

PROCHOWSKI Leon¹
 ZIELONKA Karol²
 TRZASKA Paweł³

Analiza właściwości ochronnych fotelika i podstawki podwyższającej na podstawie ruchu ciała dziecka w czasie uderzenia samochodu w przeszkodę

Słowa kluczowe, Transport, bezpieczeństwo przewozu dzieci, fotelik bezpieczeństwa, podstawka podwyższająca, kinematyka dziecka

Streszczenie

Przeprowadzono badania eksperymentalne, które umożliwiają pokazanie różnic w skuteczności działania ochronnego fotelika i podstawki podczas wypadku drogowego samochodu osobowego. Analiza skuteczności została odniesiona do dzieci w wieku ok. 3 lat na tylnym siedzeniu samochodu. Przeprowadzone badania dynamiczne odpowiadają czołowemu uderzeniu samochodu w przeszkodę. Dokonano analizy wpływu podstawki i fotelika na kinematykę ruchu ciała dziecka, ekstremalne przemieszczenia oraz przyspieszenia głowy.

Analiza przebiegu eksperymentu pozwala na ocenę wpływu stosowanych urządzeń zabezpieczających dziecko na możliwość powstawania obrażeń głowy podczas zderzeń czołowych. Badania nie dają gotowej odpowiedzi jak najskuteczniej chronić dziecko podczas wypadku, jednakże wskazują na ważne aspekty działania opisywanych urządzeń ochronnych.

ANALYSIS OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF THE SEAT AND BOOSTER BASED ON THE MOVEMENT OF THE CHILD AT THE MOMENT OF CAR IMPACT INTO BARRIER

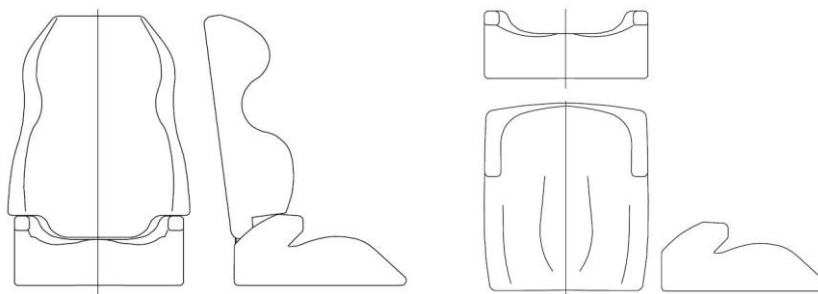
Abstract

An experimental investigation, which allow to show the differences between the protective efficiency of the seat and booster in a car accident. Analysis of efficiency has been allocated to children aged about 3 years in the backseat of the car. Dynamic test, corresponds to the car in a frontal barrier impact. The analysis of the impact of the seat base and the kinematics of motion of the child, extreme displacements and accelerations of the head was performed.

Analysis of the experiment allows for the assessment of the impact of child safety devices on the risk of head injury during frontal collisions. The study does not provide complete answers how best to protect a child in an accident, however, it shows important aspects of the described protective devices performance.

1. WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo dzieci podróżujących w samochodach w poważnym stopniu zależy od zastosowania odpowiedniego urządzenia ochronnego (przytrzymującego). Do grupy tych urządzeń zaliczamy foteliki i podstawki podwyższające. Rola obu tych urządzeń jest podobna. Do badań zostały wybrane podstawki podwyższające oraz foteliki należące do kategorii uniwersalnej tj. do stosowania na większości miejsc siedzących w samochodach (rys. 1.1). Ten typ urządzeń należy do najczęściej stosowanych zabezpieczeń dzieci podczas podróży na tylnych siedzeniach w samochodach osobowych.



Rys. 1.1. Fotelik bezpieczeństwa (po lewej) oraz podstawka podwyższająca (po prawej)

¹ prof. dr hab. inż. Leon Prochowski, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa ; Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: lprochowski@wat.edu.pl

² mgr inż. Karol Zielonka, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, Polska, tel.: +48 22 777 71 41, e-mail: k.zielonka@pimot.org.pl

