

dr inż. Andrzej Kmita<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Wojciech Pawlak<sup>1)</sup>

# Konstrukcja wieży widokowej po 100 latach eksploatacji

*The construction of a reinforced concrete tower with 100 years of use*

DOI: 10.15199/33.2015.06.30

(Studium przypadku)

**Streszczenie.** Artykuł zawiera analizę stanu technicznego konstrukcji zabytkowej wieży żelbetowej zlokalizowanej na szczycie góry, użytkowanej prawie 100 lat bez napraw i remontów. Badania betonu i analiza statyczno-wytrzymałościowa wyteżenia konstrukcji wieży wykazały jej dobry stan techniczny.

**Słowa kluczowe:** badanie betonu, budowle zabytkowe, diagnostyka konstrukcji, konstrukcje żelbetowe.

**Abstract.** The article describes the historical assessment of reinforced concrete observation tower located on the top of the mountain. The structure is used from about 100 years without a repair, overhaul during your use. Concrete testing and analysis of static-strength effort of the tower structure revealed her condition as good.

**Keywords:** concrete testing, historic buildings, diagnostics construction, reinforced constructions.

Ocena i analiza stanu technicznego zabytkowych konstrukcji żelbetowych wymaga wielokierunkowych badań, których celem jest m.in. odtworzenie historii realizacji i eksploatacji obiektu, pozwalającej na ustalenie czynników mających wpływ na stan techniczny. Podstawowym problemem w przypadku analizy statyczno-wytrzymałościowej żelbetowych obiektów zabytkowych z początku XX w. jest brak dokumentacji wykonawczej konstrukcji (nie dotyczy to obiektów prestiżowych, których dokumentacje można odnaleźć w archiwach miejskich). Wówczas korzysta się z literatury technicznej z okresu realizacji obiektu [np. 1, 2] i inwentaryzacji odtworzeniowej konstrukcji. W przypadku określenia wytrzymałości betonu i stali, gdy nie ma opinii, ekspertyz oraz książki obiektu, w pierwszej kolejności należy wykonać odtworzeniową dokumentację budowlaną obiektu, a następnie na jej podstawie oraz inwentaryzacji uszkodzeń, wynikających z długoletniej eksploatacji obiektu, a także z wad projektowych i wykonawczych, wnioskować o stanie technicznym konstrukcji.

## Opis konstrukcji wieży

Żelbetowa wieża widokowa wysokości 12,0 m została wzniesiona prawie 100 lat temu na szczycie góry (718 m n. p. m.). Ma trzy kondygnacje nadziemne wysokości ok. 3,6 m każda (fotografia 1). Konstrukcja wieży w postaci czterosłupowej ramy przestrzennej o rzucie prostokątnym



**Fot. 1. Widok ogólny wieży żelbetowej**  
Photo 1. General view of the reinforced concrete tower

posadowiona na betonowej płycie grubości ok. 0,5 m jest zbieżna na wysokości (w podstawie ma wymiary 3,70 x 4,00 m, a w szczycie 2,77 x 3,15 m). Składa się z czterech słupów o stałym przekroju 40 x 40 cm, płyt żelbetowych grubości 10 cm w poziomach +3,62 m i +7,32 m oraz 12,5 cm w poziomie +10,96 m. Każda płyta wsparta jest na czterech belkach zewnętrznych (40 x 37 cm) spinających słupy. Znajdują się w niej dwa otwory – jeden włączony, a drugi w celu przepuszczenia betonowej wieży triangulacyjnej. Między otworami jest żebro o przekroju 40 x 29 cm połączone monolitycznie

z przeciwległymi belkami (ryglami) zewnętrznymi ramy przestrzennej. Komunikacja pionowa na poszczególne poziomy odbywa się za pomocą stalowych drabin włączonych. Pomiędzy słupami wykonano stalowe balustrady mocowane do słupów żelbetowych. Ze względu na usytuowanie obiektu jest narażony na znaczne obciążenie wiatrem, śniegiem i oblodzeniem.

## Badania

W celu oceny stanu technicznego konstrukcji żelbetowej wieży widokowej wykonano: analizę literatury z okresu realizacji obiektu; inwentaryzację budowlaną obiektu i uszkodzeń konstrukcji; badania materiałowe; analizę numeryczną nośności poszczególnych elementów konstrukcji żelbetowej.

