

dr inż. Jerzy Machajski*

Problematyka interpretacji wyników pomiarów w obrębie małych elektrowni wodnych

Measurement results interpretation problem within the small hydro-electric power stations reach

Streszczenie. Każdy obiekt hydrotechniczny powinien być wyposażony w urządzenia pomiarowo-kontrolne. Ich rodzaj i rozmieszczenie zależy od typu budowli oraz klasy ważności. Na przykładzie MEW Włodzice na rzece Bóbr przedstawiono problematykę interpretacji realizowanych pomiarów oraz trudności wynikające nie tylko z braku dokumentacji projektowej czy warunków posadowienia budowli, ale z braku ścisłego określenia warunków realizacji pomiarów. Podkreślono potrzebę interpretacji wyników pomiarów, choćby z uwagi na możliwe przekroczenie wartości przyjętych jako dopuszczalne lub graniczne dla danej budowli, wskazano na trudności z określaniem tych wartości.

Słowa kluczowe: budowla hydrotechniczna, pomiary kontrolne, interpretacja.

Abstract. An every hydro-engineering structure ought to be equipped with measurement – control devices. Their type and arrangement depends on type of structure and its class of importance. On the example of the small hydro-electric power station Włodzice on the Bóbr River, problem of measurement results interpretation was presented. Difficulties were pointed out, arise from lack of technical documentation, foundation conditions of the structure, and accurate determination of the measurement realization conditions. In the summary the need of measurement results interpretation was stressed, in aspect of exceeding of the values taken as acceptable or limiting ones for given structure. Troubles with determination of those values was pointed out.

Keywords: hydro-engineering structure, control measurements, interpretation of the measurement results.

Istotnym elementem oceny stanu technicznego obiektów hydrotechnicznych powinna być interpretacja wyników pomiarów, realizowanych za pomocą zainstalowanych urządzeń pomiarowo-kontrolnych [1, 2]. Obserwacje i pomiary na potrzeby kontroli budowli piętrzącej i sygnalizacji potencjalnych zagrożeń dotyczą zjawisk opisujących zachowanie się budowli i jej podłoża z uwzględnieniem czynników oddziałujących na obiekt, w tym poziomów wody górnej i dolnej, ciśnienia wody oraz temperatury powietrza i wody. Zachowanie się budowli pod wpływem czynników otoczenia opisują przemieszczenia oraz zjawiska filtracyjne.

Zebrane dane pomiarowe mogą być analizowane przez ich interpretację graficzną, tworzenie funkcji analitycznych uwzględniających wpływ czynników zewnętrznych i zjawisk reologicznych, metodami statystycznymi, np. korelacji wielorakiej czy porównanie rzeczywistej pracy budowli z symulacją na modelach numerycznych. W celu właściwego przeprowadzania interpretacji wyników pomiarów i obserwacji należy dokonać szczegółowej analizy konstrukcji, m.in. technologii jej wykonania i warunków eksploatacji. Analiza powinna obejmować cały okres funkcjonowania budowli obejmujący okres budowy, pierwszego obciążenia budowli wodą oraz opisy ekstremalnych sytuacji, w tym przejście szczególnie dużych wezbrań powodziowych.

Istotnym elementem analizy jest sposób prowadzenia pomiarów kontrolnych na obiekcie oraz położenie punktów reprezentujących obiekt w stosunku do przyjętego układu odniesienia. W ramach interpretacji wyników pomiarów przemieszczeń należy każdorazowo przeprowadzić weryfikację wartości dopuszczalnych, których osiągnięcie nie powoduje stanu zagrożenia obiektu oraz wartości granicznych, których przekroczenie stwarza zagrożenie katastrofą. Elementy te są ściśle powiązane z liczbą i rozmieszczeniem punktów kontrolnych (reperów) oraz z systemem prowadzenia obserwacji. W przypadku, gdy repery nie wykazują wzajemnej stałości lub ich liczba jest zbyt mała, to założone sieci niwelacyjne są nie-

przydatne. Z chwilą wznowienia sieci traci się ciągłość pomiarową przemieszczeń. Zwykle utrata stałości wynika z niewłaściwego rozmieszczenia sieci punktów odniesienia oraz ich stabilizacji. Punkty zazwyczaj stabilizuje się na obiektach kubaturowych lub wykonuje repery ziemne. Właściwym rozwiązaniem jest wykonywanie wierconych reperów głębinowych. Zwykle wystarczą dwa takie repery po obu stronach rzeki, położone poza hipotetyczną strefą oddziaływania spiętrzonych wód, a wymagana liczba reperów odniesienia można uzupełnić o repery ściennie [1, 2].

