



PIOTR DYBEŁ, *dybel@agh.edu.pl*
DANIEL WAŁACH, *walach@agh.edu.pl*
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

WPŁYW OSIADANIA KANAŁU WENTYLACYJNEGO NA STAN TECHNICZNY BUDYNKU NADSZYBIA

THE EFFECT OF SETTLEMENT VENTILATION DUCT ON TECHNICAL CONDITION OF THE SHAFT TOP BUILDING

Streszczenie W pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy wpływu dodatkowego oddziaływania wywołanego przemieszczeniem się części lunety wentylacyjnej na elementy konstrukcyjne budynku nadszybia. Powstałe zjawisko ze względu na swój niekontrolowany i nieprzewidywalny charakter mogło skutkować znaczącym ograniczeniem użytkowania analizowanego obiektu. Przeprowadzona analiza pozwoliła ocenić aktualny stan wyężenia podstawowych elementów konstrukcyjnych oraz określić zasady dalszej eksploatacji budynku.

Abstract In the paper the results of the analysis of the additional reaction of the settlement ventilation duct to construction elements of the shaft top building. The obtained effect, due to its uncontrolled and unpredictable character, could cause significant use restrictions of the analysed object. The presented analysis allowed to assess the actual state of the effort of the basic construction elements and to describe the rules of the further building exploitation.

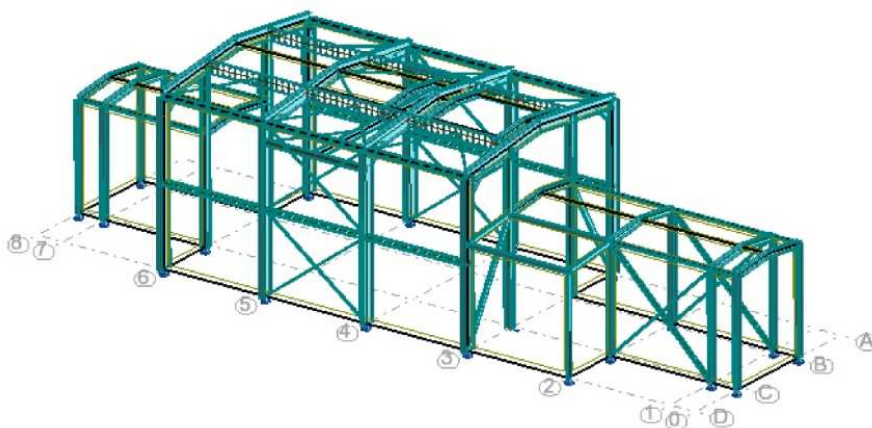
Wprowadzenie

Awaria obiektów budowlanych takich jak budynki nadszybia w zakładach górniczych, może skutkować znacznym ograniczeniem procesów produkcyjnych. Ze względu na bezpośrednie sąsiedztwo szybu i jego infrastruktury, budynki nadszybia niejednokrotnie poddawane są oddziaływaniom dodatkowych obciążeń, które nie zawsze były uwzględnione podczas ich projektowania. Te dodatkowe oddziaływania mogą skutkować przekroczeniem stanów granicznych nośności i użytkowości, co w konsekwencji decyduje o wyłączeniu obiektu z użytkowania. Z taką sytuacją spotkano się na jednej ze śląskich kopalń węgla, gdzie wskutek niekontrolowanego przemieszczenia się części lunety wentylacyjnej, która stanowiła posadowienie dla słupów ram nośnych budynku nadszybia, mogło dojść do powstania dodatkowych naprężeń w elementach konstrukcyjnych analizowanego obiektu. Przeprowadzona analiza pozwoliła określić wpływ osiadania przedmiotowego kanału wentylacyjnego na stan techniczny budynku nadszybia oraz sformułować wytyczne i zalecenia dotyczące dalszej eksploatacji obiektu.