W czasie 100-letniej eksploatacji wieży nie były wykonywane żadne remonty i prace naprawcze. Konstrukcja żelbetowa nie została zabezpieczona przed wpływem czynników środowiskowych (wiatrem, śniegiem i oblodzeniem). Podczas oględzin obiektu stwierdzono następujące uszkodzenia:

- odpadanie otuliny betonowej w wyniku procesu karbonatyzacji betonu;
- korozję odsłoniętego zbrojenia w miejscach odspojonej otuliny betonowej;
- spękania i ubytki górnej powierzchni płyty;
- spękania belek i płyt;
- uszkodzenia (spękania, ubytki, odpadanie betonu) w miejscach wbetonowania stalowych balustrad w słupy;
- korozję stalowych balustrad.

Przeważały uszkodzenia typowe dla karbonatyzowanego betonu, który utracił na grubości otuliny swoje właściwości ochronne wobec stali zbrojeniowej. W miejscach ma-

<sup>1)</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego  
<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: andrzej.kmita@pwr.edu.pl

łej otuliny 5 ÷ 15 mm stal zbrojeniowa zaczęła korodować, powodując lokalne odspojenia otuliny betonowej (fotografia 2).

Klasę betonu w konstrukcji (C20/25) określono zgodnie z [3] na podstawie odwiertów rdzeniowych. Wytrzymałość betonu uznano za dobrą. Zbrojenie scharakteryzowano na podstawie wykonanych odkrywek w elementach konstrukcyjnych.



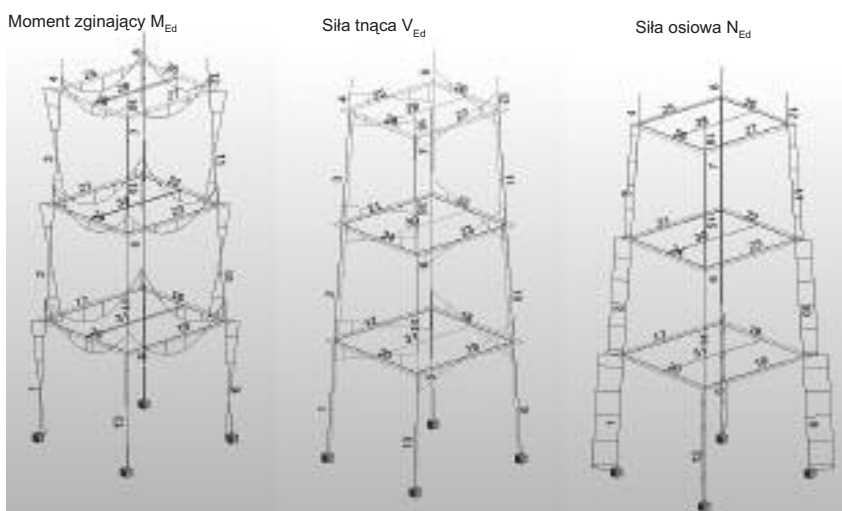
**Fot. 2. Typowe uszkodzenia płyty stropowej i belek**

*Photo 2. Typical damage to the slab and beams*

## Analiza statyczno-wytrzymałościowa

Do analizy stopnia wyężenia konstrukcji zamodelowano wieżę jako przestrzenny układ prętowy, natomiast do obliczeń przyjęto parametry wytrzymałościowe betonu uzyskane z badań odwiertów rdzeniowych. Zgodnie z [4] założono granicę plastyczności stali na poziomie 140 MPa. Uwzględniono uszkodzenia betonu i stali (ubytek powierzchni przekroju zbrojenia założono na 10%). Obciążenia ustalono wg norm [5 ÷ 7], a sprawdzenie nośności granicznej wykonano na podstawie normy [8]. Na rysunku przedstawiono wykresy sił wewnętrznych, a w tabeli wyniki obliczeń nośności (wyężenia) poszczególnych elementów.