Istotnym zagadnieniem w interpretacji wyników pomiarów przemieszczeń na obiekcie jest określenie, czy są one powodowane zmianami temperatury, czy zmianami piętrzenia na stopniu. W przypadku budowli hydroenergetycznych, piętrzenie wody jest utrzymywane na stałym poziomie, dlatego też z chwilą pojawiania się znacznego wezbrania jego wpływ jest zwykle widoczny w pomiarach. W małych obiektach wpływ temperatury nie powinien być zauważalny, ale zaleca się wykonywanie pomiarów możliwie w tych samych warunkach [1] temperatury powietrza i wody. Istotne są również pomiary zjawisk filtracyjnych w obrębie budowli oraz w podłożu gruntowym. Spiętrzenie wody powoduje z jednej strony obciążenie budowli siłą naporu lub wyporu, a z drugiej możliwość pojawienia się zjawisk filtracyjnych w podłożu wskutek odpowiednio zwiększonego ciśnienia filtracyjnego.

Opis obiektu i pomiarów budowlanych

Stopień wodny Włodzice wybudowany w latach 1931 – 1932 jest zlokalizowany w km 158+980 biegu rzeki Bóbr [3]. Jest to budowla IV klasy ważności i powinna być wyposażona w urządzenia kontrolne, których wskazania stanowiąc będą m.in. podstawę prowadzonych ocen stanu technicznego obiektu. Budowla piętrząca składa się z jazu stałego i jednoprzęsłowego jazu ruchomego z zamknięciem klapowym, rozdzielonych upustem płuczającym. Na lewym brzegu rzeki Bóbr zlokalizowano elektrownię przepływową w odległości 215 m poniżej jazu. Budynek elektrowni, w którym mieści się hala maszyn, wykonano w technologii murowanej z cegły

* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

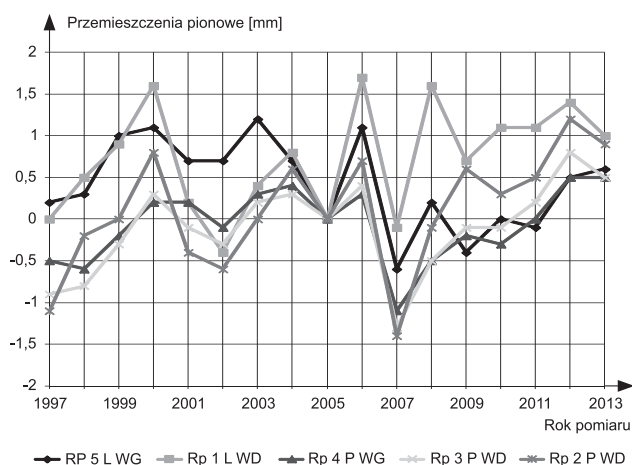
na betonowym bloku fundamentowym. Woda do turbin jest doprowadzana kanałem dopływowym usytuowanym na lewym brzegu rzeki.

Na obiekcie zainstalowano, obok lat wodowskazowych, repery kontrolowane, rozmieszczone na obu przyczółkach jazu oraz na obu filarach działowych, zarówno od strony wody górnej, jak i wody dolnej. Repery zostały umieszczone na ścianach budynku elektrowni, od strony wody górnej i wody dolnej. W rejonie obiektu zainstalowano trzy repery odniesienia, jako bazę niwelacji reperów kontrolowanych, zastabilizowane na znajdujących się w pobliżu budynkach mieszkalnych. Na obiekcie nie ma reperów głębinowych, a te zlokalizowane na stopniu wodnym znajdują się pod wpływem wezbrań powodziowych rzeki Bóbr.