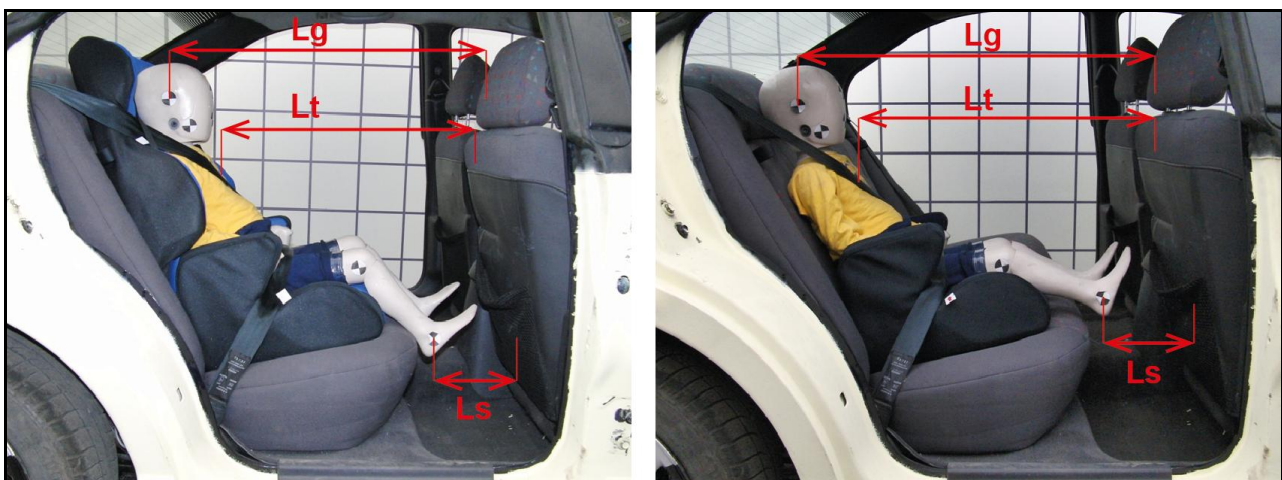
³ mgr inż. Paweł Trzaska, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul. Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, Polska, tel.: +48 22 777 71 43, e-mail: p.trzaska@pimot.org.pl

Celem pracy jest analiza porównawcza właściwości ochronnych fotelika i podstawki podwyższającej, która zostanie przeprowadzona na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Zasadniczym obszarem analizy jest kinematyka ciała dziecka w czasie wypadku drogowego.

Głównym zadaniem podstawki podwyższającej jest uniesienie ciała dziecka na wysokość, która umożliwi prawidłowe ułożenie pasa bezpieczeństwa na odcinku piersiowym, a także odpowiednie ułożenie odcinka biodrowego taśmy pasa bezpieczeństwa. Fotelik bezpieczeństwa (poza wymienioną powyżej rolę) posiada oparcie, które wymusza prawidłową pozycję dziecka względem pasa bezpieczeństwa. Dodatkowo fotelik bezpieczeństwa może posiadać prowadzenie taśmy pasa bezpieczeństwa na odcinku piersiowym. Czynniki te wpływają na kinematykę ruchu ciała dziecka podczas wypadku drogowego, a tym samym na skuteczność ochronną opisywanych urządzeń.

2. PRZYGOTOWANIE BADAŃ I PODSTAWOWE WYNIKI POMIARÓW

Urządzenia chroniące dzieci przed urazami w kolizjach i wypadkach drogowych muszą spełnić szereg wymagań, stawianych przez przepisy międzynarodowe. Określają one sposób umieszczenia i mocowania w pojeździe urządzenia przytrzymującego. Badaniom poddano urządzenia, które spełniają stosowne wymagania normatywne. Badania przeprowadzono w postaci testu saniowego (zgodnie z Regulaminem 44 EKG ONZ), podczas którego urządzenia poddano działaniu obciążeń dynamicznych, które wynikają z uderzenia samochodu w sztywną przeszkodę z prędkością 48 ± 50 km/h.



Rys. 2.1. Porównanie usytuowania manekina na tylnym siedzeniu samochodu osobowego przy użyciu fotelika (strona lewa) oraz podstawki podwyższającej (strona prawa)

