

Władysław Borowiec

Janusz Śmiałek

Andrzej Wróbel

BADANIE KSZTAŁTU SZYBOWEJ WIEŻY WYCIĄGOWEJ

1. Wstęp

Aktualny stan pionowości i prostoliniowości badanego obiektu zdeterminowany jest następującymi czynnikami:

- odchyłkami wykonawczymi powstającymi w fazie budowy obiektu;
- nierównomierną komprymacją podłoża fundamentów;
- zróżnicowaniem osiadań powierzchni terenu spowodowanymi bezpośrednimi lub pośrednimi wpływami podziemnej eksploatacji górnictwej;
- zróżnicowaniem termicznym konstrukcji w zależności od aktualnego nasłonecznienia
- bocznym parciem wiatru;
- asymetrią obciążeń eksploatacyjnych.

Udział wymienionych czynników w wielkości aktualnego odchylenia osi pionowej konstrukcji od kierunku pionowego, jest różny co do wielkości wychylenia, jak też zmieniać się może w funkcji czasu i to z różną prędkością.

Przy planowaniu precyzyjnych pomiarów stanu obiektów należy uwzględnić fakt łącznego oddziaływania tych czynników.

Wychylenie obiektu opisywane jest za pomocą dwóch składowych wychylenia całkowitego zgeneralizowanej osi pionowej obiektu, względem jego podstawy, w przyjętym układzie sytuacyjnym. Na podstawie określonych składowych obliczane jest wypadkowe wychylenie całkowite w jednostkach liniowych oraz kierunek tego wychylenia w przyjętym układzie.

W wyniku pomiarów określone są wielkości składowe wychylenia partii obiektu dostępnych do wykonania tych pomiarów. Na tej podstawie obliczane jest wychylenie względne (w mm/m lub ‰) na odcinku pomiaru, które umożliwia, na drodze ekstrapolacji, obliczenie wychylenia całkowitego obiektu. Ta wielkość wykorzystywana jest do dalszej oceny stateczności konstrukcji.

Dla badania kształtu obiektu w profilu pionowym określa się czasem wychylenia zgeneralizowanej osi obiektu na różnych poziomach w stosunku do jego podstawy.

Przedmiotem badań była basztowa wieża wyciągowa szybu wydobywczego jednej z kopalń Nadwiślańskiej Spółki Węglowej (rys. 1). Jest to skrzynkowa konstrukcja żelbetowa o prostokątnym przekroju poziomym (18x27 m) i wysokości około 100 m licząc od poziomu powierzchni terenu. Wieża posadowiona jest na niezależnym (od konstrukcji szybu) fundamencie w postaci płyty żelbetowej.



Rys.1.: Fotografia badanej wieży wyciągowej

W głowicy wieży (na wysokości ok. 80 m nad zrębem szybu) zainstalowane są dwie maszyny wyciągowe - czterolinowe tarcze pędne. Maszyny obsługują dwa niezależne przedziały wydobywcze szybu. W każdym z przedziałów pracują po dwa naczynia wyciągowe - skipy służące do transportu urobku poprzez szyb. Poniżej poziomu maszyn wyciągowych (16 m) zainstalowane są dwa zespoły kół odciskowych. Ich zadaniem jest zwiększenie kąta opasania lin na tarczach pędnych maszyn wyciągowych, a także właściwe nakierowanie zespołów lin względem osi przedziałów wydobywczych.

Pomiary wychylenia wieży wykonane zostały przez zespół pracowników WGGiŚ AGH na zlecenie kopalni w ramach kompleksowej kontroli stanu urządzeń wyciągowych szybu.

Zasadniczym celem tego pomiaru było określenie całkowitego wychylenia wieży względem jej podstawy, dla porównania wielkości aktualnego wychylenia z wielkością dopuszczalną w świetle przepisów górniczych. Według [*Przepisy.., 1995*] dopuszczalna wielkość wychylenia wieży szybowej nie może przekroczyć 1/500 jej wysokości. Dodatkowo, zlecenie przewidywało wykonanie pomiaru kształtu konstrukcji wieży bez ustalenia szczegółowych warunków technicznych tego pomiaru.