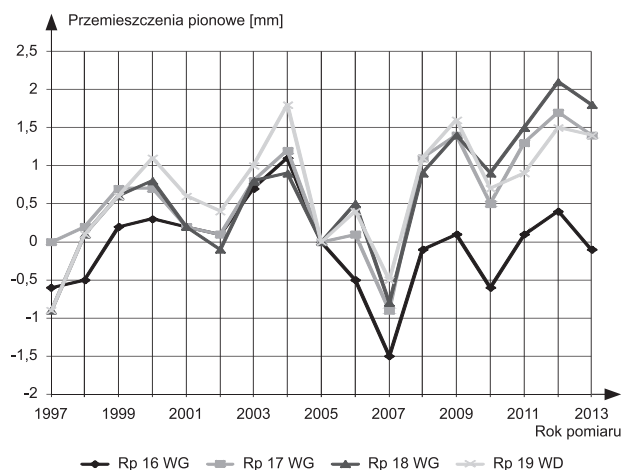
Interpretacja wyników pomiarów

W pierwszej kolejności dokonano analizy warunków prowadzenia pomiarów pod kątem zachowania stałości pomiarowej. Niestety pomiary prowadzono w różnych okresach: wczesnej wiosny (marzec, kwiecień); lata (lipiec, sierpień, wrzesień) oraz wczesnej jesieni – październik, przy różnej temperaturze wody oraz powietrza, która zmieniała się od najniższej 10 °C do najwyższej 28 °C. Stwierdzono ponadto fakt zniszczenia całej sieci niwelacyjnej podczas prac remontowych obiektu w latach 2004 – 2005, dlatego też po jej odtworzeniu i stabilizacji pomiary rozpoczęto praktycznie od nowa. Nie pozwoliło to na zastosowanie do analizy wyników pomiarów statystyki matematycznej, umożliwiającej m.in. określenie przemieszczeń dopuszczalnych i granicznych z powodu zbyt krótkich ciągów pomiarowych. W związku z tym do interpretacji zastosowano metodę graficzną w postaci obrazu przebiegu zmian przemieszczeń w czasie, mając jednocześnie na uwadze różną temperaturę powietrza i wody w trakcie pomiarów oraz informacje o wystąpieniu w danym roku pomiarowym ekstremalnej sytuacji powodziowej na obiekcie. Wyniki pomiarów jednocześnie odnoszono do średniego błędu przemieszczeń pionowych nieprzekraczającego wartości $m_{\Delta} = \pm 0,3$ mm. Przykłady wykresów przemieszczeń reperów na budynku elektrowni oraz jazu przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Betonowy blok fundamentu elektrowni wodnej wykazuje pewną stabilność przemieszczeń. Widoczne początkowe wypiętrzanie reperów może być wynikiem stosunkowo wysokiej temperatury powietrza w trakcie pomiarów wynoszącej ok. 20 °C, natomiast odnotowane w 2001 r. osiadanie mogło wynikać ze stosunkowo niskiej temperatury towarzyszącej pomiarom, bo tylko 10 °C, podobnie było w 2002 r. Widoczne wahania przemieszczeń w kolejnych latach można zakwalifikować jako błędy pomiarów, ponieważ temperatura towarzysząca pomiarom była praktycznie stała. 2005 r. to pomiar zerowy prze-



Rys. 1. Przemieszczenia pionowe reperów na budynku elektrowni wodnej



Rys. 2. Przemieszczenia pionowe reperów na lewym przyczółku jazu mieszceń po odtworzeniu sieci reperów, a pomiary w 2006 r. wskazują na dosyć istotne wypiętrzanie budowli, którego nie można uzasadnić wysoką temperaturą czy obecnością zjawisk powodziowych. Powódź w sierpniu 2006 r. miała pewien wpływ na osiadanie odnotowane w kwietniu 2007 r. Pomiar wykonany w sierpniu 2008 r. w wysokiej temperaturze powietrza wynoszącej 28 °C, wskazał istotne wypiętrzanie reperów, które dodatkowo mogło być wynikiem odprężenia budowli po ustąpieniu wezbrania. Kolejne pomiary pokazały powolną tendencję do wypiętrzania obiektu. Mogło to wynikać z intensyfikacji zjawisk filtracyjnych w obrębie budynku elektrowni, co potwierdziły obserwacje piezometryczne. Podobne obserwacje dotyczące tendencji przemieszczeń widoczne były na reperach jazu (rysunek 2) i reperach ujęcia wody kanału dopływowego elektrowni. Na podstawie skali przemieszczeń i ich tendencji nie stwierdzono istotnych zagrożeń dla obiektu, ale jednak zalecono wykonanie w trybie natychmiastowym dwóch głębinowych reperów, jako jedynych dających gwarancję zachowania stałości odniesienia w długim czasie.

Podsumowanie

Należy podkreślić potrzebę interpretacji wyników pomiarów kontrolnych budowli hydrotechnicznych wszystkich klas ważności, co ma istotny wpływ na ich bezpieczeństwo. W celu właściwej oceny stanu technicznego niezbędna jest wiedza dotycząca rozwiązań konstrukcyjnych, warunków gruntowo-wodnych i warunków eksploatacyjnych budowli. Powinna ona wynikać z archiwalnej dokumentacji projektowej, rzetelnie prowadzonego dziennika obiektu budowlanego, protokołów przeglądów rocznych budowli, opisów zjawisk zdarzeń powodziowych obiektu oraz uzupełniających badań. Poprawność interpretacji wyników pomiarów odkształceń i zjawisk filtracyjnych zależy od jakości danych. Do obowiązków właściciela budowli należy więc przestrzeganie następujących zasad: (i) instalowania na obiekcie reperów głębinowych dających gwarancję wzajemnej stałości reperów odniesienia; (ii) stałości pomiarowej w celu wyeliminowania wpływu temperatury na wielkość mierzonych przemieszczeń; (iii) zachowania ciągłości pomiarowej, umożliwiającej statystyczną analizę przemieszczeń w celu weryfikacji mierzonych parametrów oraz określenia ich wartości dopuszczalnych i granicznych.

Literatura

- [1] Awaryjne i katastrofy zapór, zagrożenia, ich przyczyny i skutki oraz działania zapobiegawcze. Praca zbiorowa pod redakcją Krzysztofa Fiedlera. IMGW, Warszawa 2007 r.
- [2] Bezpieczeństwo zapór – bezpieczeństwo ludności i środowiska. Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 2009 r.
- [3] Machajski J., Niemirski D. Ocena pięcioletnia stanu technicznego stopnia wodnego EW Włodzice na rzece Bóbr. INWDAR PROJEKT. Wrocław, listopad 2013 r.