

Fotogrametria dynamiczna w badaniach zderzeniowych foteli komunikacji zbiorowej

Dynamic photogrammetry applied in crash tests to inspect seats for public transportation

MICHAŁ WIECZOROWSKI
BARTOSZ GAPIŃSKI
MACIEJ SZYMAŃSKI
MIROSLAW GRZELKA
ARTUR RĘKAS
SEBASTIAN SZYMAŃSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.507

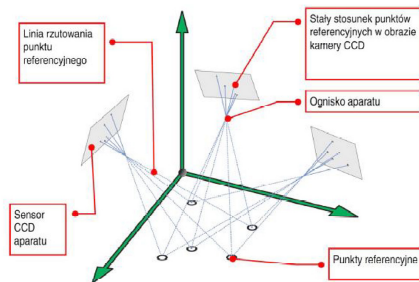
W artykule przedstawiono wykorzystanie fotogrametrii dynamicznej do badań zderzeniowych foteli stosowanych w komunikacji zbiorowej. Zaprezentowano ideę funkcjonowania fotogrametrii oraz opisano przykładowy system. Omówiono procedurę prowadzenia badań i zaprezentowano wyniki badań crash testów.

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria, badania zderzeniowe, próby dynamiczne, deformacja

In the paper application of dynamic photogrammetry for crash test regarding seats used in public transportation was presented. An idea how photogrammetry works was depicted and an exemplary system was shown. A measurement procedure was described and results of crash tests were briefly discussed.

KEYWORDS: photogrammetry, crash tests, dynamic tests, deformation

Bezstykowe systemy optyczne opierają się na pomiarze odbicia lub rozproszenia światła od powierzchni badanego elementu [5].



Rys. 1. Idea fotogrametrii

Wiele z nich wykorzystuje fotogrametrię, która zajmuje się pozyskiwaniem informacji dotyczących powierzchni i położenia obiektów na podstawie zdjęć wykonywanych za pomocą specjalnych aparatów [2–4, 10]. Fotogrametria (rys. 1) opiera się na analizie geometrycznej obrazu bazującej na triangulacji [6]. Ideą metody fotogrametrycznej jest otrzymanie współrzędnych punktów dzięki wykonanym zdjęciom z różnych stron i pod różnymi kątami patrzenia aparatu [9]. Im więcej zdjęć jest robionych z różnych ujęć, tym większa dokładność położenia danego punktu

w przestrzennym układzie [7]. Dzięki tej metodzie można analizować różne kształty, w tym powierzchnie swobodne, m.in. z pełną współpracą z danymi CAD [1, 8].

Badania w warunkach symulowanego zderzenia

Opracowanie konstrukcji fotela do komunikacji zbiorowej zawiera w sobie wiele różnych zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych. Zależą one od wymagań odbiorcy i zawierają ograniczenia narzucone przez zastosowane regulaminy i wytyczne. Najważniejszym testem potwierdzającym poprawność opracowanej konstrukcji jest uzyskanie dla fotela homologacji niezbędnej do jego dopuszczenia do użytkowania. W tym przypadku fotele muszą przejść rygorystyczne testy wytrzymałościowe i bezpieczeństwa podróżnego, testy mocowań siedzenia w pojeździe oraz testy mocowań pasów bezpieczeństwa. W badaniach statycznych do nieruchomego fotela przykładana jest siła, natomiast w testach dynamicznych badany fotel wraz z manekinami rozpędzany jest do określonej prędkości, a następnie gwałtownie zatrzymywany, co symuluje zderzenie. W obu przypadkach pomiar odbywa się w trakcie testu, czyli pomimo nazwy pomiary statyczny i dynamiczny to *de facto* pomiary dynamiczne. Dlatego przeprowadzono badania nad zastosowaniem metod fotogrametrycznych do identyfikacji deformacji i zachowania podczas wymuszeń dynamicznych. Z punktu widzenia producenta foteli, jakim jest firma STER, celowe jest zastosowanie urządzenia pomiarowego pozwalającego na pełną analizę zmian geometrii fotela i jego wyposażenia w trakcie prowadzonego testu.