W wyniku przeprowadzonego wywiadu terenowego ustalono, że zewnętrzne naroża konstrukcji wieży, wskutek oddziaływania czynników atmosferycznych i niedokładności budowy, znacznie odbiegają od prostoliniowości. Lokalne nierówności na krawędziach (widoczne gołym okiem) były rzędu ± 5 cm. Zatem niejednoznaczności ustalenia położenia poziomego punktów na krawędziach, jak też środków przekrojów poziomych na poszczególnych horyzontach pomiarowych, są oczywiście tego samego rzędu. W związku z powyższym zdecydowano wykonać niezależnie pomiary czterech naroży wieży dwoma różnymi metodami tj. metodą geodezyjną i metodą fotogrametryczną. Przebieg przestrzenny zgeneralizowanej osi obiektu postanowiono wyznaczyć jako średnie położenie z czterech zamierzonych narożników wieży. Dla dokładnego oddania kształtu wieży przyjęto, że interwał pomiędzy horyzontami pomiarowymi będzie wynosił 2 m dla pomiaru fotogrametrycznego i 4 m dla pomiaru geodezyjnego.

2. Technologia pomiaru

2.1. Pomiar geodezyjny

Dla realizacji pomiaru metodą geodezyjną zaprojektowano i wykonano specjalny szablon umożliwiający lokalną generalizację kształtu naroża wieży. Do szablonu tego zamocowano na stałe lustro dalmiercze z tarczą, umożliwiające biegunowy pomiar położenia szablonu przykładanego jednoznacznie do krawędzi naroża wieży, na kolejnych horyzontach pomiarowych.

Pomiary biegunowe wykonano tachimetrem elektronicznym TC2002 firmy Leica z czterech punktów osnowy roboczej nawiązanej do osnowy kopalnianej.

Dla realizacji takiej koncepcji pomiaru geodezyjnego niezbędne było zastosowanie linowych technik alpinistycznych. W trakcie tych prac wykonana została również stabilizacja (wymalowanie farbą) szesnastu punktów osnowy fotogrametrycznej – po cztery na każdej ścianie wieży. Wyznaczono również przestrzenne współrzędne tych punktów w przyjętym układzie odniesienia.

Na pierwszych dwóch mierzonych krawędziach (północno-wschodniej i północno-zachodniej) rejestrowano punkty co około 4 m w pionie, ale na pozostałych dwóch co około 10 m. Odległość w pionie pomiędzy punktami pomiarowymi zwiększono ze względu na dużą pracochłonność pomiaru..

2.2. Pomiar fotogrametryczny

Typowe rozwiązanie, przy pomiarach tego typu obiektów, [*Bernasik 1991*] polega na wykonaniu czterech zdjęć w ten sposób, by na każdym stanowisku oś kamery była

prostopadła do ściany obiektu. Niestety od północnej strony nie było możliwości wykonania tak zorientowanego zdjęcia. Dlatego dla ściany północnej wykonano dwa zdjęcia o osiach zbieżnych., a dla trzech pozostałych ścian zdjęcia o osiach prostopadłych do nich. Zdjęcia wykonano kamerą UMK 10/1318 firmy Carl Zeiss Jena na kliszach TO1.

Warunki terenowe spowodowały, iż na większości zdjęć dolny fragment wieży był zasłonięty przez sąsiednie budynki. Wychylenie zasłoniętych odcinków naroży pomierzono metodą geodezyjną.

Na każdym stanowisku kamery, po wykonaniu zdjęcia, pomierzono kierunki do czterech zasygnalizowanych uprzednio przez taterników punktów osnowy fotogrametrycznej. Stanowiska kamery nawiązano do osnowy kopalnianej i do wyraźnych szczegółów sytuacyjnych, których współrzędne otrzymano przez digitalizację mapy kopalni w skali 1:500.

Zdjęcia fotogrametryczne pomierzono na stereokomparatorze „Stecometer” firmy Carl Zeiss Jena. Przyjęto taki interwał Δz (na zdjęciu) pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi, aby odpowiadał w terenie wartości 2 m.