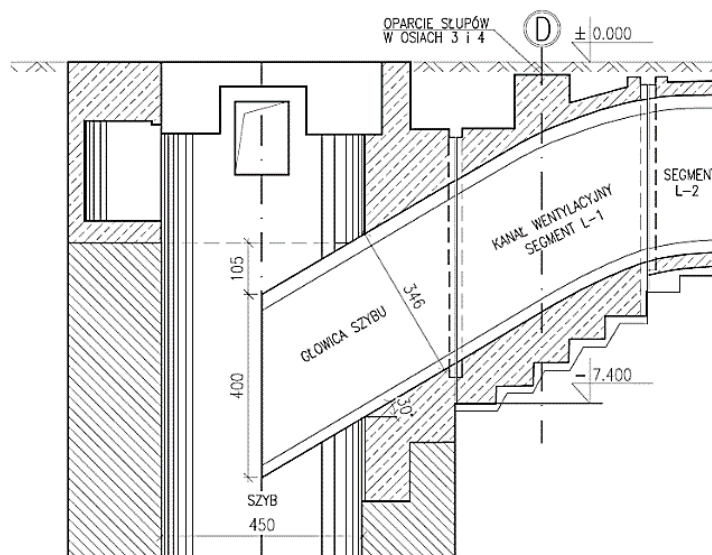
2. Opis konstrukcji budynku nadszybia

Budynek nadszybia wzniesiono w latach 70-tych poprzedniego stulecia. Obiekt został zaprojektowany i zrealizowany w konstrukcji stalowej z systemową obudową z płyt żelbetowych prefabrykowanych. Zasadniczym ustrojem nośnym budynku nadszybia są stalowe

jednonawowe ramy przegubowo połączone z fundamentami w rozstawie co 6,0 m. Ogólny widok konstrukcji budynku nadszybia szybu przedstawiono na rys. 1. Posadowienie obiektu zrealizowano za pomocą fundamentów stopowych powiązanych wzajemnie ściągamizabezpieczającymi konstrukcję fundamentów przed nadmiernymi przemieszczeniami poziomymi. Fundamenty posadowiono na głębokości 1,50 m poniżej poziomu terenu. Przyjęte rozwiązanie dotyczące posadowienia budynku nadszybia pozwala na niezależną pracę poszczególnych grup fundamentów. Słupy w ścianach szczytowych na przecięciu osi 3 i C oraz 3 i B są podwieszane na zastrzałach ze względu na brak miejsca na fundamenty (zabudowa głowicy szybu). W osi D dwa słupy ram w osiach 3 i 4 są oparte na oddylatowanym odcinku kanału wentylacyjnego tak skonstruowanym, aby przeniósł obciążenie z ram (rys. 2).



Rys. 1. Widok ogólny budynku nadszybia



Rys. 2. Przekrój podłużny przez kanał wentylacyjny i głowicę szybową

Budynek nadszybia zaprojektowano jako szczelny ze względu na to, że szyb spełniał rolę wentylacyjno-wydechową. W nadszybiu znajdowały się dwie komory depresyjne dla wózków dostarczających pomocnicze materiały, służa dla załogi oraz pomieszczenia socjalne dla załogi. W latach 90-tych nastąpiła zmiana przeznaczenia szybu na wdechowy. Wraz z przekształceniem roli znaczącym zmianom uległy warunki szczelności budynku oraz znikło związane z tym obciążenie depresyjne.

