

## Metody fotogrametryczne w procesie oceny bezpieczeństwa konstrukcji chroniących operatorów maszyn

Jacek Karliński<sup>1</sup>, Paulina Działak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn, Politechnika Wroclawska  
email: Jacek.karliński@pwr.edu.pl, paulina.dzialak@pwr.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W pracy przedstawiono metodykę przeprowadzania pomiarów fotogrametrycznych. Pomiary wykonano podczas badań eksperymentalnych konstrukcji chroniących operatorów samojezdnych maszyn górniczych. Opracowane wyniki pomiarów mogą służyć do weryfikacji badań symulacyjnych. Warunki i sposób przeprowadzenia prób niszczących, w zakresie oceny ochrony operatora przed skutkami obwałowania skał, przyjęto zgodnie z Dyrektywą Maszynową 2006/42/WE. Wymagania oraz kryteria oceny określono zgodnie z normą PN-92/G-59001. W badaniach fotogrametrycznych wykorzystano kamerę służącą do rejestracji zjawisk szybkozmiennych Phantom V12 oraz system do analizy ruchu TEMA Motion. Do wyznaczenia ugięć trwałych posłużył system TRITOP firmy GOM.

**SŁOWA KLUCZOWE:** fotogrametria, badania eksperymentalne, FOPS

### 1. Wprowadzenie

Obecnie metody numeryczne, a w tym metoda elementów skończonych, stosowane są powszechnie w procesie projektowania [1]. Istnieje również tendencja do wykorzystania badań symulacyjnych jako podstawy do oceny wyrobów lub ich dopuszczenia przez jednostki certyfikujące [2]. Istotne staje się więc, zapewnienie odpowiedniej wiarygodności wyników uzyskiwanych w analizach numerycznych. Na dokładność i wiarygodność uzyskanych w analizach numerycznych wyników, na etapie opracowania modelu obliczeniowego wpływa szereg czynników. Związane jest to m.in. ze stopniem uproszczenia modelu obliczeniowego pod względem geometrycznym, definicją warunków brzegowych (ich znajomością), opisem materiału oraz przyjętą metodą analizy. Uzyskane wyniki (w tym: opracowany model obliczeniowy oraz przyjęte do jego budowy założenia), można porównać, z pomiarami na obiekcie fizycznym. Można w ten sposób zweryfikować poprawność przyjętej metodyki modelowania i uzyskanych wyników.

Podstawowymi metodami eksperymentalnymi mogącymi służyć do oceny porównawczej wyników badań symulacyjnych są: tensometria oporowa oraz pomiary akcelerometryczne [1]. Szczególnie istotne są badania tensometryczne, umożliwiające porównanie wartości odkształceń. Pozwalają one również, podobnie jak badania akcelerometryczne, na identyfikację parametrów dynamicznych badanych obiektów.

W przypadku gdy kryteriami oceny konstrukcji są wielkości ugięć, można do weryfikacji wyników badań symulacyjnych wykorzystać fotogrametrię [2, 3].

W pracy przedstawiono metodykę oraz wyniki tego rodzaju badań. Ocenie poddano deformację kabiny chroniącej operatora (wartości ugięć) podczas próby niszczącej, polegającej na uderzeniu poszycia dachu obciążnikiem badawczym. Wyznaczono również trwałą deformację konstrukcji chroniącej.

### 2. Wyznaczenie ugięć podczas prób dynamicznych

Obraz rejestrowano za pomocą monochromatycznej kamery cyfrowej Phantom V12 firmy VISIONresearch, w rozdzielczości 800 na 600 pikseli z prędkością 11001 klatek na sekundę przy czasie ekspozycji wynoszącym 91  $\mu$ s.

Analizę obrazu wykonano przy wykorzystaniu systemu TEMA Motion dedykowanego do analizy obrazu [3] - obraz zarejestrowany podczas prób dynamicznych.

