

**PROBLEMY PRZYGOTOWANIA I REALIZACJI  
INWESTYCJI BUDOWLANYCH  
Puławy 18-20 października 2010 r.**

---

**KRYTYCZNIE O MONITORINGU BEZPIECZEŃSTWA  
KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH**

*Jerzy Kowalewski<sup>1</sup>*

**STRESZCZENIE**

The article critically evaluated the technical usability of the offered and installed systems for monitoring the building structure safety. It is unethical and dangerous to present monitoring systems as ensuring proper monitoring and evaluation of building structures. It is unacceptable to depart from the rule of the building maintenance which is required by law. Monitoring system may be an additional source of valuable knowledge concerning constructions in situ.

**1. WPROWADZENIE**

Po katastrofie hali w Katowicach powstało wiele publikacji oraz ofert systemów dotyczących monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Zabiegi lobbystyczne doprowadziły do tego, że w 2009 r. w Rozporządzeniu o warunkach jakim powinny odpowiadać budynki wprowadzono dodatkowy ustęp zalecający wyposażanie konstrukcji w urządzenia do stałej kontroli przemieszczeń, odkształceń i naprężeń.

Charakterystyczną cechą reklamowanych systemów monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych jest epatowanie się rozwiązaniami elektronicznymi i informatycznymi. Brak jest natomiast informacji o „budowlanych” zasadach i podstawach działania takich systemów albo informacje takie są na bardzo niskim poziomie.

Celem referatu nie jest krytyka stosowania współczesnych rozwiązań i urządzeń do prowadzenia pomiarów wielkości charakteryzujących zachowanie się eksploatowanych obiektów budowlanych. Referat ma ostrzegać przed przedstawianiem i traktowaniem systemów opartych na takich pomiarach, jako generujących automatycznie wiedzę o stanie bezpieczeństwa konstrukcji.

Brak jest dowodów, że oferowane systemy są wiarygodne i skuteczne w zakresie automatycznej oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Bezskrytyczne propagowanie przez środowiska zawodowe systemów monitoringu może prowadzić do groźnych skutków społecznych polegających m.in. na zaniechaniu przeglądów i ocen obiektów budowlanych realizowanych w tradycyjny sposób.

**2. KATASTROFA HALI W KATOWICACH**

Dla uzasadnienia stosowania urządzeń do monitoringu konstrukcji budowlanych często przywołuje się katastrofę hali w Katowicach. To tragiczne wydarzenie wykorzystywane jest zarówno przez typowe firmy komercyjne jak i instytucje i osoby o uznanym autorytecie. Oto przykłady: „*Niedawne katastrofy budowlane (m.in. zawalenie się katowickiej hali MTK) oraz*

---

<sup>1</sup> Mgr inż. Jerzy Kowalewski – Instytut Techniki Budowlanej Warszawa

stany zagrożenia pojawiające się w budynkach użyteczności publicznej sprawiły, że zaczęto jeszcze intensywniej szukać narzędzi skutecznie zabezpieczających konstrukcje budowlane.” „Takim tragicznym przykładem jest choćby ostatnia katastrofa w Katowicach, której można było uniknąć monitorując w sposób ciągły stan wyężenia konstrukcji” albo artykuł pt.: System monitorowania elementów konstrukcji pod względem przekroczenia stanów granicznych nośności i/lub użytkowania ze zdjęciem hali w Katowicach po katastrofie.

Wykorzystywanie tragicznego wydarzenia i emocji społecznych z tym związanych nie ma nic wspólnego z merytorycznym uzasadnieniem sensowności stosowania monitoringu konstrukcji budowlanych i może budzić wątpliwości, co do etycznej strony takiego postępowania.

### 3. ELEKTRONIKA I INFORMATYKA

Z ofert i opisów systemów monitorujących wynika, że ich najważniejszą cechą są elektroniczno-informatyczne charakterystyki [1]. W systemach monitorujących wykorzystywane są urządzenia pomiarowe: tensometryczne, interferometryczne, piezoelektryczne, optyczne (metody koherentne i niekoherentne), światłowodowe typu FBG (Fiber Bragg Grating), radarowe, laserowe, mikrofalowe, zdalne, bezdotykowe i wiele innych. Dla gromadzenia i przesyłania danych stosowane są relacyjne bazy danych, łącza światłowodowe, transmisje bezprzewodowe itd. Używane są GPS, transmisje satelitarne, systemy SHM (Structural Health Monitoring) itp. W tytułach kładzie się nacisk na technologiczną stronę zagadnienia np. „System monitorowania konstrukcji z zastosowaniem filtra modalnego”, „System monitorowania konstrukcji w oparciu o wibrotermografię”, „Monitorowanie konstrukcji mostowych z wykorzystaniem wysokoczęstotliwościowych pomiarów GNSS (Global Navigation Satellite System)” i in. Nie ulega wątpliwości, że w sferze ofertowo-reklamowej systemów monitorujących bezpieczeństwo konstrukcji budowlanych zaprezentowane są najnowsze osiągnięcia elektroniki i informatyki.

Jeżeli kogoś nie przekonają te specjalistyczne pojęcia to może zostanie zachęcony do zastosowania systemu monitorującego stwierdzeniem, że „Jednostka Centralna może być wyposażona w dodatkowe elementy sygnalizacyjne tj. syreny, koguty, sygnalizatory świetlne” oraz zobaczy na własne oczy czerwono-żółto-zielone urządzenie, które wchodzi w skład systemu (rys. 1).



**Rys. 1.** Urządzenie sygnalizacyjne zagrożenia wchodzące w skład dostarczanego systemu monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych

Wszystkie systemy są obsługiwane i sterowane przez komputery, które jak powszechnie wiadomo nie mylą się. W efekcie obowiązujące jest hasło „śpij spokojnie komputer czuwa”.

### 4. PRZYKŁADY DO MONITORINGU

Byłoby dobrze gdyby rozważania o monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych nawiązywały do sytuacji znanych z praktyki budowlanej. Przykłady konstrukcji budow-

lanych [2, 3], które w ramach działalności ekspertyzowej Instytutu Techniki Budowlanej zostały krytycznie ocenione byłyby dobrym polem do zaprezentowania metodologii monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji oraz efektów i korzyści, jakie można osiągnąć dzięki monitoringowi.

W murowanej ścianie trójwarstwowej na długości 20 m uległa zawaleniu warstwa elewacyjna. Oceniono, że przyczyną awarii było mimośrodowe ustawienie warstwy elewacyjnej w stosunku do ściany fundamentowej oraz mała nośność elementów łączących warstwę elewacyjną z warstwą konstrukcyjną.

W żelbetowej konstrukcji dużego, nadziemnego, wielopoziomowym garażu nieprawidłowo wykonano dylatacje. W efekcie powstawały zarysowania m.in. we wspornikach słupów, zmiany korozyjne i ciągła destrukcja elementów konstrukcyjnych. W ramach kolejnych ekspertyz zalecono wyłączenie z eksploatacji najwyższej kondygnacji garażu a następnie trudne do realizacji i kosztowne roboty naprawcze.

Drewniana konstrukcja dachu składa się z 16 łuków z drewna klejonego i ściągow stalowych. W wyniku wieloletniej eksploatacji i destrukcji uległo uszkodzeniu jedno połączenie ściągu z łukiem. W efekcie nastąpiło zakłębienie się powierzchni dachu i groźba całkowitego runięcia dachu.

Stalowe wiązary dachowe bez blach węzłowych były stosowane, jako typowa konstrukcja w salach gimnastycznych szkół. Wystąpiły przypadki runięcia dachów w takich obiektach. Przyczyną były naprężenia rozciągające, które pojawiały się w spoinach pachwinowych. Taka sytuacja miała miejsce na skutek nietypowych odkształceń ceowników stanowiących pasy wiązarów.

Wszystkie wymienione wyżej przykłady konstrukcji murowanej, żelbetowej, drewnianej i stalowej [2, 3] były przedmiotem badań, analiz i ocen w Instytucie Techniki Budowlanej. Dla wymienionych wyżej przypadków trudno jest znaleźć coś odpowiedniego w reklamowanych systemach monitorujących. Opisy oferowanych systemów zawierają informacje, co najwyżej o pomiarach ugięć, drgań i temperatury konstrukcji. Próżno szukać informacji, w jaki sposób monitorować połączenie murowanych warstw elewacyjnej i konstrukcyjnej, jak kontrolować rysy we wspornikach słupów żelbetowych i stopień destrukcji zbrojenia i betonu, jak oceniać poprawność połączenia stalowego ściągu z drewnianym łukiem, jak monitorować naprężenia w spoinach spawanych.

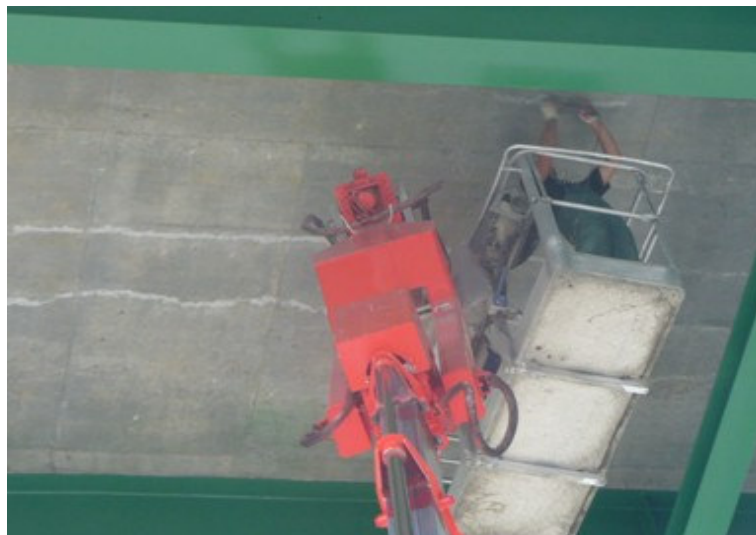
Trzeba pamiętać, że monitorowanie powinno być wykonane dla istniejących konstrukcji, powinno być stosowane na masową skalę, dla bardzo wielu elementów, musi być skuteczne i niezawodne w długim okresie czasu, koszty powinny być relatywne do wartości konstrukcji i efektów, które uzyskuje się w wyniku monitoringu.

Nieodparte jest wrażenie, że twórcy i apologety systemów monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji zajmują się najchętniej obiektami najmniej wymagającymi tego typu opieki a zakres pomiarów, badań, analiz i ocen za pomocą tych systemów niewiele ma wspólnego ze stanem technicznym konstrukcji.

Dobrym przykładem takiej filozofii jest monitoring nowego mostu w Puławach, przedstawiany, jako jedno z najlepszych rozwiązań tego typu [4]. System monitoringu jest zainstalowany na nowym moście w Puławach, mimo że tuż obok znajduje się stary most (także eksploatowany), którego stan techniczny jest o wiele gorszy niż nowego mostu. W czasie gdy oglądałem most i wizualne efekty jego monitoringu (rys. 2) prowadzone były prace naprawcze płyty żelbetowej mostu (rys. 3). Pracownicy prowadzący roboty nic nie wiedzieli o systemie monitoringu a naprawy wykonywali ponieważ uszkodzenia zostały zauważone w trakcie przeglądu.



**Rys. 2.** Nowy most w Puławach z systemem monitoringu



**Rys. 3.** Nowy most w Puławach, naprawa płyty żelbetowej

W systemie monitorowana hala Olivia [5] wykorzystywanych jest 68 czujników do pomiaru przemieszczeń, odkształceń i temperatury oraz 6 kamer rejestrujących widoki wewnątrz i na zewnątrz hali. System ma reagować i sygnalizować (stan ostrzeżenia), gdy mierzone przemieszczenia przekroczą 30% wartości granicznej wyznaczonej dla normowego poziomu śniegu zalegającego na konstrukcji dachu. Następny jest sygnalizowany poziom (stan awarii), gdy przemieszczenie i odkształcenia dachu przekroczą 80% swoich wartości granicznych. Jak z tego widać system nastawiony jest na ważenie śniegu (obciążenia) na dachu.

## **5. MERYTORYCZNE PODSTAWY**

Podstawą monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych powinny być merytoryczne zasady i kryteria oceny zagrożeń konstrukcji budowlanych [6].

Obiekty budowlane muszą spełniać wymagania podstawowe w tym wymaganie dotyczące bezpieczeństwa konstrukcji. Praktyczną egzemplifikacją tego wymagania jest spraw-

dzenie czy konstrukcja i jej wszystkie elementy spełniają normowe wymagania stanu granicznego nośności. Warunek stanu granicznego nośności wyrażony jest wartościami sił (naprężeń) symbolizującymi obciążenie i nośność. Porównywane obciążenie i nośność są wartościami obliczeniowymi. Przy ich wyznaczaniu stosowane są metody, parametry i współczynniki ściśle określone w poszczególnych normach. Dla tak określonych wartości nieuprawnione są żadne oszacowania, co do rzeczywistych wartości sił wewnętrznych i nośności. Podane w normach warunki stanu granicznego nośności są wynikiem wiedzy i doświadczenia dotyczącego konstrukcji budowlanych a także konsensusu między stronami korzystającymi z tych norm.

W trakcie monitoringu konstrukcji budowlanej mierzone są wielkości przemieszczeń i ewentualnie odkształceń a dla oceny stanu konstrukcji konieczne jest dysponowanie granicznymi wartościami przemieszczeń. Graniczne wartości przemieszczeń powinny być wyznaczone z warunków stanu granicznego nośności [1, 6]. Zagadnienie wyznaczenia granicznych przemieszczeń równoważnych granicznym warunkom nośności nie jest ani łatwe ani oczywiste. Nie ma w tym zakresie praktycznie żadnych doświadczeń ani narzędzi np. takich jak programy wspomagające projektowanie i sprawdzające normowe wymagania stanów granicznych nośności.

Dla konstrukcji budowlanych trzeba uwzględnić spełnienie wymagań nośności dla sił poprzecznych i sił skręcających, a także sprawdzić stateczność oraz wyboczenie lokalne i globalne, konieczne jest sprawdzenie nośności połączeń nitowanych, śrubowych oraz spawanych itp. We wszystkich wymienionych przykładach siły (naprężenia) nie powodują przemieszczeń (odkształceń), które można skutecznie mierzyć. Przykładów takich jak podane wyżej wielkości można wymienić jeszcze wiele. Skuteczne metody pomiaru występują jedynie dla ugięć pod wpływem momentów zginających. W praktyce monitoring dotyczy tylko wielkości przemieszczeń a wszystkie inne wielkości trudnomierzalne znajdują się poza zasięgiem monitoringu.

Zasygnalizowane wyżej problemy stanowią zasadnicze kwestie, których poprawne rozwiązanie stanowić będzie o sensowności monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Wartość monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych zależy od rzetelnych analiz z zakresu budownictwa. Konieczne są specjalne rozwiązania i ustalenia wynikające z mechaniki budowli, wytrzymałości materiałów, żelbetu i wielu innych dziedzin. Tylko wtedy monitoring będzie mógł być uznany za wartościowe narzędzie dla oceny bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych.

## 5. WNIOSKI

Monitorowanie bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych jest trudną sztuką.

Brak jest przykładów skutecznego monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Brak jest doświadczeń oraz wartościowych merytorycznie opracowań teoretycznych i praktycznych dotyczących monitoringu.

Doskonałe rozwiązania, jakie oferuje elektronika i informatyka mogą być dobrym i pomocnym narzędziem dla realizacji pomiarów oraz analizy i przesyłania informacji. Nie będą one jednak stanowiły o poprawności, skuteczności i jakości monitoringu.

Oferowane i działające systemy monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych umożliwiają mierzenie, obserwowanie i rejestrowanie danych o wybranych (niektórych) parametrach pracy konstrukcji budowlanych. Dane takie są cennym źródłem informacji o pracy konstrukcji w warunkach naturalnych. W wyniku analizy takich danych można uzyskać wiedzę i doświadczenie, które w przyszłości będzie owocowało zwiększonym bezpieczeństwem wykonywanych i eksploatowanych konstrukcji budowlanych.

Tylko w minimalnym stopniu można na podstawie takich danych określać na bieżąco spełnianie wymagań w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji.

Nieetyczne i groźne jest przedstawianie systemów monitoringu, jako gwarantujących kontrolę i właściwą merytorycznie ocenę konstrukcji budowlanych. Tworzenie złudzeń pod hasłem "śpij spokojnie komputer czuwa" może prowadzić do zaniedbań, których skutkiem mogą być realne niebezpieczeństwa i szkody społeczne.

Dla kontroli i oceny konstrukcji w Prawie budowlanym przewidziano obowiązkowe, okresowe przeglądy. Nie wolno odstępować od takich przeglądów niezależnie od tego, jakie efektywnie wyglądające systemy monitorujące zostały zainstalowane na obiekcie.

### Literatura

- [1] Kowalewski J., Sulik P.: *Wiarygodność i skuteczność monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych*. XI Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego, Warszawa 2010
- [2] Kowalewski J.: *Monitorowanie zagrożeń konstrukcji budowlanych z wykorzystaniem automatycznych systemów*. X Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego, Warszawa Miedzeszyn, 22-24 kwietnia 2008
- [3] Kowalewski J.: *Automatyczne monitorowanie konstrukcji budowlanych*. Przegląd Budowlany 7-8/2009
- [4] Biliszczyk J., Barcik W., Sieńko R.: *System monitorowania mostu w Puławach*. Mosty 2009/04
- [5] Wilde K., Rucka M., Chróścielewski J., Miśkiewicz M., Jasina M., Malinowski M., *System monitoringu technicznego hali sportowo-widowiskowej „Olivia” w Gdańsku (SMT OLIVIA-2)*, 55 konferencja naukowa, Problemy naukowo-badawcze budownictwa, Kielce-Krynica, 20-25 września 2009 r.
- [6] Kowalewski J.: *Monitorowanie bezpieczeństwa*. Builder 12/2009