

Jarosław SEŃKO<sup>1</sup>  
Karol ZIELONKA<sup>2</sup>

### **ANALIZA WYNIKÓW ZDERZENIA SAMOCHODU OSOBOWEGO ZE SZTYWNĄ PRZESZKODĄ**

*Analiza zjawisk zachodzących przy doświadczalnych zderzeniach pojazdów dostarcza danych, umożliwiających rekonstrukcję skutków zdarzeń kolizji drogowych. Obecnie badacze mają do dyspozycji dwa wzajemnie uzupełniające się narzędzia: doświadczalne testy zderzeniowe przeprowadzane w naturalnej skali i symulacje komputerowe, wykorzystujące komercyjne programy specjalistyczne.*

*W pracy przedstawiono analizę wyników zderzenia samochodu suzuki swift ze sztywną przeszkodą. Badania doświadczalne wykonano na stanowisku w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji w Warszawie. Samochód osobowy rozpędzony na stanowisku badawczym, uderzył czołowo z prędkością 80km/h w betonowy blok będący sztywną przeszkodą. Oprzyrządowanie i aparatura zastosowana podczas eksperymentu umożliwiła zapis obrazu z prędkością 1000 kl./s, oraz rejestrację przyspieszeń w wybranych punktach pojazdu. Wykorzystując zgromadzone sygnały pomiarowe wyznaczono przebieg przyspieszeń, prędkości i deformacji pojazdu podczas zderzenia.*

### **ANALYSIS OF RESULTS OF IMPACT CAR WITH A RIGID WALL**

*Analysis of the phenomena occurring at the experimental vehicle collisions provide data to enable reconstruction of the effects of road traffic collisions events. Currently, researchers can take advantage of two complementary tools: experimental crash tests conducted in the natural scale and computer simulations using commercial software specialist.*

*The paper presents an analysis of the results of suzuki swift car collision with a rigid wall. Experimental studies performed on the stand in the Automotive Industry Institute in Warsaw. Car speeding on the test-rig, hit head on with a concrete block at 80km/h being a rigid obstacle. Instrumentation and equipment used during the experiment allowed the video recording at 1000 frames per second, and the recording of the accelerations at selected points of the vehicle. Using the stored the course of test signals set acceleration, velocity and deformation of the vehicle during the collision.*

#### **1. WSTĘP**

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Instytut Pojazdów, 02-524 Warszawa, ul. Narbutta 84  
Tel: (0 -22) 234 + wew: 8578, e-mail: [jsenko@simr.pw.edu.pl](mailto:jsenko@simr.pw.edu.pl)

<sup>2</sup> Przemysłowy Instytut Motoryzacji, 03-301 Warszawa ul. Jagiellońska 55,  
Tel: (0 -22) 811 13 97, e-mail: [k.zielonka@pimot.org.pl](mailto:k.zielonka@pimot.org.pl)

Próby zderzeniowe pojazdów samochodowych najczęściej wykonywane są w zamkniętych laboratoriach wielkich koncernów motoryzacyjnych. Otrzymywane wyniki oraz prowadzone na ich podstawie analizy inżynierskie wydatnie przyczyniają się do rozwoju konstrukcji nowoprojektowanych pojazdów w zakresie bezpieczeństwa biernego i czynnego. Wyniki testów zderzeniowych mogą jednak służyć znacznie szerszej grupie osób. Rezultatami eksperymentów doświadczalnych przeprowadzanych w warunkach laboratoryjnych zainteresowane są również inne kręgi osób związanych z motoryzacją. Zarówno rzeczoznawcy samochodowi jak i biegli sądowi z zakresu motoryzacji pracochłonie gromadzą informacje o skutkach zdarzeń i wypadków drogowych by na ich podstawie rozwijać swoje kompetencje i umiejętności. Namiastką realizacji tych potrzeb są działania realizowane w Instytucie Pojazdów Politechniki Warszawskiej w ramach grantu MNiSZW<sup>3</sup>. Działalność naukowa w tym obszarze została ponownie zainicjowana w 2008 roku. Wspólnie z Przemysłowym Instytutem Motoryzacji w Warszawie przygotowano test zderzeniowy samochodu z drzewem, a w roku 2009 próbę zderzenia motocykla z samochodem osobowym. Testy wykonywane są w oparciu o bazę laboratoryjną oraz dzięki zaangażowaniu pracowników Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów PIMot.