3. Warunki geotechniczne

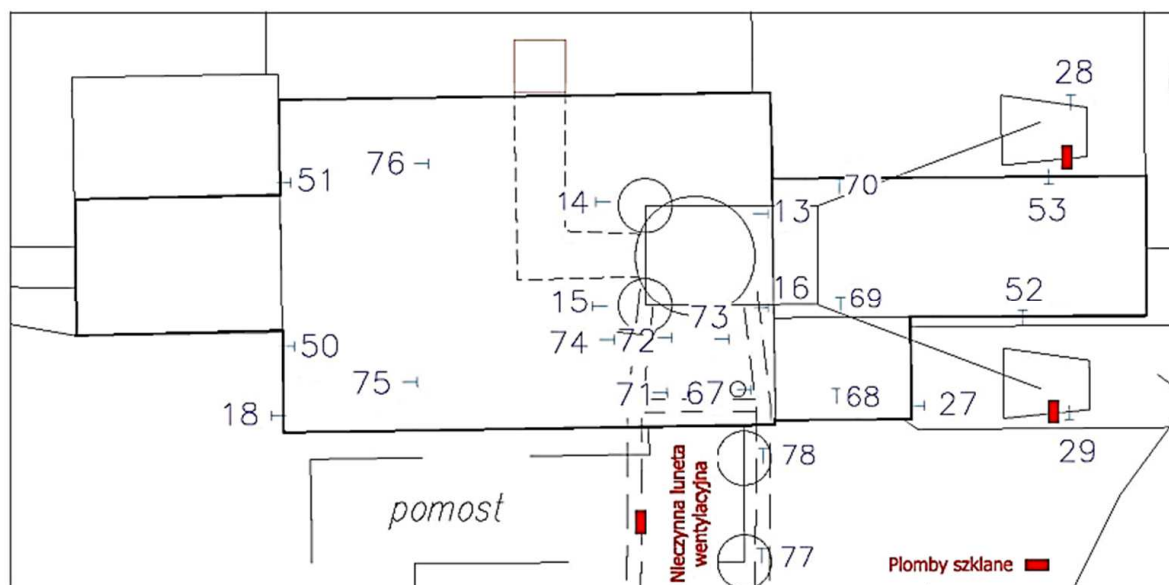
W rejonie analizowanego budynku nadszybia według dokumentacji geologicznej do głębokości 2,00 m od poziomu terenu występują grunty nasypowe składające się z żużla, cegły, kamienia, gliny i piasku. Poniżej znajduje się warstwa pyłów piaszczystych i glin pylastych o miąższości od 1,00÷2,00 m. Głębiej zalegają grunty mało i średnio spójne w postaci pyłów i glin pylastych w stanie plastycznym. W tej warstwie stwierdzono obecność wód gruntowych o znacznej agresywności.

Autorzy opracowania dokumentacji geologicznej zalecali posadowienie obiektu na palach. Jednak projektanci obiektu zastosowali posadowienie bezpośrednie w warstwie nasypów, która teoretycznie była najbardziej wytrzymała z zalegających warstw gruntowych. Decyzja ta wynikała również z obawy przed wpływem agresywnej wody gruntowej na trwałość pali.

4. Pomiary geodezyjne

Zarządca budynku od wielu lat prowadzi systematyczne pomiary geodezyjne w rejonie szybu. Punkty pomiarowe umieszczone są zarówno na budynku nadszybia jak i na posadzkach a ich szczegółową lokalizację przedstawiono na rys. 3. Z uzyskanych pomiarów wynika, że największe przemieszczenia pionowe wystąpiły w następujących punktach pomiarowych:

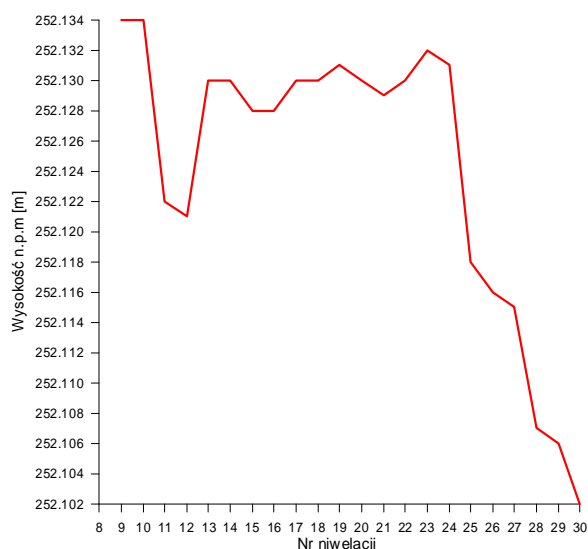
- 52 – znajdujący się w rejonie ściany leżącej w osiach C i 1÷2; sumaryczne przemieszczenie równe 1,9 cm,
- 53 – znajdujący się w rejonie ściany leżącej w osiach B i 1÷2; sumaryczne przemieszczenie równe 2,1 cm,
- 67 – w bezpośrednim sąsiedztwie oparcia słupa zlokalizowanego w osiach D i 3 na lunecie wentylacyjnej; sumaryczne przemieszczenie równe 3,1 cm.