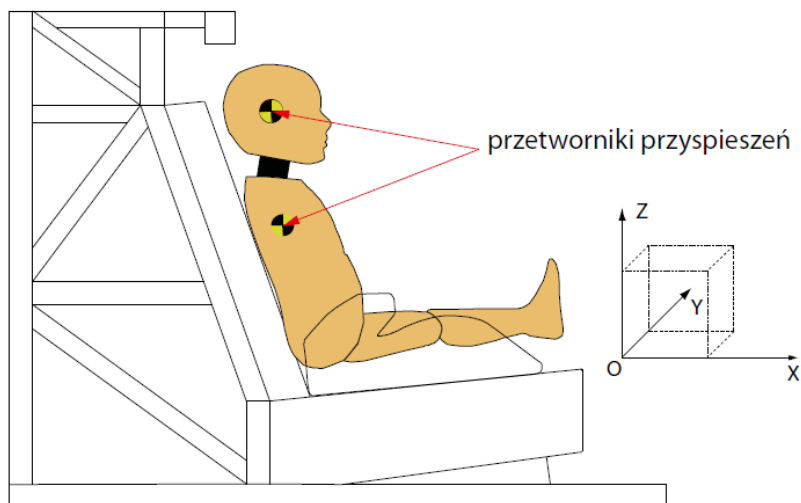
Na rysunku 2.1 pokazano mocowanie urządzeń przytrzymujących i posadowienie manekinów przed badaniem zderzeniowym. Położenie manekinów charakteryzują ich odległości od foteli poprzedzających, czyli wymiary L_g , L_t , L_s . Wartości tych odległości podano w tabeli 2.1.

Tab. 2.1. Odległość manekinów od oparcia fotela poprzedzającego

	Podstawka	Fotelik
Odległość głowy od oparcia fotela L_g [mm]	740	680
Odległość torsu od oparcia fotela L_t [mm]	610	570
Odległość stóp od oparcia fotela L_s [mm]	190	200

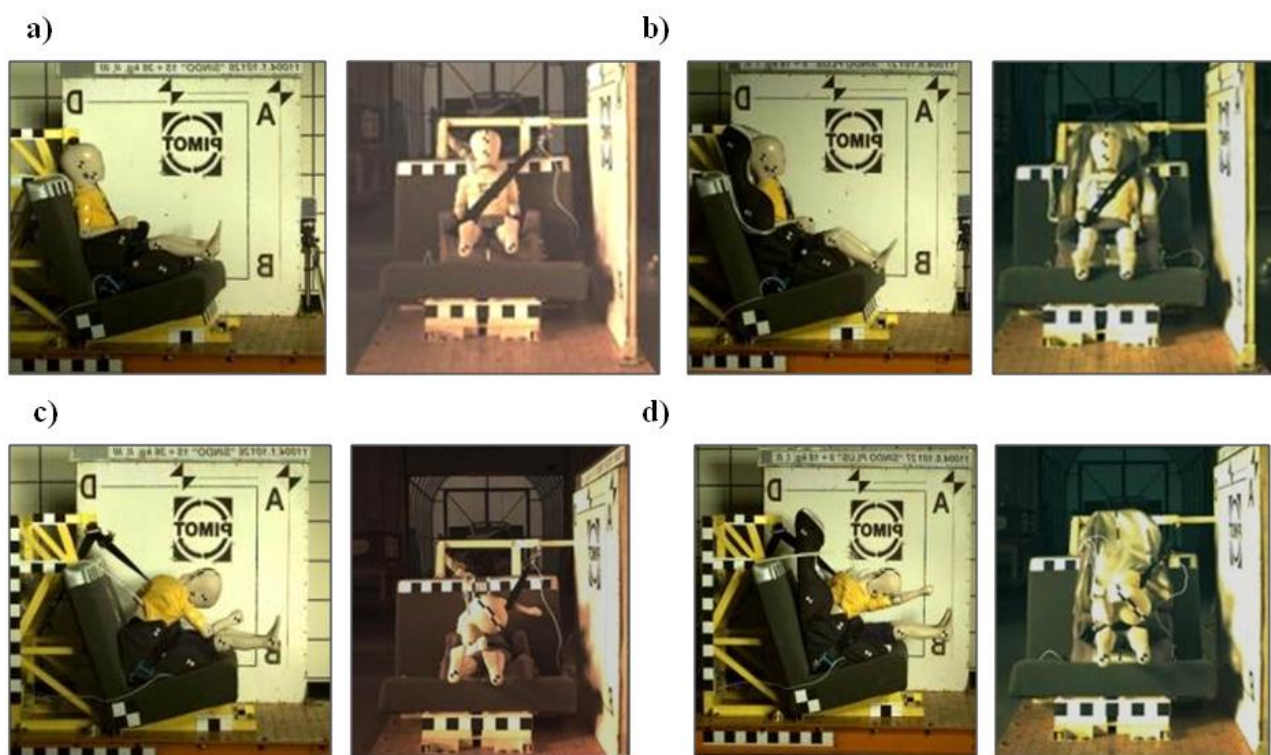
Podczas przygotowania badań eksperymentalnych w głowie i w torsie manekina zainstalowano trzy przetworniki umożliwiające pomiar przyspieszenia w trzech kierunkach Oxyz. Dokonano również pomiaru sił w taśmie pasa bezpieczeństwa na odcinku piersiowym i biodrowym.