Na podstawie wyników analizy stanu konstrukcji stuletniej wieży żelbetowej stwierdzono, że obiekt spełnia wymagania nośności (przeniesienie obciążeń) i użyteczności (warunek dopuszczalnych ugięć i zarysowania). Wyężenie konstrukcji ze względu na zginanie wynosi ok. 60%, ze względu na ścinanie ok. 30%, a ze względu na ściskanie mimośrodowe ok. 35%. Obliczeniowe ugięcia i zarysowania są dużo mniejsze od wartości dopuszczalnych, co wynika z masywności konstrukcji i małej rozpiętości elementów zginanych. Elementy spełniają warunki SGN i SGU mimo zredukowanych parametrów wytrzymałości materiałów, redukcji przekroju stali zbrojeniowej i zwiększonych obciążeń zgodnie z [5 ÷ 8]. Uszkodzenia powierzchniowe betonu wynikają z małej otuliny zbrojenia,



**Wykres sił wewnętrznych w analizowanej wieży**

*Chart internal forces in the analyzed tower*

### Wyniki obliczeń SGN i SGU elementów konstrukcyjnych obiektu

*The results of calculations for ULS and SLS in building construction elements*

Parametry	Elementy wieży				
	belka zewnętrzna	belka wewnętrzna	plyta pośrednia	plyta górna	słupy
Wyężenie zginanie [%]	61	54	33	20	35
Wyężenie ścinanie [%]	20	31	10	7	12
Ugięcie [mm]	1,5	4,3	0,4	0,35	–
Zarysowanie [mm]	0,05	0,1	niezarysowana	niezarysowana	niezarysowane

długoletniej eksploatacji oraz braku bieżących napraw i zabezpieczeń, a nie nadmiernego wyężenia konstrukcji. Konstrukcja jest eksploatowana w trudnych warunkach atmosferycznych, ale ze względu na nośność ma duże zapasy bezpieczeństwa.

## Podsumowanie

Widokowa wieża żelbetowa z początku dwudziestego wieku spełnia warunki SGN mimo wielu uszkodzeń o charakterze powierzchniowym. Zapas nośności wszystkich elementów konstrukcyjnych jest wystarczający w świetle aktualnych norm. Szywność przestrzenna układu konstrukcyjnego zapewnia spełnienie SGU. Zaskakujący jest dobry stan stropów poszczególnych kondygnacji eksploatowanych w środowisku XC4 (duża wilgotność i zmienność temperatury w okresie zimowym, wiele cykli zamrażania/rozmarzania, znaczne oblodzenie konstrukcji w zimie). Nie stwierdzono uszkodzeń w postaci złuszczenia się warstwy powierzchniowej betonu.

Mimo spełniania warunków SGN i SGU wieża wymaga pilnego remontu w zakresie odpowiedniego zabezpieczenia stali zbrojeniowej i odtworzenia betonowej otuliny zabezpieczającej zbrojenie. Do wymiany zakwalifikowano wszystkie elementy stalo-

w (drabiny, balustrady) zarówno ze względu na stan techniczny (korozja), jak również wymagania eksploatacyjne (wysokość barier i sposób mocowania do słupów). Po prawidłowych naprawach powierzchniowych betonu (odtworzeniu otuliny i przywróceniu właściwości ochronnych betonu wobec zbrojenia) oraz wymianie barier ochronnych i drabin stalowych konstrukcja wieży będzie mogła być nadal użytkowana bezpiecznie przez kolejne dziesięciolecia.

*Fotografie i rysunki – W. Pawlak*

## Literatura

- [1] Kersten C.: Eisenbetonbau. I teil. Verlag von Wilhelm Ernst&Sohn. Berlin 1906.
- [2] Kleinlogel A.: Eisenbeton und umschürter Beton. Carl Scholtze. Verlag W. Junghaus. Leipzig 1910.
- [3] PN-EN 13791: 2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach budowlanych.
- [4] Czaplński K.: Dawne wyroby ze stopów żelaza. DWE, Wrocław 2009.
- [5] PN-B-02010:1980/Az1:2006 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- [6] PN-B-02011:1977/Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- [7] PN-B-02013:1987 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne środowiskowe. Obciążenie oblodzeniem.
- [8] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i wymiarowanie.

*Otrzymano 14.04.2015 r.*