## **2. BADANIA DOŚWIADCZALNE**

### **2.1 Motywacja wykonywanych badań**

Kontrolowane zderzenia pojazdów wykonywane przez koncerny motoryzacyjne przeprowadzane są zgodnie ze określonymi standardami np. organizacji Euro NCAP. Zadaniem tych testów jest porównanie bezpieczeństwa badanego samochodu na tle innych modeli produkowanych przez konkurencyjne firmy. Analiza otrzymywanych rezultatów pozwala inżynierom na poprawę konstrukcji projektowanych pojazdów, a tym samym poprawę rezultatów testów zderzeniowych podczas następných badań doświadczalnych.

Odmienne przyczyny stanowią motywację wspólnych działań podejmowanych w IP PW oraz PIMot. Biegli sądowi oraz rzeczoznawcy samochodowi przygotowujący na potrzeby orzecznictwa sądowego opinie eksperckie, poszukują informacji dotyczących zachowania struktur nośnych pojazdów używanych, noszących ślady eksploatacji, napraw lub korozji. Oczywiście ekspertyzy biegłych sądowych dotyczą szczególnych przypadków związanych z konkretnym zdarzeniem drogowym. W związku z tym każdy rodzaj badań doświadczalnych rozszerzający ilość rozpatrywanych wariantów sytuacji drogowych stanowi doskonałe poszerzenie wiedzy i kompetencji osób zajmujących się rekonstrukcją wypadków drogowych.

Wykonanie próby zderzeniowej w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, przy zastosowaniu rejestracji sygnałów pomiarowych oraz obrazu video, umożliwia określenie skutków rozważanego zdarzenia drogowego. Wśród informacji uzyskiwanych na podstawie badań eksperymentalnych znajdują się:

- wartości sprężystych i plastycznych deformacji konstrukcji nośnej pojazdów uczestniczących w próbie zderzeniowej,

---

<sup>3</sup> Prezentowane wyniki są efektem współpracy Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, Przemysłowego Instytutu Motoryzacji oraz Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego.

- obrażenia uczestników zdarzenia np. kierowcy i pasażerów lub innych w tym niechronionych uczestników ruchu drogowego,
- pozderzeniowe trajektorie i prędkości pojazdów oraz ślady pozostawione przez przemieszczające się obiekty.

Wykonywanie testów zderzeniowych umożliwia pogłębienie wiedzy badaczy na temat charakteru zjawisk występujących podczas deformacji struktury nośnej pojazdów.

## 2.2 Obiekt i realizacja badań

Przeprowadzony 24 marca 2010 roku test zderzeniowy dotyczył zderzenia samochodu osobowego z nieodkształcalną przeszkodą w postaci betonowej ściany. Prędkość początkowa pojazdu wynosząca 80 km/h została uzyskana w wyniku rozpędzania samochodu przy zastosowaniu sprężystego napędu w postaci rozciąganych lin gumowych. Do wykonania zderzenia zakupiono pojazd suzuki swift z roku 1998. Wybór marki i typu pojazdu podyktowany był przede wszystkim możliwością wykorzystania wyników próby doświadczalnej dla zadań weryfikacji i walidacji istniejących modeli symulacyjnych pojazdów. Podstawowe dane techniczne pojazdu zestawiono w tabeli 1.

*Tab. 1. Podstawowe parametry pojazdu rzeczywistego*

długość [mm]	3745
wysokość [mm]	1350
szerokość [mm]	1590
rozstaw osi [mm]	2265
rozstaw kół przód/tył [mm]	1365/1340
masa własna [kg]	755



*Rys. 1. Suzuki swift na stanowisku badawczym*

Pojazd przeznaczony do badań zderzeniowych został poddany oględzinom technicznym w Laboratorium Bezpieczeństwa Pojazdów PIMot. Wykonano dokumentację fotograficzną

stanu pojazdu przed zderzeniem. Samochód pozbawiony został wszelkich płynów eksploatacyjnych stanowiących zagrożenie dla osób uczestniczących w teście zderzeniowym. Opróżniony zbiornik paliwa obciążono masą zastępczą równoważną połowie zapelnienia zbiornika. Na oczyszczony i pomalowany jasną farbą pojazd naniesiono markery umożliwiające ocenę zmian kształtu i wymiarów pojazdu na skutek zderzenia.