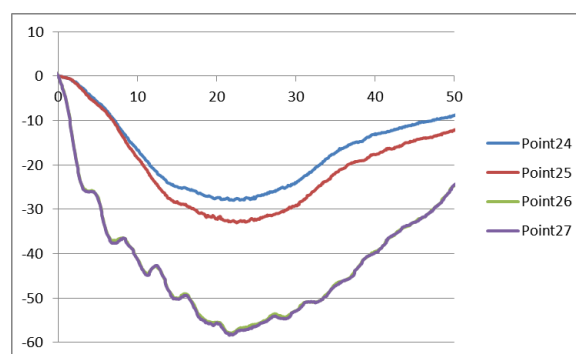
Na dokładność wyznaczenia przemieszczeń pionowych, podczas próby, wpływa rozdzielczość zarejestrowanego obrazu oraz sposób jego skalowania (pomiar odległości między dwoma wybranymi punktami lub umieszczenie w płaszczyźnie pomiaru wzorca o znanej długości) [2, 3].

Dokładność wyznaczenia położenia punktów na rejestrowanym obrazie jest uzależniona od sposobu ich oznaczenia oraz jasności poszczególnych pikseli [4] (rys. 1). Pewność i dokładność pomiarów można zwiększyć poprzez odpowiednie przygotowanie lakiernicze obiektu badań i wykorzystanie jako punktów pomiarowych wcześniej przygotowanych markerów.

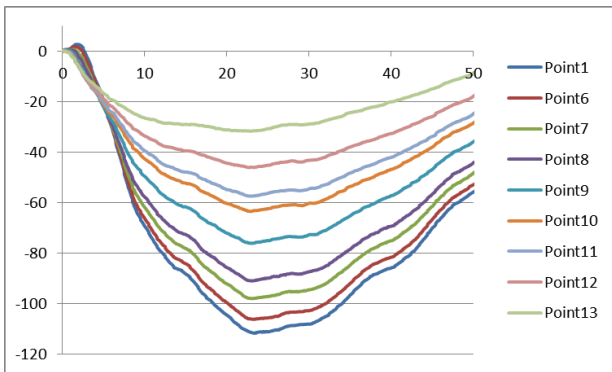


Rys. 1. Punkty pomiarowe

Po analizie wyskalowanego obrazu otrzymuje się przemieszczenia w wybranych punktach (rys. 2 i 3.)



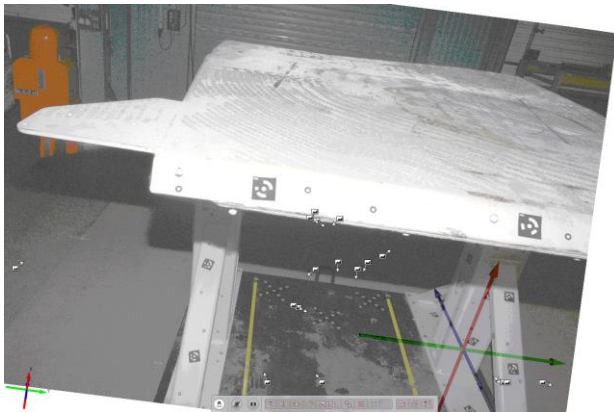
Rys. 2. Wykresy przemieszczeń pionowych w wybranych punktach [mm]



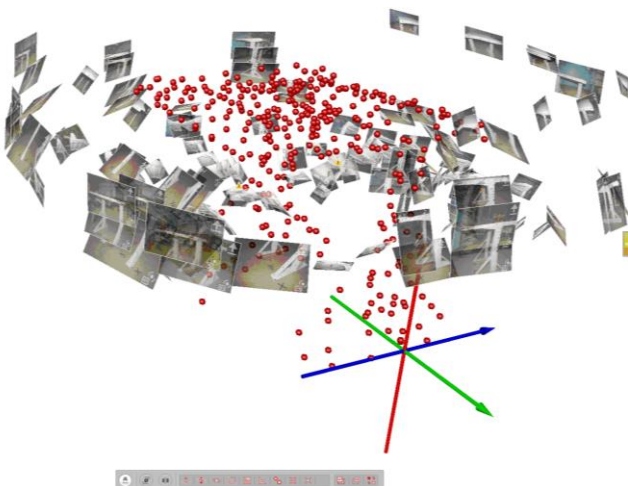
Rys. 3. Wykresy przemieszczeń pionowych w wybranych punktach [mm]