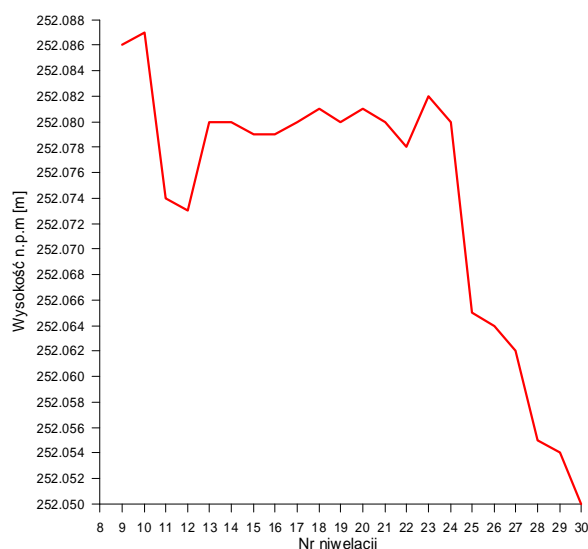
Rys. 3. Lokalizacja punktów pomiarowych oraz plomb w rejonie budynku nadszybia

W pozostałych punktach pomiarowych nie stwierdzono znaczącego wzrostu osiadania. Punkty pomiarowe o numeracji wyższej niż 67 zostały wprowadzone po zaistniałym przemieszczeniu się segmentu kanału wentylacyjnego.

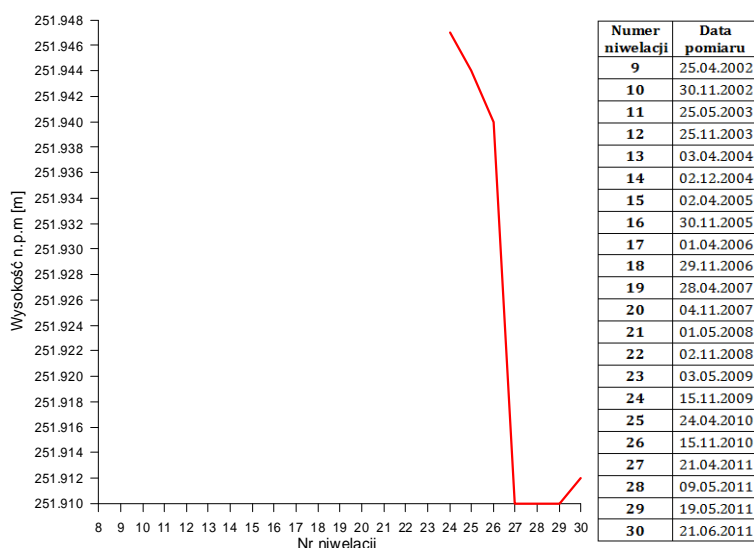
Z analizy pomiarów geodezyjnych wynika, że proces osiadania nasilił się w okresie wiosennym 2010 r. (rys. 4÷6).



Rys. 4. Niwelacja punktu pomiarowego nr 52



Rys. 5. Niwelacja punktu pomiarowego nr 53



Rys. 6. Niwelacja punktu pomiarowego nr 67

4. Ocena stanu technicznego budynku nadszybia

Po zaistniałym przemieszczeniu się części lunety wentylacyjnej przeprowadzona została wizja lokalna, która obejmowała swoim zakresem bezpośredni obszar wokół szybu, kanału wentylacyjnego i budynku nadszybia. Przeprowadzone obserwacje oraz pomiary wymiarów geometrycznych analizowanych obiektów pozwoliły dokonać oceny stanu technicznego budynku nadszybia. Na podstawie przeprowadzonej wizji stwierdzono:

- przemieszczenie pionowe segmentu L-1 lunety wentylacyjnej względem głowicy szybu – rys. 7,
- ścięcie śrub w połączeniu rygla przybudówki z słupem budynku nadszybia w osiach 3 i C – rys. 8,
- uszkodzenia połączenia słupa ramy w osiach D i 3 z fundamentem – wygięcie śruby fundamentowej – rys. 9,

- uszkodzenia posadzki w rejonie oparcia słupów nośnych budynku nadszybia na kanale wentylacyjnym,
- klawiszowanie żelbetowych płyt ściennych – odspojenia i niewielkie przemieszczenia poziome i pionowe – rys. 10,
- nieprawidłowe podparcie płyty korytkowej przybudówki w osi 3 – rys. 11,
- odspojenia elementów ściennych od cokołu budynku,
- zatrzymanie procesu rozwarstwiania się szczelin dylatacyjnych kanału wentylacyjnego na podstawie analizy zamontowanych plomb – rys. 12.



Rys. 7. Przemieszczenie pionowe na łączniku segmentu L-1 kanału wentylacyjnego z głowicą szybową zarejestrowane od strony szybu



Rys. 8. Naprawione połączenie rygla przybudówki z słupem budynku nadszybia w osiach 3 i C

Rys. 9. Połączenie słupa ramy z segmentem L-1 kanału wentylacyjnego



Rys. 10. Klawiszowanie płyt ściennych, odspojenia i niewielkie przemieszczenia poziome i pionowe



Rys. 11. Nieprawidłowe podparcie płyty korytkowej przybudówki w osi 3



Rys. 12. Pęknięcie na łączniku dylatacyjnym segmentu L-2 kanału wentylacyjnego

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można stwierdzić, że uszkodzenia przedstawionych połączeń spowodowane były niekontrolowanym przemieszczeniem i rotacją segmentu L-1 kanału wentylacyjnego oraz osiadaniem fundamentów w osiach 0 i 1. Wykonane pomiary geometrii głównych elementów konstrukcyjnych budynku nadszybia nie wykazały znaczących odchyłek wymiarowych od założeń projektowych. Zaobserwowane klawiszowanie płyt ściennych oraz nieprawidłowe podparcie jednej z płyt korytkowych związane jest z niestarannie prowadzonymi pracami wykonawczymi analizowanego obiektu.

Wyniki prowadzonych systematycznie pomiarów geodezyjnych oraz brak uszkodzeń plomb wskazują, że czynniki wywołujące przemieszczanie się poszczególnych segmentów kanału wentylacyjnego jak i osiadanie fundamentów ustabilizowały się. Niemniej jednak ze względu na złożone warunki geotechniczne jak i zróżnicowany sposób posadowienia fundamentów nie można wykluczyć, że proces osiadania nie wystąpi ponownie.

5. Obliczenia sprawdzające nośność wybranych elementów konstrukcyjnych

Przeprowadzone obliczenia kontrolne miały na celu sprawdzenie w jakim stanie wyteżenia znajdują się wybrane elementy konstrukcyjne budynku nadszybia po zaistniałym przemieszczeniu się części lunety wentylacyjnej.

Zestawienie obciążeń analizowanego obiektu budowlanego opracowano na podstawie archiwalnego projektu technicznego z 1974 roku. Wymienione w niniejszej dokumentacji wytyczne do projektowania poddane zostały licznym nowelizacją. W obecnie obowiązujących normach [1, 2, 3] wprowadzono istotne zmiany wymagań w zakresie trwałości projektowanych konstrukcji. Główne zmiany związane były z ustaleniem nowych wartości charakterystycznych obciążeń śniegiem i wiatrem, korektą współczynników ekspozycji oraz znacznym zwiększeniem wartości współczynników obciążeniowych. Zestawienie obciążeń w niniejszej analizie wykonano zgodnie z obecnie obowiązującymi normami i przepisami. Ze względu na zmianę funkcji szybu z wentylacyjno-wydechowej na wentylacyjno-wdechową w zestawieniu obciążeń pominięto obciążenie depresją powietrzną budynku nadszybia. Obciążenie to wywierało znaczący wpływ na konstrukcję budynku, gdyż założone obciążenie depresyjne wynosiło aż $3,9 \text{ kN/m}^2$.