W badanym samochodzie, na fotelu kierowcy usadzono 50 centylowego manekina dorosłego człowieka typu Opat-Ogle. Manekin został wyposażony w dwa trójosiowe akcelerometry, pierwszy w głowie a drugi w torsie. Dodatkowo na tylnym fotelu z prawej strony pojazdu zamocowano fotelik dziecięcy, w którym przypięto pasami manekin typu Hybrid II trzy letniego dziecka.

### 2.3 Opracowanie i analiza wyników zderzenia

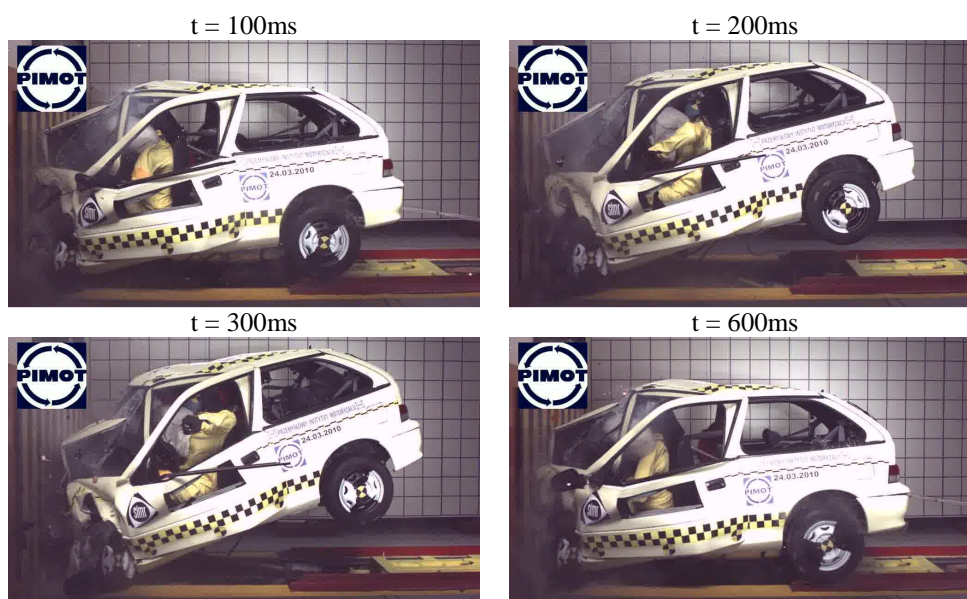
Wstępna ocena wyników realizowanego eksperymentu doświadczalnego odbywa się zazwyczaj w oparciu o analizę materiałów video rejestrowanych podczas testu. Mnogość informacji wynikająca ze złożoności obiektu badań, jest filtrowana przez badaczy w oparciu o posiadane doświadczenie. Obserwowany na filmie charakter powstających odkształceń umożliwia ocenę konstrukcji pod kątem bezpieczeństwa pasażerów (rys. 2).



Rys. 2. Wybrane kadry filmu obrazujące przebieg zgniatania nadwozia

Analizując przebieg testu zderzenia ze sztywną ścianą zapisany na kamerach cyfrowych można prześledzić zarówno trajektorie oznaczonych markerami charakterystycznych punktów nadwozia jak również trajektorie znajdujących się wewnątrz pojazdu manekinów.