Przy obliczeniach wychyleń współrzędne środków rzutów przyjęto z pomiaru terenowego. Orientację osi kamery (φ), nachylenie osi kamery (ω), oraz skręcenie zdjęcia (κ) wyznaczono wykorzystując zasygnalizowane na ścianie punkty osnowy fotogrametrycznej oraz pomierzone na stanowiskach kamer kierunki.

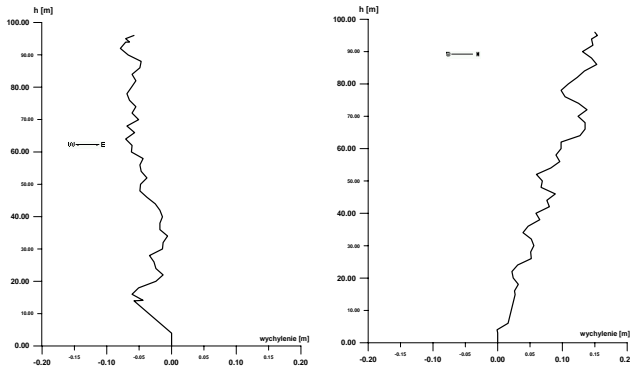
3. Omówienie uzyskanych wyników

Porównanie wychyleń poszczególnych narożników wieży wyznaczonego na podstawie pomiaru fotogrametrycznego i geodezyjnego wykazuje dużą zbieżność wyników. Występują co prawda lokalne rozbieżności, ale spowodowane są one małą dokładnością identyfikacji narożników. W tabeli 1. zestawiono wartości liniowe wychyleń wierzchołków krawędzi wieży w stosunku do jej podstawy.

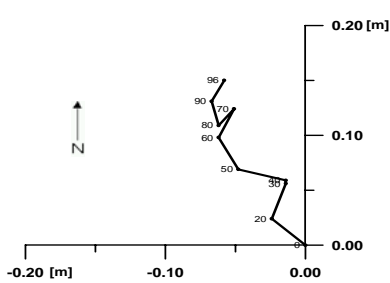
Tabela 1. Porównanie wyników pomiaru wychyleń

Krawędź wieży	Wychylenie z pomiaru fotogrametrycznego [m]	Wychylenie z pomiaru geodezyjnego [m]
Południowo-zachodnia	0.16	0.16
Północno-zachodnia	0.17	0.23
Południowo-wschodnia	0.04	0.06
Północno-wschodnia	0.06	0.08
Oś wieży	0.10	0.12

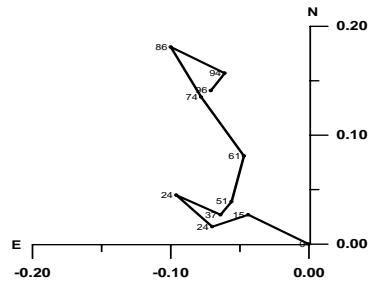
Na rys. 2 przedstawiono rzut wychyleń jednego z narożników wieży na pionowe płaszczyzny ścian, na rys. 3 przedstawiono rzut wychyleń tego samego narożnika na płaszczyznę poziomą uzyskany z pomiaru fotogrametrycznego, natomiast na rys. 4. z pomiaru geodezyjnego. Analiza kształtu krawędzi wieży wskazuje, iż w zasadzie da się on aproksymować linią prostą. Lokalne kilkunantymetrowe odchylenia od prostej wynikają częściowo z jakości betonowania konstrukcji metodą ślizgową, częściowo z nierównomierności pokrycia powierzchni wieży tynkiem a częściowo z korozji narożnika.



