

Tymczasowy zbiornik retencyjny na rzece Witce w Niedowie

Dr inż. Wojciech Rędowicz, Politechnika Wroclawska, mgr inż. Ryszard Szulgan, Hydroprojekt Wrocław Sp. z o.o.

1. Stopień wodny niedów po katastrofie budowlanej

Stopień wodny Niedów został zbudowany w 1962 roku w km 2 + 800 rzeki Witki w celu utworzenia zbiornika zaopatrującego w wodę elektrownię Turów, rejon Bogatyni oraz przystopniową elektrownię wodną. Składał się zaporę ziemnej, bloku upustowego, elektrowni wodnej i pompowni. Zbiornik był systematycznie zarzabiany i wykorzystywany do celów rekreacyjnych. Położony jest około 15 km na południe od miasta Zgorzelec [8].

W sobotę 7 sierpnia 2010 r. przez zbiornik Witka przeszła fala powodziowa o ekstremalnej wielkości,

uległ całkowitemu rozmyciu i zniszczeniu, pozostała jedynie widoczna na rysunku 2. przestona przeciwfiltracyjna, tzw. ząb w postaci żelbetowej ściany, zagłębionej w gruncie do warstwy nieprzepuszczalnej. Na skutek przełamania się lewego skrzydła przyczółka zapory, wzdłuż bocznej ściany bloku ukształtowało się ujście nowego koryta rzeczne go z czaszy zbiornika. Nowe koryto w miejscu dawnej osi zapory miało szerokość około 28 m. Przepływająca nim woda wymyła z podłoża zapory grunty drobnoziarniste aż do poziomu zwierzeliny na głębokość do czterech metrów. Po stronie prawej bloku upustowego pozostał odcinek nasypu zapory,

2. Koncepcja budowy zbiornika tymczasowego

2.1. Założenia

Zbiornik Witka jest kluczowym obiektem dla zaopatrzenia w wodę miasta Bogatyni i elektrowni Turów, dlatego też podjęto decyzję o wybudowaniu w pierwszym etapie grodzy dla przywrócenia minimalnego piętrzenia wody w zbiorniku, a dopiero w drugim etapie odbudowę zniszczonej zapory. Podstawowym założeniem dla wybudowania grodzy i jej bezpiecznej eksploatacji było przyjęcie poziomu piętrzenia tymczasowego do rzędnej 206,50 m n.p.m., związane z warunkami ujęcia wody do przepompowni i możliwości przepuszczania wód



Rys. 1.
Stopień wodny Niedów po katastrofie budowlanej w sierpniu 2010 r.

szacowanej na 30 hm³, doprowadzając do zniszczenia zapory ziemnej wskutek przelania się wody ponad jej koroną (rys. 1). Miało to miejsce około godziny 18⁰⁰, a wypływająca z wyrwy woda zalała okoliczne miejscowości. Bezpośrednią przyczyną zdarzenia były obfite opady atmosferyczne, dotychczas nieodnotowane na posterunkach opadowych zlokalizowanych w zlewni rzeki Witki. Korpus zapory ziemnej po lewej stronie bloku urządzeń upustowych

długości około 21 m, przylegający do skrzydełek betonowych (rys. 3). Powyżej zęba, przy prawym brzegu zbiornika odłożyły się znaczne ilości namułów gliniastych. Tuż powyżej zniszczonej zapory, miąższość świeżo odłożonych, miękkoplastycznych lub płynnych namułów wynosiła do dwóch metrów. Brzeg prawy zbiornika powyżej zapory jest ukształtowany w spękanej skale, przechodzącej w górę zbiornika w zaglinioną zwierzelinę i zwierzelinę gliniastą.

budowlanych zgodnie z obowiązującymi przepisami [18]. Wartość wody budowlanej określa się w zależności od rodzaju grodzy. Dla grodzy mogącej ulec rozmyciu przyjmuje się przepływ wody o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 5\%$, a dla grodzy nieulegającej zniszczeniu można przyjmować prawdopodobieństwo $p = 10\%$. Przyjęcie typu grodzy do dalszych prac projektowych jest zatem bardzo istotne. Do dalszych rozważań przyjęto



Rys. 2. Rozmycie lewej strony zapory



Rys. 3. Rozmycie prawej strony zapory

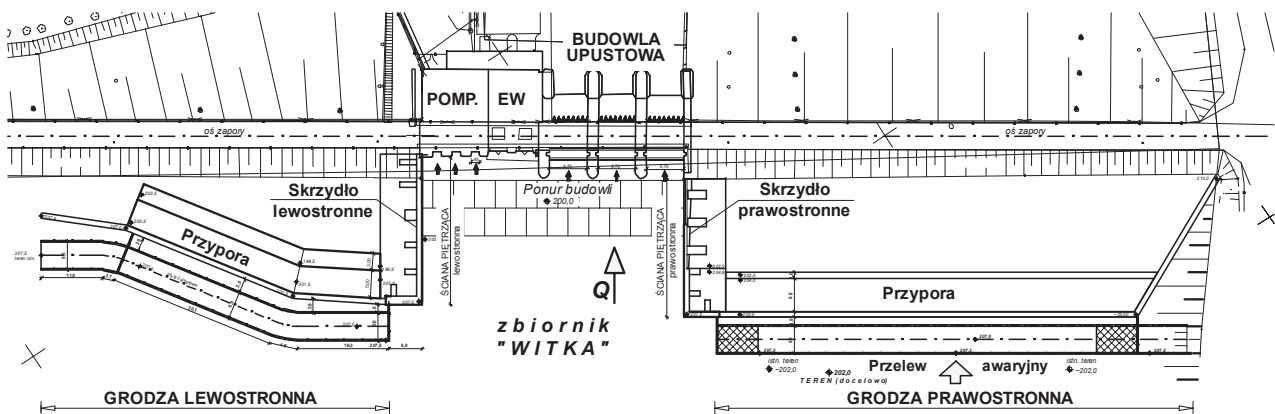
rozwiązanie drugie, zakładając wysokość grodzy $H_g = 7,50$ m. Drugim, kluczowym założeniem, było wykorzystanie istniejącej przestony przeciwnofiltracyjnej w postaci żelbetowego zęba (rys. 2 i 3), ze względu na spodziewane niekorzystne warunki geotechniczne i koszty przedsięwzięcia. Ząb jest zagłębiony na 1,0 m w litej skale i przez blisko 50 lat zapewniał szczelność przegrody. Jedynym warunkiem było przyjęcie rozwiązania zapewniającego stateczność zęba, na który w nowych warunkach miał działać układ obciążeń nieprzewidziany na etapie projektu w 1958 roku. Ostatnim założeniem było wykorzystanie istniejącego bloku upustowego do przepuszczania przepływu budowlanego bez konieczności budowania tymczasowych, dodatkowych urządzeń. Przyjęto, że zbiornik będzie pracował jako przepływowy [1], bez rezerwy powodziowej. Układ

grodzy i połączenie jej z blokiem upustowym przedstawiono na rysunku 4 [11 i 19].

2.2. Obliczenia hydrologiczne i hydrauliczne

Na rzece Witce, na terytorium Polski, znajdują się dwa przekroje wodowskazowe, na których prowadzone są obserwacje stanów wody oraz pomiary przepływów. Powyżej zbiornika Niedów znajduje się przekrój wodowskazowy Ostróżno, położony w km 10,2 i zamykający powierzchnię zlewni 268 km². Poniżej zbiornika znajduje się przekrój wodowskazowy Ręczyn, położony w km 0,85 i zamykający powierzchnię zlewni 326 km². Biorąc pod uwagę wpływ zbiornika Niedów na obserwacje w przekroju Ręczyn, przyjęto jako bardziej wiarygodne informacje hydrologiczne w przekroju Ostróżno. Wobec konieczności oczekiwania na potwierdzone dane z IMGW Wro-