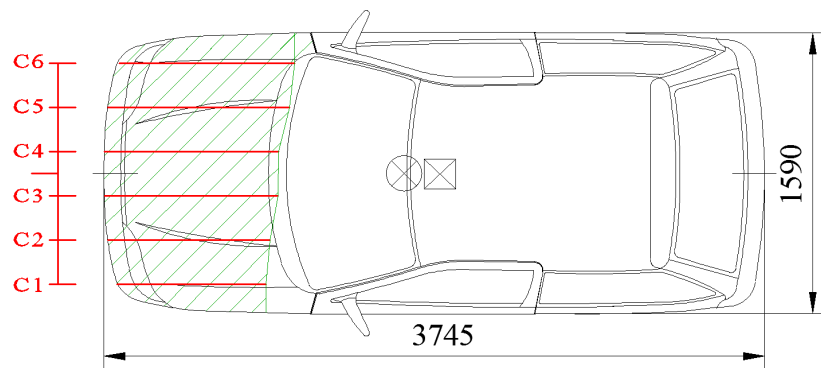
Przedstawione na rys. 2. kadry animacji pozwalają zaobserwować nadmierny ruch manekina trzy letniego dziecka. Sytuacja ta ma związek z pęknięciem fotelika, w którym znajdował się manekin w wyniku tego uszkodzenia pas bezpieczeństwa mocujący fotelik dziecięcy do tylnej kanapy przestał pełnić swoją funkcję i wraz z manekinem podążył bezwładnie w kierunku ruchu pojazdu. Tym samym rejestracja przyspieszeń działających na dziecko siedzące w foteliku samochodowym przyniosła wyniki odmienne od przewidywanych, gdyż otrzymane wartości przyspieszeń odnoszą się do bezwładnie poruszającego się manekina uderzającego kolejno w fotel pasażera, a następnie elementy wnętrza kabiny pasażerskiej.



Rys. 3. Kadry filmu obrazujące pionowe przemieszczenia nadwozia podczas zderzenia

Przedstawione na rys. 3. kadry zarejestrowanego przebiegu zderzenia prezentują uniesienie i opadanie tylnej części samochodu w czasie nieznacznie przekraczającym 0,5s. Po upływie 0,1s od początku testu zderzenia struktura nośna samochodu nie podlega znacznym zmianom gdyż większość energii kinetycznej pojazdu została już zamieniona na pracę deformacji, zaś pozostała jej część powoduje obrót nadwozia widoczny w czasie zderzenia 0,3s.

Próba zderzeniowa odkształcalnego pojazdu ze sztywną przeszkodą umożliwia ocenę właściwości struktury nośnej samochodu zarówno na podstawie wielkości dynamicznych jak i statycznych oględzin i pomiarów głębokości deformacji nadwozia. Wyniki pozderzeniowych pomiarów skrócenia nadwozia zaznaczono schematycznie na rys. 4. Głębokość deformacji zmierzono w sześciu oddalonych od siebie o 250 mm płaszczyznach rozmieszczonych symetrycznie względem podłużnej osi pojazdu. Odczytane wartości deformacji zestawiono w tab. 2.



Rys. 4. Obszar deformacji nadwozia samochodu po zderzeniu ze ścianą

Tab. 2. Głębokość deformacji nadwozia samochodu suzuki swift po zderzeniu ze ścianą

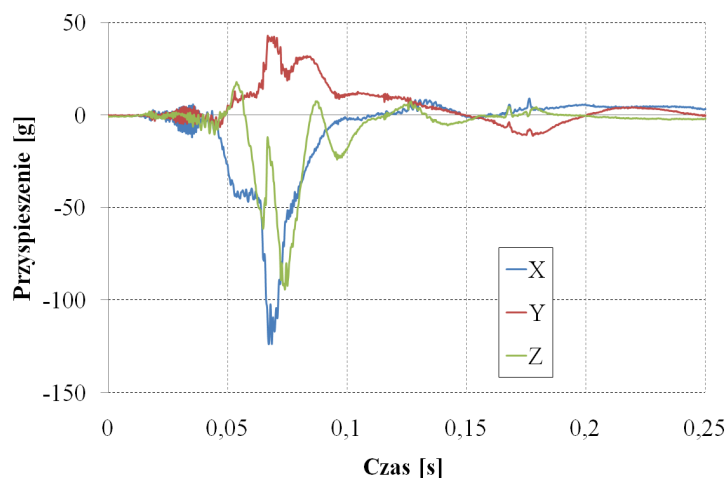
Przekroje pomiarowe	Głębokość deformacji
C <sub>1</sub>	830 mm
C <sub>2</sub>	920 mm
C <sub>3</sub>	984 mm
C <sub>4</sub>	989 mm
C <sub>5</sub>	1028 mm
C <sub>6</sub>	996 mm