W trakcie badań wykorzystano antropomorficzny manekin badawczy trzyletniego dziecka serii P3 o wadze 15kg, który pokazano na rysunku 2.2.



Rys. 2.2. Rozmieszczenie czujników pomiarowych w głowie i w torsie manekina

Zastosowany układ pomiarowy spełnia wymagania PN-ISO 6487 „Pojazdy drogowe. Techniki pomiarowe w testach zderzeniowych. Oprzyrządowanie” [4].



Rys. 2.3. Kadry filmu z przebiegu badań: a) początkowe położenie – podstawka; b) początkowe położenie – fotelik; c) maksymalne wychylenie manekina przy zastosowaniu podstawki ;d) maksymalne wychylenie manekina przy zastosowaniu fotelika

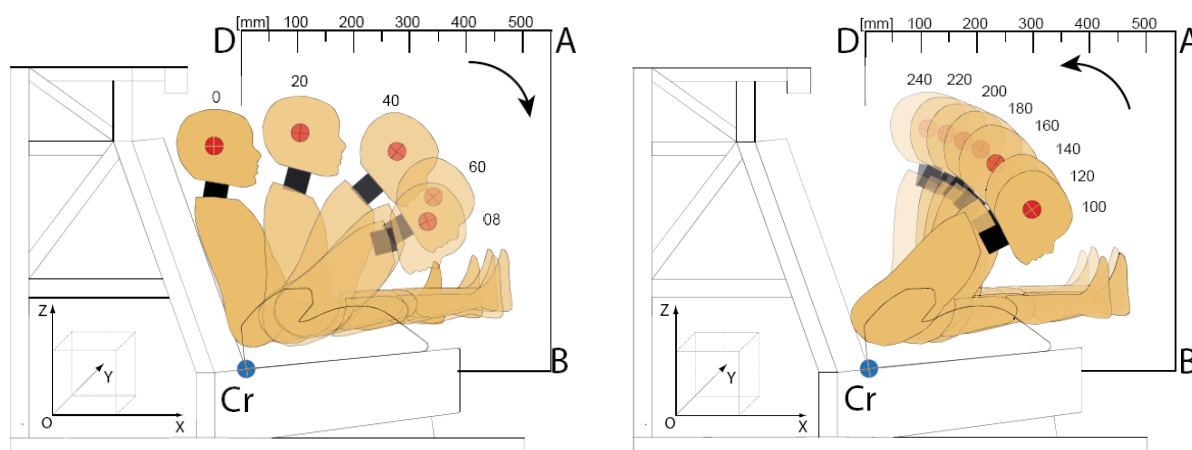
W tabeli 2.2 zestawiono podstawowe wyniki pomiarów.

Tab.2.2. Ogólne zestawienie wyników pomiarów

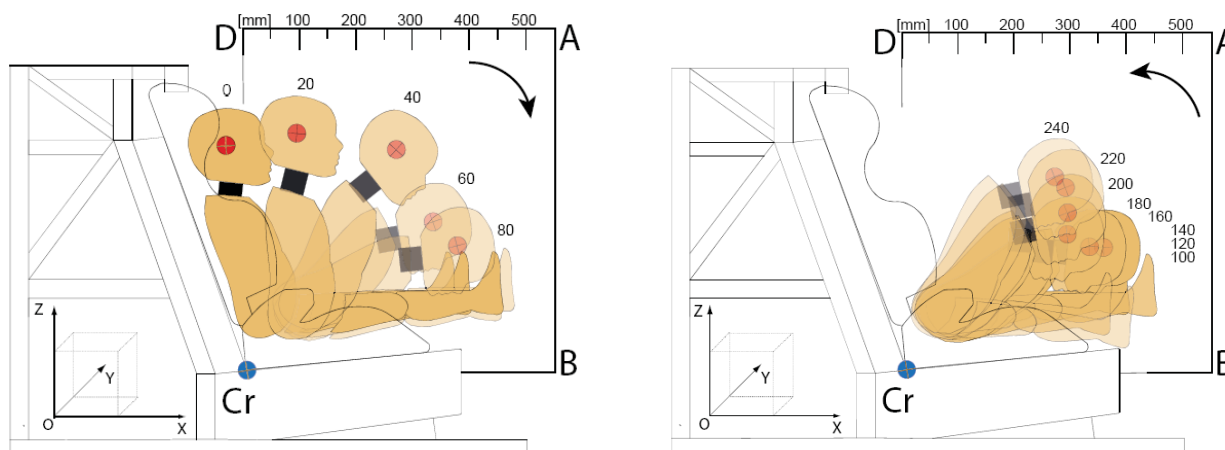
Wielkość mierzona	Wyniki pomiarów	
	Podstawka	Fotelik
Prędkość uderzenia	48,2 [km/h]	48,4 [km/h]
Maksymalne przemieszczenie głowy w kierunku x	340 [mm]	380 [mm]
Maksymalne przemieszczenie głowy w kierunku z	250 [mm]	260 [mm]
Ekstremalna wartość wypadkowego przyspieszenia torsu manekina	60,5 [g]	52,9 [g]
Ekstremalna wartość wypadkowego przyspieszenia głowy manekina	64,5 [g]	49,6 [g]
Maksymalne wartości sił w pasie ramieniowym	424 [daN]	356 [daN]
Maksymalne wartości siły w pasie biodrowym	145 [daN]	143 [daN]
HIC	396	330