Obliczenia statyczne przeprowadzono za pomocą programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012. W modelu obliczeniowym uwzględniono nierównomierne osiadanie fundamentów budynku nadszybia. W wyniku nierównomiernego osiadania podpór następuje inna redystrybucja sił i odkształceń w głównych elementach konstrukcyjnych. W obliczeniach pominięto współpracę płyt korytkowych oraz płyt ściennych z głównymi elementami konstrukcyjnymi.

Obliczenia sprawdzające nośność elementów konstrukcyjnych wykazały, że największe przekroczenie warunków nośności występuje w elementach skratowania ram głównych w osiach 4 i 5. Warunki nośności krzyżulców ściskanych zostały przekroczone w tym miejscu o 46%. Nieco mniejsze przekroczenie warunków nośności, sięgające 31%, otrzymano dla elementów skratowania dachu w osiach 4 i 5. Obserwacja wytypowanych przez obliczenia elementów i połączeń nie stwierdziła ich nadmiernych wyteżeń. Sugeruje to, że płyty ścienne i dachowe tworzą usztywniającą tarczę głównej konstrukcji stalowej. Wyteżenie głównych elementów konstrukcyjnych słupów i rygli nie przekracza warunków normowych. Jest ono jednak na tyle duże (87% dla rygla ramy w osi 5), że dalsze osiadanie kanału wentylacyjnego może doprowadzić do przekroczenia stanów granicznych nośności i użyteczności głównych elementów budynku. Wykonane obliczenia wykazały również, że nierównomierne osiadanie fundamentów spowodowało wzrost siły rozciągającej działającej na połączenie rygla przybudówki ze słupem budynku nadszybia w osiach 3 i C o 360%, co tłumaczy uszkodzenie niniejszego połączenia.

6. Wnioski i uwagi końcowe

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań, pomiarów, oględzin oraz obliczeń sprawdzających stwierdzono, że obecny stan przemieszczenia segmentu kanału wentylacyjnego nie stwarza zagrożenia awarią budynku nadszybia. Niemniej jednak wykonane obliczenia statyczne wykazały, że dalszy przyrost osiadania znacząco obniży nośność głównych elementów konstrukcyjnych i może doprowadzić do awarii konstrukcji. Zalecono, aby w jak najkrótszym czasie zabezpieczyć lunetę wentylacyjną oraz fundamenty leżące na osiach C i D w południowej części budynku nadszybia przed ponownym osiadaniami. Ze względu na pozytywne doświadczenia kopalni w zakresie wzmacniania ośrodka gruntowego pod fundamentami w analizowanym rejonie poprzez mikropalowanie iniekcyjne, zalecono wykorzystanie tej metody do zapobiegania osiadaniu fundamentów budynku nadszybia. Zastosowanie proponowanej technologii umożliwi również rektyfikację analizowanego obiektu.

Ze względu na istniejące zagrożenie awarią obiektu zalecono stały monitoring zachowania się poszczególnych elementów konstrukcyjnych poprzez pomiary geodezyjne oraz obserwację zamontowanych plomb na lunecie wentylacyjnej. Wskazano również miejsca montażu dodatkowych plomb i geodezyjnych punktów pomiarowych.

Zalecono wykonanie przeglądu połączeń płyt żelbetowych prefabrykowanych ściennych i dachowych z elementami konstrukcji stalowej. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości lub uszkodzeń nakazano niezwłoczne dokonanie naprawy. Obliczenia wykazały, że płyty ścienne i dachowe zapewniają dodatkowe usztywnienie budynku.

Literatura

1. PN-EN 1991-1-3:2005: Oddziaływanie na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
2. PN-EN 1991-1-4:2008: Oddziaływanie na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
3. PN-EN 1993-1-1:2006: Projektowanie konstrukcji stalowych. Przepisy ogólne i przepisy dla budynków.