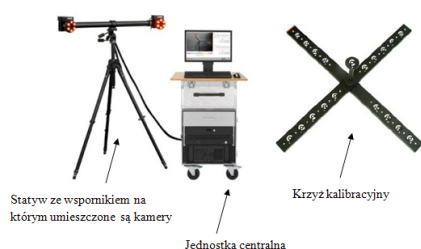
Badania dynamiczne przeprowadzono na torze prób pozwalającym na symulację zderzenia. Zainstalowany w OBR STER tor pozwala na rozpędzenie wózka z badanymi fotelami do prędkości 50 km/h. Jednak w trakcie badań rozpędzany wózek do prędkości ok. 33–34 km/h tak, by spełnione były wymagania stosownych wytycznych mówiących o prędkości co najmniej 32 km/h. Efektem badania jest określenie, jakich obrażeń w momencie kolizji może doznać pasażer oraz czy konstrukcja fotela wraz z mocowaniem jest wystarczająco wytrzymała.

Wykonano badania mające na celu wykazanie, czy osoba siedząca jest odpowiednio zatrzymywana przez siedzenie znajdujące się przed nią czy nie doznała poważnych obrażeń oraz czy siedzenie oraz zamocowania są wystarczająco wytrzymałe. Pozwoliły one na określenie odkształceń poszczególnych elementów konstrukcji oraz na potwierdzenie poprawności realizacji stosowanych procedur badawczych.

Do pomiarów realizowanych w trakcie badań odkształceń statycznych i dynamicznych zastosowano system fotogrametryczny. Przykładową konfigurację pokazano na

* Prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski (michal.wieczorowski@put.poznan.pl), dr inż. Bartosz Gapiński (bartosz.gapinski@put.poznan.pl), dr inż. Mirosław Grzelka (miroslaw.grzelka@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej; mgr inż. Maciej Szymański (maciej.szymanski@ster.com.pl) – Ster Sp. z o.o.; dr inż. Artur Rękas (arekas@agh.edu.pl) – Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; Sebastian Szymański (sebastian.szymanski@ster.com.pl) – OBR – Ster Sp. z o.o.

rys. 2. W celu zapewnienia odpowiedniej dynamiki pomiaru rejestrowane jest przemieszczenie znaczników.



Rys. 2. Przykładowy dynamiczny system fotogrametryczny

Pomiary dynamiczne na torze prób

Na końcu toru zlokalizowany jest układ umożliwiający zatrzymanie rozpędzonego wózka, symulując zderzenie z przeszkodą. Na wózek umieszczany jest podest odpowiadający konstrukcji pojazdu, w którym montowane są badane fotele. Na rys. 3 przedstawiono zdjęcie kompletnego zestawu badanych foteli wraz z manekinami. Punkty pomiarowe rozmieszczono na wagoniku, fragmencie podłogi, układzie mocowania foteli, siedzisku, oparciu fotela, a także pasie bezpieczeństwa i w miejscu punktów jego mocowania oraz na kostce i głowie manekina.

Bazę dla oceny przemieszczeń wszystkich punktów badawczych przyjęto na wagoniku, co pozwala na wyeliminowanie wpływu drgań wagonika na wyniki pomiaru. Takie rozwiązanie nie przerywa pomiaru nawet w sytuacji, gdy pod koniec fazy hamowania tył wózka się unosi.

Siła uderzenia jest na tyle duża, iż manekiny napotkawszy przeszkodę w postaci foteli, zostają wyrzucone w górę. Wózek zostaje zatrzymany i opada na tory. Manekiny również opadają na siedzenie. W omawianym przypadku manekiny pomimo braku pasów zatrzymały się na swoich miejscach. Jednak w wielu przypadkach w momencie symulacji zderzenia manekin zostaje wyrzucony z siedzenia poza wózek. Obserwując oba fotele znajdujące się w trakcie symulacji zderzenia przed manekinami, można stwierdzić, że zarówno uderzenie, jak i odkształcenie fotela przebiegało podobnie.

Na rys. 4 przedstawiono zapis danych pomiarowych po odkształceniu zagłówka fotela poprzedzającego. W pierwszej fazie badania zaobserwować można odkształcenie

punktów pomiarowych zlokalizowanych na wysokości kolan. Po zredukowaniu nacisku wywoływanego przez manekina obserwujemy redukcję tej odchyłki z ok. 71 mm do ok. 45 mm reprezentujących odkształcenie plastyczne. Widoczny jest również wyraźny ślad na wysokości zagłówka po uderzeniu manekina niezapiętego pasami. W pomiarach analizowane są dwa punkty – po jednym na każdym zagłówku.

W punkcie szczytowym odkształcenia zagłówka i fotela, przy zderzeniu z prędkością 33 km/h, deformacja wyniosła ponad 220 mm. Wszelkie zmiany w trakcie próby zachodzą bardzo dynamicznie.

Po uderzeniu w fotele manekiny przemieszczają się w górę. Na oparciu i zagłówku obserwujemy odkształcenie sprężyste i plastyczne. W momencie zredukowania nacisku pochodzącego od naporu manekinów zagłówek i fotel częściowo powracają do stanu początkowego, redukując przemieszczenie z 222 mm do 150 mm. W ostatniej fazie manekin opada na fotel, co wywołuje drobne zmiany wartości odkształcenia notowane na zagłówku. Fotel pozostaje trwale odkształcony, a wartość odkształcenia wynosi ok. 150 mm. Cały proces odkształcania trwa niecałe 200 ms.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły przydatność metod fotogrametrycznych do analiz deformacji konstrukcji. Dynamiczne systemy fotogrametryczne pozwalają analizować przemieszczenia obiektów, a także prędkości i przyspieszenia. Jest to bardzo pomocne przy projektowaniu zarówno części składowych urządzeń, jak i całych struktur.

Podziękowania

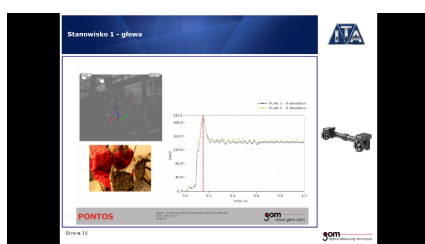
Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr 02/22/DSPB/1318, zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz w ramach projektu: Opracowanie technologii wytwarzania nowej generacji ultralekkich foteli do komunikacji zbiorowej spełniających wymagania dyrektywy UE, regulaminów ONZ oraz Białej Księgi Amerykańskiej, Innotech In-Tech K2/IN2/58/182896/NCBR/12.

LITERATURA

- Bernardini F. et al. "Automatic reconstruction of 3D CAD models from digital scans". *Int J Comp Geom Appl*. Vol. 9, No. 4/5 (1999): pp. 327–369.
- Campbell R.J., Flynn P.J. "A survey of free-form object representation and recognition techniques". *Comput Vision Image Understanding*. Vol. 81, No. 2 (2001): pp. 166–210.
- Caspi D. et al. "Range imaging with adaptive color structured light". *IEEE T Pattern Anal*. Vol. 20, No. 5 (1998): pp. 470–480.
- Chen C. et al. "Range data acquisition using colour structured lighting and stereo vision". *Image Vision Comput*. Vol. 15 (1997): pp. 445–456.
- Choi B. et al. "Triangulation of scattered data in 3D space". *Comput Aided Des*. Vol. 20 (1998): pp. 239–248.
- Fang T., Piegl L. "Delaunay triangulation in three dimensions". *IEEE Comput Graphics Appl*. Vol. 15 (1995): pp. 62–69.
- Gapinski B., Wieczorowski M. et al. "Comparison of Different Methods of Measurement Geometry Using CMM, Optical Scanner and Computed Tomography 3D". *Procedia Engineering*. Vol. 69 (2014): pp. 255–262.
- Joaquim S. et al. "Pattern codification strategies in structured light systems". *Pattern Recognition*. Vol. 37, No. 4 (2004): pp. 827–849.
- Klette R. et al. "Computer vision—three-dimensional data from images". Singapore, Springer, 1998.
- Majchrowski R., Wieczorowski M. et al. "Large area concrete surface topography measurements using optical 3D scanner". *Metrology and Measurement Systems*. Vol. XXII, No. 4 (2015): pp. 565–576. ■



Rys. 3. Widok ogólny stanowiska badawczego



Rys. 4. Maksymalne odkształcenie zagłówka