3. KINEMATYKA CIAŁA DZIECKA

Podczas prowadzonej oceny właściwości ochronnych urządzeń przytrzymujących dokonano poklatkowej analizy filmów z przebiegu testów, a na tej podstawie wyznaczono wielkości charakteryzujące kinematykę ruchu. Zasadnicze kryterium oceny przemieszczeń w ruchu głowy manekina wynika z położenia linii AB i AD na rysunkach 3.1 i 3.2. Położenie tych linii wyznacza się na podstawie R44 EKG ONZ względem punktu konstrukcyjnego Cr fotela badawczego. Punkt Cr jest miejscem przecięcia górnej płaszczyzny siedzenia z przednią płaszczyzną oparcia siedzenia w fotelu badawczym według wymagań Regulaminu nr 44 EKG ONZ.



Rys. 3.1. Kolejne położenia manekina badawczego na podstawce podwyższającej podczas próby dynamicznej, ruch do przodu strona lewa, ruch powrotny strona prawa

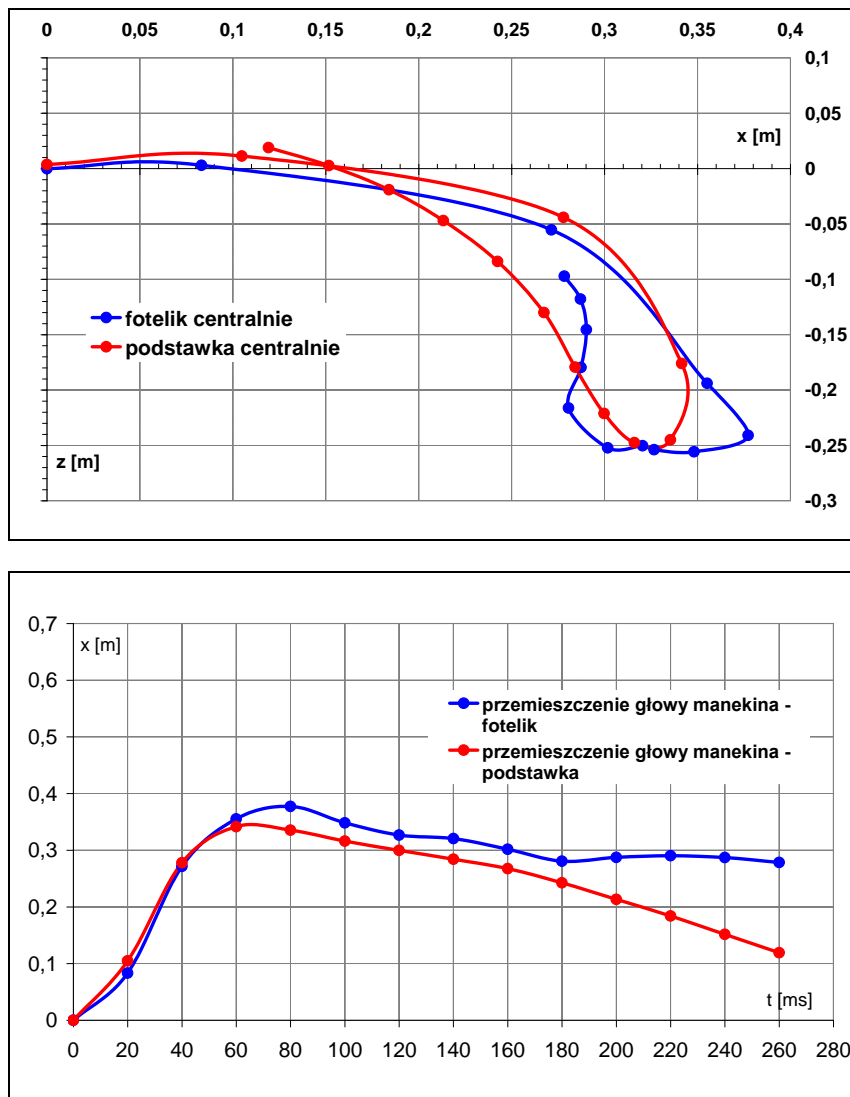


Rys. 3.2. Kolejne położenia manekina badawczego umieszczonego na foteliku podczas próby dynamicznej, ruch do przodu strona lewa, ruch powrotny strona prawa

Ruch manekina, pokazany na rysunkach 3.1 i 3.2, spełnia kryterium nie przekraczania linii AB i AD. W ruchu tym można wyróżnić następujące czynniki sprzyjające powstawaniu obrażeń:

- obracanie się głowy względem tułowia,
- obrót tułowia względem bioder,
- przesuwanie się po siedzisku w kierunku działania siły bezwładności.

Zasięg ruchu głowy i kąt odchylenia tułowia od położenia początkowego jest większy przy zastosowaniu fotelika niż podstawki, ale w obu sytuacjach największe wychylenie ciała dziecka następuje w 80 ms od początku uderzenia samochodu w przeszkodę.

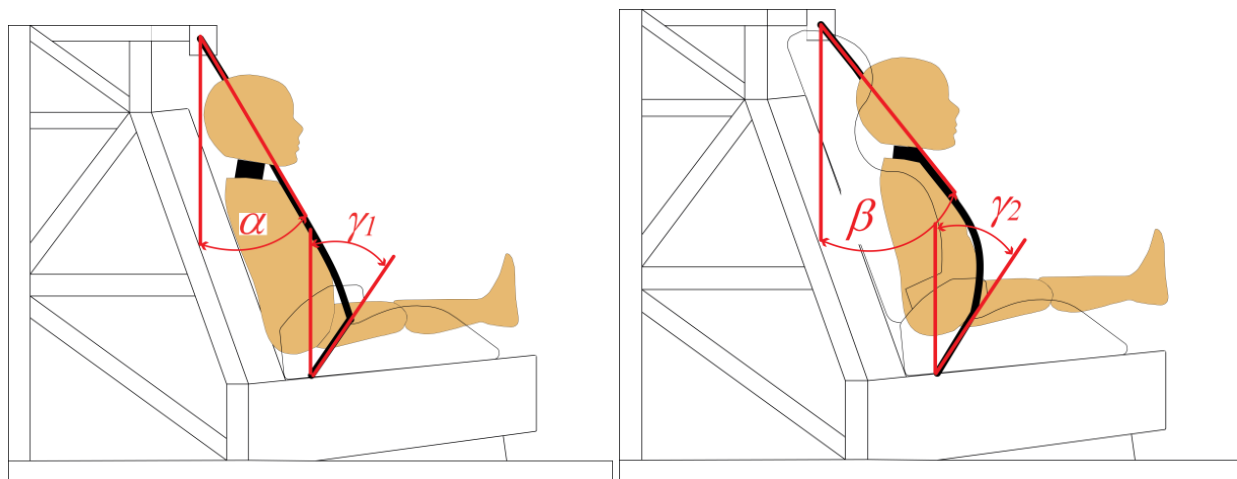


Rys. 3.3. Zestawienie trajektorii ruchu głowy manekina oraz jej przemieszczenia wzdłużnego

Na rysunku 3.3 pokazano rezultat procesu analizy filmów w postaci trajektorii ruchu środka głowy dziecka. Linie narysowano na płaszczyźnie Oxz oraz Oxt. Na rysunku zaznaczono kolejne punkty co 20 ms od położenia początkowego. Przebieg otrzymanych trajektorii wskazuje na różnice w przemieszczeniach głowy dziecka, zależnie od zastosowanego sposobu jego posadowienia w samochodzie. Analiza kinematyki głowy manekina pozwoli w dalszych obliczeniach na wyznaczenie kierunku wektora siły działającej na głowę dziecka, a następnie na kręgosłup szyjny.

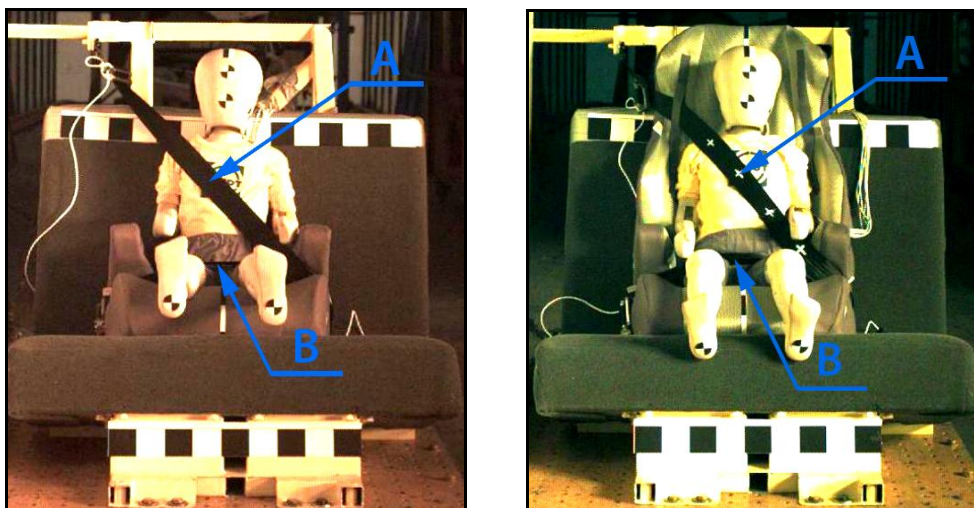
4. ODDZIAŁYWANIE PASÓW BEZPIECZEŃSTWA NA CIAŁO DZIECKA

Ruch ciała dziecka, wywołany działaniem sił bezwładności w czasie wypadku drogowego, jest ograniczony poprzez siły reakcji w pasach bezpieczeństwa. Ich ułożenie oraz czynna długość decyduje o trajektorii ruchu głowy i torsu. W obu badanych przypadkach manekin jest przytrzymywany standardowym pasem bezpieczeństwa. Fotelik w przeciwieństwie do podstawki podwyższającej posiada oparcie i fakt ten wpływa na wartość początkowego kąta położenia taśmy pasa bezpieczeństwa. Pokazano to na rysunkach 4.1 oraz 4.2. Ich skutkiem są różne wartości kątów położenia pasa bezpieczeństwa, a to ma wpływ na długość czynną pasa. Charakterystyczne wartości zestawiono w tabeli 4.1.



Rys. 4.1. Wyznaczenie kąta początkowego taśmy pasa bezpieczeństwa

Kolejną przyczyną różnic w przemieszczeniach głowy manekina jest fakt odsunięcia od oparcia fotela. Podstawka podwyższająca nie posiada oparcia, więc manekin opiera się bezpośrednio o fotel badawczy (oparcie tylnej kanapy, rys 4.1).

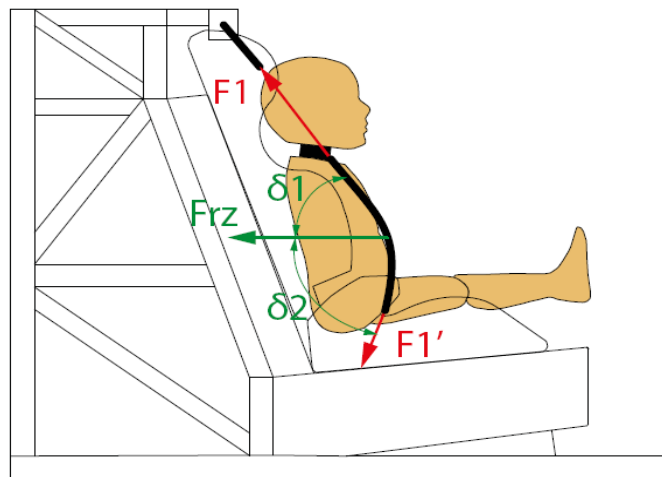


Rys. 4.2. Długość czynna taśmy pasa bezpieczeństwa (podstawka, fotelik)