claw przez trzy miesiące, przepływy maksymalne roczne o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 5\%$ i $p = 10\%$ określono na podstawie danych dla wodowskazu Ostróżno, opublikowanych w opracowaniu [2]. Opracowano krzywą rozkładu prawdopodobieństwa przepływów maksymalnych dla przekroju zapory, przenosząc dane z wodowskazu Ostróżno na przekrój zapory metodą ekstrapolacji i odczytano $Q_{5\%} = 230$ m³·s⁻¹ oraz $Q_{10\%} = 195$ m³·s⁻¹. Możliwość przepuszczenia wód budowlanych przez stopień oszacowano wykorzystując charakterystyki urządzeń upustowych [10] i własne doświadczenia [6]. Obliczenia hydrauliczne wykazały, że można bezpiecznie przepuszczać przepływy do 200 m³·s⁻¹, a więc o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$. W ekstremalnych warunkach możliwe jest również przepuszczenie wód o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 5\%$.



Rys. 4. Plan sytuacyjny tymczasowej grodzy zbiornika Niedów

Obecnie, na podstawie informacji uzyskanych z IMGW w grudniu 2010 roku, określono przepływy budowlane: $Q_{5\%} = 212 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $Q_{10\%} = 160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Są to wartości mniejsze od przyjętych do obliczeń przepustowości urządzeń upustowych.

2.3. Warunki geotechniczne

Podstawą przyjęcia rozwiązań konstrukcyjnych tymczasowej grodzy były wyniki badań Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej [5]. Generalnie stwierdzono, że w górnej warstwie o miąższości (4,0 ÷ 6,0) m zalegają piaski i pospółki luźne i średnio zagęszczone, a poniżej zagęszczone grunty żwirowe z dużą ilością rumoszu skalnego. W raporcie zalecono zapewnienie szczelności pod grodzą, aby zablokować możliwość występowania bardzo intensywnej filtracji pod obiektem. Stwierdzono także, że wbicie stalowych ścianek grodzy w zagęszczoną warstwę żwirowo-rumoszową będzie bardzo utrudnione, a miejscami niemożliwe, dlatego stateczność grodzy należy zapewnić poprzez odpowiednie dobranie jej szerokości.

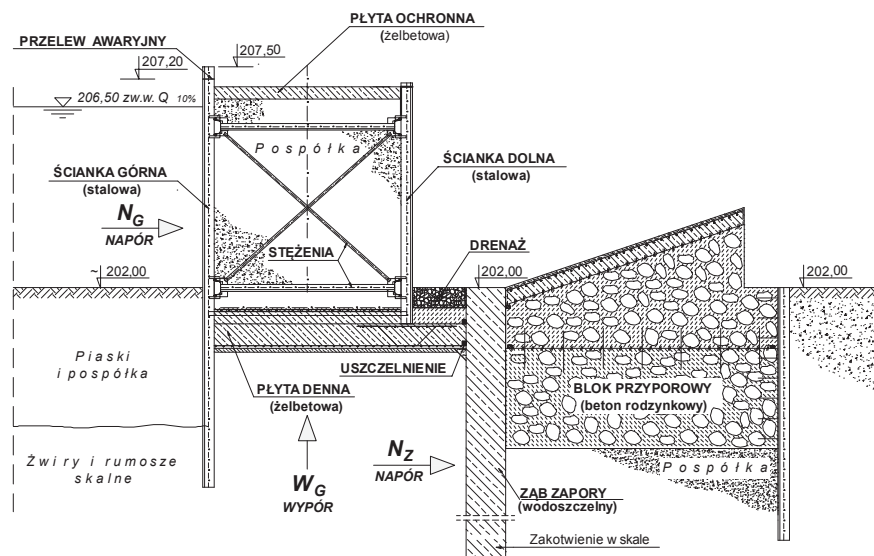
3. Rozwiązania konstrukcyjne

Podstawowym założeniem w projektowaniu było przyjęcie, że grodza zachowa stabilność i nie ulegnie zniszczeniu po przelaniu się przez nią wody, o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$.

Zaplanowano następujący układ przegrodzenia, pod osłoną którego realizowana będzie odbudowa zapory:

- po prawej stronie wzmocnienie i przystosowanie żelbetowej ściany skrzydłowej do przyjęcia piętrzenia i łącząca się z nią grodza stalowa kaszycowa dochodząca do strome go brzegu, na koronie grodzy utworzony przelew awaryjny;
- po lewej stronie odbudowa żelbetowej ściany skrzydłowej z przystosowaniem do piętrzenia wody i łącząca się z nią grodza stalowa kaszycowa.

W przypadku przelania się wody przez grodzę, zabezpieczenie przed



Rys. 5. Przekrój charakterystyczny grodzy tymczasowej zbiornika Niedów

jej podmyciem stanowi płyta żelbetowa ochronna (rys. 5).

Zaproponowano też zainstalowanie urządzeń kontrolno-pomiarowych w celu prowadzenia obserwacji zachowania się konstrukcji podczas pierwszego napełniania zbiornika oraz w trakcie eksploatacji jego gródz. Przewidziano: piezometry otwarte i ciśnieniowe, repery powierzchniowe, urządzenia do pomiaru przemieszczeń poziomych oraz łaty wodowskazowe.

W celu zapewnienia szczelności pod spodem grodzy zastosowano płyty żelbetowe ściśle przylegające do żelbetowych zębów zapory z zastosowaniem taśm pęczniących. Występują wówczas trzy główne siły (rys. 5) od spiętrzonej wody działające na: ściankę czołową grodzy (N_G), spód płyty fundamentowej grodzy (W_G) i na ząb zapory (N_Z) [9]. W celu zrównoważenia parć poziomych działających na układ, zastosowano bloki przyporowe, które dodatkowo spełniają bardzo ważne zadanie, ponieważ pozwolą na wymianę naniesionego gruntu w podłożu podczas odbudowy zapory.

W ramach obliczeń statycznych sprawdzono stateczność grodzy na przesunięcie i na obrót przy maksymalnym piętrzeniu wody otrzymując współczynniki bezpieczeństwa w granicach 1,27 ÷ 1,34 w przypad-

ku przesunięcia oraz w przedziale 1,41 ÷ 1,54 dla obrotu. Sprawdzone także nacisk grodzy na podłoże i otrzymano bardzo duże nadwyżki nośności gwarantujące stabilność grodzy. Przeprowadzono także obliczenia stabilności żelbetowego zęba zapory na przesunięcie, ponieważ dla zachowania pełnej wodoszczelności nie może on ulec przemieszczeniu. Przypory zęba w postaci bloków betonowych zapewniają jego stabilność, a współczynnik bezpieczeństwa na przesunięcie wynosi 1,33. Sprawdzone dodatkowo wytrzymałość przekroju żelbetowego zęba zapory przy ekstremalnych oddziaływaniach sił poziomych otrzymując współczynnik bezpieczeństwa 2,23.

4. Prace budowlane

Prace budowlane przy wznoszeniu gródz kaszycowych i wzmocnieniu oraz odbudowie skrzydeł betonowych prowadzone były przez dwie firmy. Grodzę po stronie prawej budowała firma ze Zgorzelca, a po stronie lewej firma z Bogatyni. Zgodnie z przewidywaniami geotechników natrafiono na duże trudności przy wpędzaniu pali w rumosze skalne, a więc wbijano ścianki do momentu wystąpienia blokujących oporów. Odbudowa lewostronnej ściany skrzydłowej wymagała wykonania grodzy niskiej



Rys. 6.
Grodza
lewostronna



Rys. 7.
Grodza
prawostronna

w ten sposób, aby wody budowlane przepływały w całości przez upusty denne w filarach. Po wybudowaniu ściany grodzą niską zdemontowano. Pod koniec września 2010 roku prace budowlane zakłóciła wysoka fala powodziowa na Witce, która na szczęście nie wyrządziła dużych szkód. Maksymalny przepływ wody oszacowano na około $140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Firmy budowlane wykonały swoje zadanie dobrze, pomimo problemów związanych z trudnymi warunkami hydrologiczno-meteorologicznymi oraz intensywnym napływem wód gruntowych. Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono końcowy etap wznoszenia tymczasowych gródz, a na rysunku 8 stopień wodny Niedów po ich wybudowaniu.

5. Podsumowanie

Po katastrofie zapory ziemnej w Niedowie przystąpiono natychmiast do usuwania jej skutków oraz do budowy grodzi tymczasowej w celu umożliwienia piętrzenia wody dla elektrowni Turów. Dzięki doskonałej współpracy pracowników naukowych, projektantów wykonawców oraz nadzoru inwestorskiego elektrowni Turów udało się w ciągu niespełna czterech miesięcy osiągnąć zamierzony cel, co należy uznać za duży sukces. Oprócz zapewnienia niezbędnej wysokości piętrzenia, wybudowana grodza będzie wykorzystana do odbudowy zapory i ewentualnych prac remontowych. Przyjęte rozwiązania techniczne są

przykładem rozwiązania problemu szybkiego uzyskania stałego piętrzenia po awarii zapory, z zachowaniem pełnego bezpieczeństwa użytkownika zbiornika, przed zakończeniem procesu odbudowy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Depczyński W., Szamowski A., Budowle i zbiorniki wodne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999
- [2] Dubicki A., Słota H., Zieliński J., Dorzecze Odry. Monografia powodzi lipiec 1997. IMGW, Warszawa, 1999
- [3] Fiedler K. (red.), Gamdzyk J., Jankowski W., Opyrczał L., Selerski S., Wita A., Wróblewski M., Awarie i katastrofy zapór. Zagrożenia, ich przyczyny i skutki oraz działania zapobiegawcze. IMGW, Warszawa 2007
- [4] Hüffel S., Grodze. Wydanie II. Arkady, Warszawa 1966
- [5] Puła O., Batog A., Analiza możliwości posadowienia tymczasowej grodzi w oparciu o przeprowadzone badania geotechniczne na zbiorniku Niedów na rzece Witce. Raport Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej. Ser. SPR nr 2, Wrocław 2010
- [6] Puła O., Rybak C. (red.), Sarniak W., Fundamentowanie. Projektowanie posadowień. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 1997
- [7] Rogala R., Machajski J., Rędowicz W., Hydraulika stosowana. Przykłady obliczeń. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 1991
- [8] Wnuk Z., monografia zbiornika wodnego Witka. IMGW, Warszawa 1980
- [9] BN-67/8811-01. Budownictwo hydrotechniczne. Obciążenie budowli w obliczeniach statycznych
- [10] Instrukcja techniczna ujęcia wody na zbiorniku Witka. BOT Elektr. Turów S.A, Bogatynia 2007
- [11] Odbudowa zapory na rzece Witka w Niedowie. Hydroprojekt Wrocław Spółka z o.o., Wrocław 2010-2011
- [12] PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli
- [13] PN-EN 206-1 Beton Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [14] PN-B-03264: 2002. Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [15] PN-2000/B-032001. Konstrukcje stalowe w budownictwie wodnym śródlądowym. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [16] Projekt obiektu D-6423. Warszawskie biuro projektów energetycznych, Warszawa 1958
- [17] Roboty ziemne. Warunki techniczne wykonania i odbioru. Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Warszawa, 1994
- [18] Rozporządzenie ministra środowiska z 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, Dz. U. 2007 Nr 86 poz. 579
- [19] Zbiornik Witka. Grodza tymczasowa z prawej i z lewej strony zapory. Hydroprojekt Wrocław Spółka z o.o., Wrocław 2010



Rys. 8. Stopień wodny Niedów po wybudowaniu grodzi tymczasowej