. Część 7: Gęstość betonu.

Przyjęto do druku: 24.07.2015 r.