Rys.2.: Rzut wychylenia narożnika południowo-wschodniego na płaszczyznę ściany

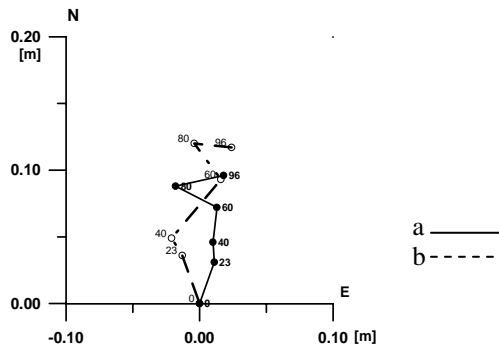


Rys. 3: Rzut wychylenia narożnika południowo-wschodniego na płaszczyznę poziomą (pomiar fotogrametryczny)



Rys. 4: Rzut wychylenia narożnika południowo-wschodniego na płaszczyznę poziomą (pomiar geodezyjny)

Rysunek 5 przedstawia przebieg osi wieży uzyskany jako uśrednienie czterech narożników. Niezgodności przebiegu narożnika i osi wieży w zależności od metody pomiaru wynikają z dużego błędu identyfikacji celu na zdjęciach fotogrametrycznych jak i dużego błędu przyłożenia szablonu do narożnika przy pomiarze geodezyjnym. Przyczyną tych błędów były duże (do 5 cm a czasami więcej) lokalne nierówności narożnika (rozd. 1)



Rys. 5.: Rzut wychylenia osi wieży na płaszczyznę poziomą: a - pomiar geodezyjny, b - pomiar fotogrametryczny

Sprzęt stosowany do pomiarów geodezyjnych umożliwiał uzyskanie położenia mierzonego punktu z dokładnością $\pm 0.003 - 0.005$ m. Dowiązanie stanowiska pomiarowego do osnowy kopalni miało na celu jedynie określenie kierunku wychylenia wieży, co wystarczy wykonać z dokładnością $1 - 2^\circ$. Dokładność osnowy kopalni nie miała więc w tym przypadku praktycznego znaczenia. Dokładność pomiaru na zdjęciach fotogrametrycznych wynosiła około 0.01 mm. Po uwzględnieniu błędów orientacji i wpływu skali zdjęcia, dokładność określenia wychylenia na podstawie pomiaru fotogrametrycznego można ocenić na 0.01 do 0.02 m.

Charakter obiektu (rozdz.1) uniemożliwił jednak wykorzystanie w pełni potencjalnych możliwości stosowanych metod pomiaru. Błąd identyfikacji narożnika związany z jego nierównością przewyższył znacznie możliwy do uzyskania błąd pomiaru.

4. Wnioski końcowe

- Obie zastosowane metody pomiarowe (geodezyjna i fotogrametryczna) pozwoliły na uzyskanie wystarczająco dokładnych wyników. Różnice w kształcie pionowej osi obiektu są wynikiem błędów identyfikacji spowodowanych nieregularnościami kształtu narożników wieży;
- Stwierdzone wychylenie całkowite wieży mieści się w granicach dopuszczalnych, ustalonych przez przepisy górnicze;
- Zastosowanie fotogrametrycznej metody pomiaru pozwala na:
 - znaczne (ok. 3-4 krotnie) skrócenie czasu niezbędnego dla wykonania pomiarowych prac terenowych;
 - prowadzenie generalizacji nieregularnego kształtu obiektu w warunkach kameralnych;
 - wykonanie pomiaru kształtu obiektu z dowolną gęstością horyzontów obserwacyjnych w profilu pionowym wieży.
- Zdjęcia pomiarowe mają wartość obiektywnych dokumentów archiwalnych;
- Pomiaru wychylenia tego typu obiektów powinny być realizowane w warunkach zachmurzenia i bezwietrznej pogody. Nie należy prowadzić pomiarów w czasie pracy urządzeń wyciągowych. Pozwala to na wyeliminowanie z wyników pomiaru wpływu czynników zewnętrznych na wielkość stwierdzonego wychylenia obiektu jak też na jego kształt;
- Dla potrzeb precyzyjnego śledzenia w czasie zmian wychylenia takich obiektów bezwzględnie należy trwale zasygnalizować zgeneralizowane osie ścian. Kolejne obserwacje należy realizować na punktach sygnalizowanych;
- Przy badaniach szybkozmiennych wpływów czynników zewnętrznych wydaje się celowe zastosowanie obrazowania cyfrowego.

5. Literatura

1. Bernasik Jerzy, 1991, *Naziemna fotogrametria inżynierijno przemysłowa*, skrypt AGH;
2. *Przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz prowadzenia ruchu i specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*, Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 kwietnia 1995.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik