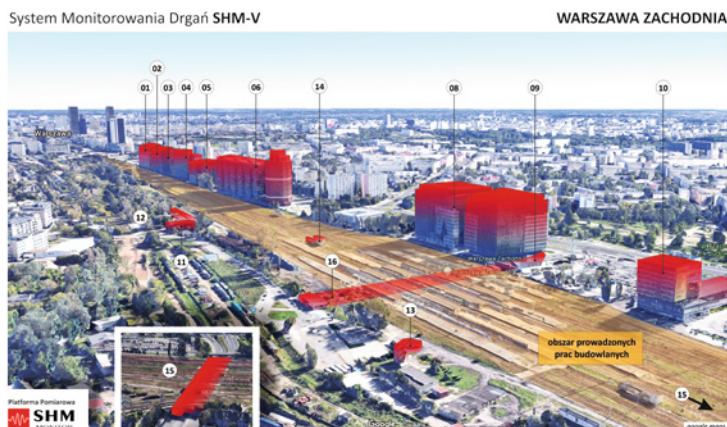


# Największy system monitorowania drgań w Polsce

tekst: **ŁUKASZ BARGENDA**, Budimex SA, **TOMASZ HOWIACKI**, SHM System Sp. z o.o. Sp. k.

Prace w ścisłej zabudowie na obszarach miejskich to nie lada wyzwanie dla wykonawców. Roboty budowlane, obejmujące m.in. pracę ciężkiego sprzętu, zagęszczarek wibracyjnych, wbijanie pali prefabrykowanych w podłoże gruntowe, rozbiórki czy wyburzenia, stanowią liczne źródła drgań przenoszących się na sąsiadujące z budową obiekty. Wykonawcy prac muszą zatem zadbać nie tylko o bezpieczeństwo samego placu budowy, ale także o kontrolę oddziaływań dynamicznych z punktu widzenia ich niekorzystnego wpływu na zlokalizowane w pobliżu konstrukcje. Bardzo istotne jest również zapewnienie dobrych relacji z właścicielami i zarządcami sąsiadujących obiektów.



Wizualizacja obszaru prowadzonych prac budowlanych oraz monitorowanych konstrukcji, źródło: Google maps

Budimex w ramach prac związanych z przebudową stacji Warszawa Zachodnia musiał zmierzyć się z takim wyzwaniem na niespotykaną dotąd skalę. Wymagania postawione przed generalnym wykonawcą w programie funkcjonalno-użytkowym, ale przede wszystkim świadomość odpowiedzialności za prowadzone prace, zdecydowały o wdrożeniu automatycznego systemu monitorowania bezpieczeństwa konstrukcji obiektów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych prac. Pomiary drgań – wykonywane w trybie całodobowym przez siedem dni w tygodniu – prowadzone są obecnie podczas realizacji budowy, jednak system będzie pracować także po oddaniu inwestycji do eksploatacji.

Zgodnie z ustaleniami z firmą Budimex, w pierwszym etapie monitoringiem objęto 15 obiektów budowlanych, przy czym w docelowej konfiguracji w czasie rzeczywistym kontrolowanych będzie łącznie aż 20 obiektów. Część z nich to prestiżowe, istniejące biurowce, zlokalizowane przy Alejach Jerozolimskich. W grupie monitorowanych obiektów znajdują się nie tylko konstrukcje współczesne (m.in. nowoczesny budynek dworca), ale także te zabytkowe, np. nastawnia kolejowa (tzw. grzybek) wzniesiona w latach 60. XX w. czy też historyczna parowozownia. W drugim etapie

inwestycji czujniki zainstalowane zostaną na konstrukcjach nowo wzniesionych, np. w obrębie tunelu tramwajowego na poziomie -2.

System monitorowania drgań SHM-V w ramach przebudowy stacji Warszawa Zachodnia to największy tego typu system w Polsce i prawdopodobnie także w Europie – zarówno pod względem powierzchni kontrolowanego obszaru, jak czasu trwania pomiarów. Skuteczność wdrożonego rozwiązania pomiarowego zweryfikowano uprzednio w praktyce w ramach budów prowadzonych w centrum Krakowa i Łodzi.

Twórcą i dostawcą systemu monitorowania drgań jest firma SHM System z Krakowa.



Nowoczesny budynek dworca oraz historyczna nastawnia kolejowa w pobliżu stacji Warszawa Zachodnia, fot. Ł. Bargenda

## Charakterystyka systemu monitorowania drgań SHM-V

System monitorowania drgań SHM-V składa się z czujników drgań w postaci wysokiej jakości akcelerometrów piezoelektrycznych, lokalnych rejestratorów danych oraz serwera pomiarowego, na którym w sposób automatyczny dane są przetwarzane oraz wizualizowane. W ramach jednego punktu pomiarowego instalowane są jednocześnie trzy prostopadłe do siebie czujniki (jeden na kierunku pionowym Z, a dwa na kierunkach poziomych XY). Każdy punkt pomiarowy zabezpieczono stalową obudową, chroniącą urządzenia przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz zapewniającą odpowiednią estetykę w eksploatowanych obiektach.



Widok punktu pomiarowego w dyskretnej obudowie, zestawu czujników wewnątrz obudowy oraz schemat położenia czujników na pionowym elemencie konstrukcyjnym (np. ścianie fundamentowej)

Ze względu na dynamiczny charakter prowadzonych pomiarów (dane pobierane są z każdego czujnika z częstotliwością 1024 Hz), a zatem ogromną liczbę gromadzonych danych, opracowano specjalny program zarządzania wynikami pomiarów. Jest on obsługiwany przez internetową platformę SHM Monitor, umożliwiającą zapisywanie i analizowanie wyłącznie istotnych zdarzeń (wibrogramów) oraz dostarczanie użytkownikom informacji podanych w użytecznej i prostej do interpretacji formie.

Najważniejsze funkcjonalności systemu monitorowania drgań SHM-V w ramach przebudowy stacji Warszawa Zachodnia to:

- jednoczesny monitoring 20 obiektów budowlanych,
- 183 kanały pomiarowe,
- pomiary automatyczne realizowane w trybie 24/7,
- czteroletni okres pomiarowy,
- system wczesnego ostrzegania SMS,
- dostęp do aktualnych danych w czasie rzeczywistym,
- historyczna dokumentacja w całym okresie pomiarowym,
- obiektywne informacje na wypadek sporów sądowych,
- wzrost bezpieczeństwa placu budowy i obiektów sąsiadujących,
- generowanie oszczędności finansowych.

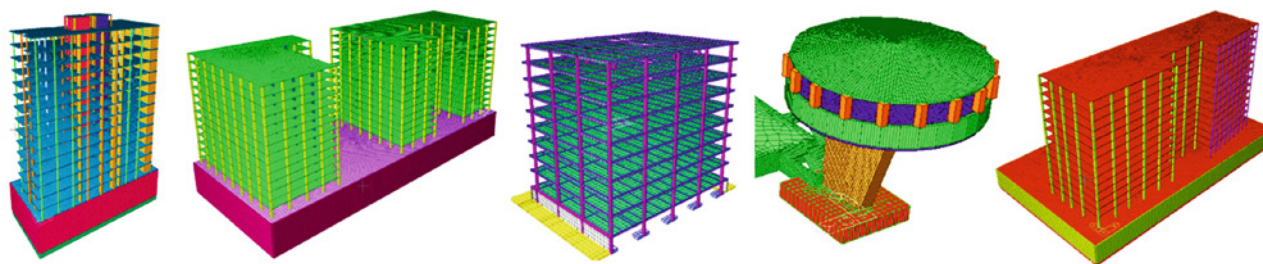
### System wczesnego ostrzegania, czyli realny wzrost bezpieczeństwa

W ramach inwestycji realizowanych na terenie Polski podczas monitorowania drgań obiektów budowlanych należy stosować wymagania polskiej normy PN-B-02170:2016-12, określającej sposoby oceny szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki. Norma wskazuje, w jaki sposób na podstawie pomiarów identyfikować stany zagrożenia konstrukcji, uwzględniające np. możliwość zarysowania, wystąpienia spękań, odpadania tynków czy też wystąpienia poważniejszych awarii elementów konstrukcyjnych.

Należy podkreślić, że zapisy polskiej normy (a w szczególności skale wpływów dynamicznych SWD) dotyczą tylko i wyłącznie określonych grup obiektów budowlanych, do których nie zaliczają się współczesne konstrukcje żelbetowe, wielokondygnacyjne, o układzie płytowo-słupowym. W przypadku budynków, których charakterystyki konstrukcyjne (np. rodzaj materiału, stan techniczny, gabaryty) nie są objęte zapisami polskiej normy, tj. dla których wprost nie zostały podane przez normodawcę wartości graniczne (alarmowe) przyspieszeń drgań, wartości te powinny zostać wyznaczone przez projektanta lub (i) eksperta na podstawie indywidualnej analizy. Współcześnie taka analiza powinna być prowadzona z wykorzystaniem przestrzennych, zaawansowanych modeli konstrukcji budowlanych metodą elementów skończonych (MES). Na potrzeby systemu monitorowania drgań w ramach przebudowy stacji Warszawa Zachodnia symulacje numeryczne zostały przeprowadzone dla wybranych, nietypowych obiektów w celu określenia ich indywidualnych wartości alarmowych.

Dzięki pomiarom prowadzonym w trybie 24/7 możliwe jest wdrożenie systemu wczesnego ostrzegania o wszystkich zidentyfikowanych zagrożeniach. Po zarejestrowaniu wartości przekraczających zdefiniowane wartości graniczne system natychmiast informuje o tym fakcie osoby upoważnione (np. kierownictwo budowy) z wykorzystaniem wiadomości SMS. To współczesny sposób prowadzenia pomiarów, dostarczający realnych korzyści w zakresie poprawy bezpieczeństwa i generujący wymierne oszczędności finansowe. Możliwość natychmiastowej reakcji (np. wstrzymanie prac, zmiana technologii robót, wprowadzenie dodatkowych zabezpieczeń) pozwala na optymalizację prac budowlanych przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa, transparentnej, uczciwej strategii wykonawczej oraz dobrych relacji z właścicielami i zarządcami sąsiadujących obiektów.

Doświadczenie uczy, że koszty zapobiegania awariom są zawsze nieporównywalnie mniejsze niż koszty napraw po wystąpieniu ewentualnej awarii. Zainstalowany na zlecenie Budimeksu system monitorowania jest zatem wyrazem troski nie tylko o bezpieczeństwo istniejącej infrastruktury, ale ma także oczywiste uzasadnienie ekonomiczne. Dane pomiarowe zgromadzone przez system monitorowania SHM-V z wszystkich obiektów w czasie kilku lat eksploatacji stanowią ogromną, obiektywną dokumentację, na podstawie której rozstrzygane mogą być ewentualne spory sądowe. Warto także podkreślić, że bardzo często sama świadomość obecności systemu monitorowania może przyczynić się do eliminacji nieuzasadnionych roszczeń wobec generalnego wykonawcy. Fakt ten potwierdziły już liczne przykłady zastosowania systemów monitorowania drgań w Polsce.



Przykładowe modele numeryczne obiektów objętych monitoringiem dynamicznym, poddanych indywidualnej analizie, autorzy modeli: Jerzy Sendkowski, Tomasz Kasperek, Piotr Kasperek, SHM System