### 3. Wyznaczenie ugięć trwałych

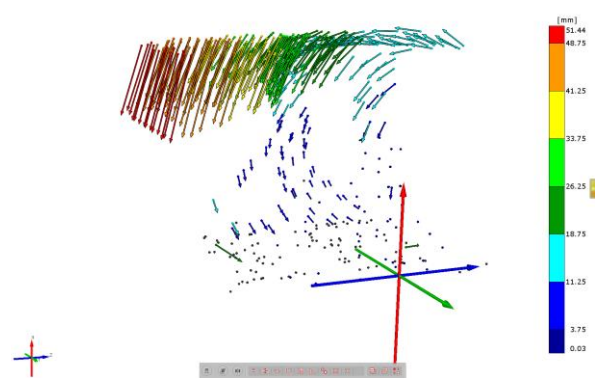
Ugięcia trwałe (rys. 6 i 7) wyznaczono wykorzystując system pomiarowy TRITOP firmy GOM. System służy do pomiaru współrzędnych w przestrzeni, co z kolei pozwala między innymi na wyznaczenie ugięć konstrukcji. W tym celu należy wykonać dwie serie pomiarowe, przed i po wykonaniu badań niszczących. W każdej z nich wyznacza się położenie punktów w przestrzeni. Dokładność pomiaru zależy od własności optycznych aparatu i jego obiektywu, użytych wzorców pomiarowych (rys. 4) oraz ilości zdjęć (rys. 5) na których widoczny jest konkretny punkt pomiarowy.



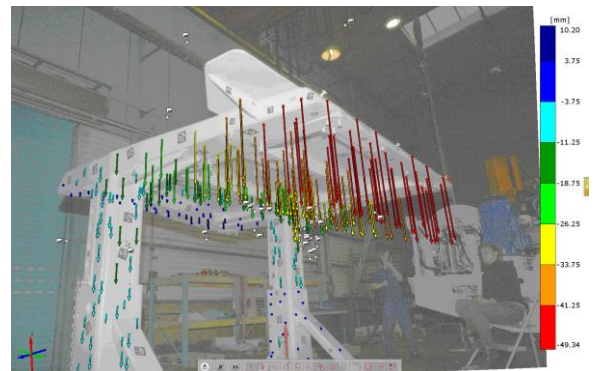
Rys. 4. Punkty niekodowane, punkty kodowane oraz wzorce pomiarowe użyte do pomiarów



Rys. 5. Położenie w przestrzeni punktów niekodowanych oraz zdjęcia wykonane podczas serii pomiarowej



Rys. 6. Przemieszczenie wypadkowe punktów niekodowanych



Rys. 7. Przemieszczenie pionowe punktów niekodowanych konstrukcji chroniącej operatora

### 4. Podsumowanie

Wykonanie pomiarów przemieszczeń, w dynamicznych badaniach eksperymentalnych z wykorzystaniem fotogrametrii, jest trudne i obciążone błędem. Podczas badań należy zachować odpowiednie warunki oświetlenia, co pozwala na zmniejszenie czasu ekspozycji. Istotne jest aby oświetlenie było zasilane prądem stałym (zmiany jasności). Błąd wyznaczenia przemieszczeń podczas prób dynamicznych w decydujący sposób zależy od rozdzielczości rejestrowanego obrazu oraz błędu pomiaru odcinka wzorcowego. Ważne jest również, aby w przypadku uderzeń, odpowiednio odizolować statyw kamery w celu wyeliminowania wpływu drgań. Należy odpowiednio dobrać kształt i kontrast markerów.

Ponadto, te same punkty niekodowane, można wykorzystać do wyznaczenia trwałych ugięć konstrukcji wykonując dwie serie pomiarowe: przed i po próbach dynamicznych.

*Praca została wykonana w ramach projektu INNOTECH-K2/IN2/30/182199/NCBR/12, finansowanego przez NCBiR.*

### Literatura

- [1] Rusiński E, Czmochoński J., Smolnicki T.: *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*. Oficyna PWR, Wrocław 2000.
- [2] Derlukiewicz D., Karliński J., Iluk A.: *The Operator Protective Structures Testing for Mining Machines*. Solid State Phenomena. Vol. 165, pp 256-261. doi:10.4028/www.scientific.net/SSP.165.256.
- [3] Dziopa Z., Stefański K.: *Using the high-speed camera as measurement device in the dynamic material tests*, Journal of Vibroengineering, vol. 14, nr 1, 2012, s. 22-26
- [4] Wróbel A.: *Zasady fotogrametrii*. Zeszyty naukowe AGH Inżynieria Środowiska, Kraków, 2005