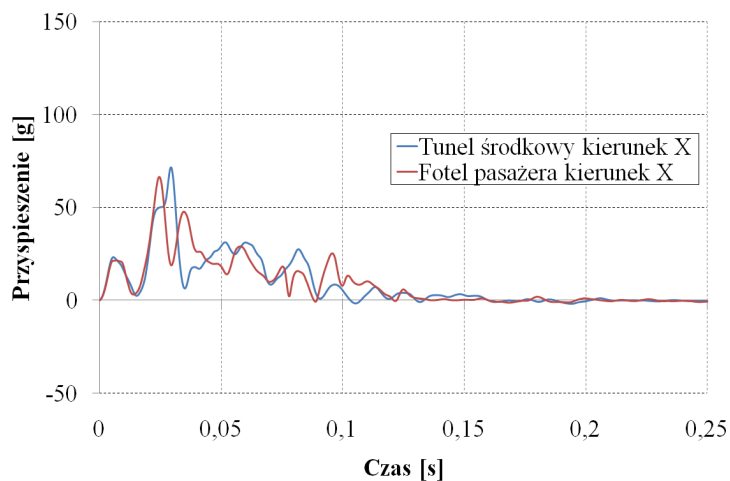
Rys. 5. Odkształcenia płyty podłogowej suzuki swift po zderzeniu ze ścianą



Istotnym aspektem doświadczalnych badań zderzeniowych jest możliwość wszechstronnych obserwacji i pomiarów trwałych uszkodzeń pojazdu. Stan podwozia samochodu suzuki swift przedstawiony na rys. 5. umożliwia określenie uszkodzonych elementów zawieszenia, układu kierowniczego, napędowego, wydechowego oraz płyty podłogowej pojazdu. Po zestawieniu z wynikami pomiarów zarejestrowanymi dla znajdujących się w pojeździe pasażerów (np. rys. 6) oraz sygnałów dynamicznych zarejestrowanych w wybranych punktach nadwozia pojazdu (np. rys. 6) otrzymuje się pełen obraz wpływu konstrukcji samochodu na bezpieczeństwo kierowcy i pasażerów.



Rys. 6. Przyspieszenie kierunkowe głowy manekina kierowcy podczas testu



Rys. 7. Przyspieszenia wzdłuż osi pojazdu rejestrowane w wybranych punktach nadwozia

### 3. ZAKOŃCZENIE

Wykonywanie doświadczalnych testów zderzeniowych pojazdów samochodowych stanowi doskonałe źródło informacji na temat postaci odkształcenia struktur nośnych pojazdów. Posiadając elementarną wiedzę na temat energochłonności nadwozi pojazdów możliwe jest poprawne oszacowanie prędkości przedzderzeniowej uczestników kolizji drogowej. Przedstawione na rysunkach 6 i 7 przebiegi przyspieszeń w czujnikach zamocowanych w manekinie i na pojeździe pozwalają na określenie możliwości przeżycia kierowcy pojazdu w zależności od prędkości ruchu oraz konfiguracji pojazdu.

Przedstawione w pracy wyniki testu zderzenia samochodu ze sztywną przeszkodą oraz ich wstępna analiza, ukazują zasadność wykonywania badań pojazdów samochodowych w kontekście rekonstrukcji wypadków drogowych.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Grzesikiewicz W., Kwasniewski L., Seńko J.: *Symulacja zderzenia samochodu ze sztywną przeszkodą*, Autostrady 7/2007.
- [2] Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J.: *Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych*, WKiŁ. Warszawa 2008.
- [3] Seńko J.: *Analiza zderzenia samochodu osobowego z drzewem*, s. 867-874, Logistyka nr 2/2010