Tab. 4.1. Wartości charakteryzujące ułożenie taśmy pasa bezpieczeństwa

Wielkość	Podstawka	Fotelik
Długość czynna taśmy pasa bezpieczeństwa – odcinek piersiowy A [mm]	800	830
Długość czynna taśmy pasa bezpieczeństwa – odcinek biodrowy B [mm]	770	770
Kąt alfa i beta [stopnie]	31	39
Kąty gamma [stopnie]	30	30

Na rysunku 4.3 przedstawiono w sposób schematyczny (wektory sił w pasie bezpieczeństwa z układu przestrzennego zrzutowano na płaszczyznę rysunku) postępowanie podczas wyznaczania wartości siły obciążającej tors dziecka, równoważącej siły bezwładności w chwili uderzenia samochodu w przeszkodę.



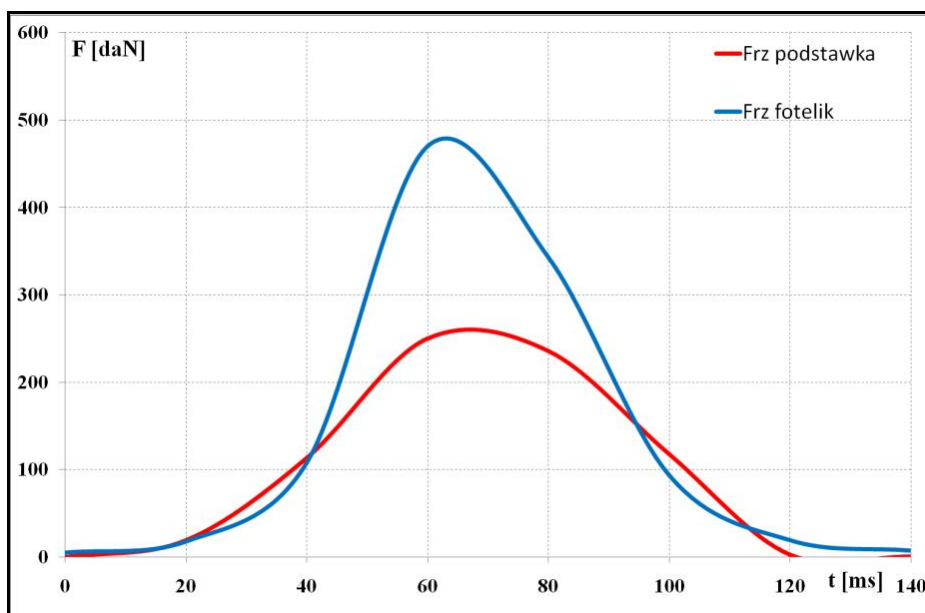
Rys. 4.3. Kąt położenia taśmy pasa δ_1, δ_2

Tabela 4.2. Wartości kątów δ_1, δ_2

Czas [ms]	Podstawka		Fotelik	
	δ_1 [°]	δ_2 [°]	δ_2 [°]	δ_1 [°]
0	59	60	51	60
20	53	62	46	60
40	39	51	32	60
60	34	55	28	56
80	33	55	31	53
100	39	54	35	54
120	52	60	44	58
140	52	60	52	57

$$Frz(t) = F_1(t) \cdot \cos\delta_1(t) + F_1'(t) \cdot \cos\delta_2(t) \quad (1)$$

gdzie: $Frz(t)$ – siła działająca na tors od pasa bezpieczeństwa,
 $F_1(t)$ – siła działająca na górny punkt kotwiczenia pasa bezpieczeństwa,
 $F_1'(t)$ – siła działająca na dolny punkt kotwiczenia pasa bezpieczeństwa,
 $\delta_1(t), \delta_2(t)$ – kąty położenia taśmy pasa.



Rys. 4. Przebieg siły Frz , obliczonej według zależności (1) dla fotelika i podstawki

5. PODSUMOWANIE

Badane urządzenia wykazują skuteczność na poziomie zapewniającym spełnienie wymagań normatywnych Regulaminu 44 EKG ONZ. Przeprowadzona analiza pokazuje bardziej szczegółowe różnice w skuteczności tych urządzeń ochronnych. Uzyskane informacje mogą stanowić podstawę do dodatkowej oceny, która w postaci oszacowania procentowego wynika z tabeli 5.1.

Tab. 5.1. Rezultaty oceny porównawczej

Wielkość	Podstawka	Fotelik	Oszacowanie procentowe	Przewaga
Maksymalne przemieszczenie głowy w kierunku x, [mm]	340	380	112%	P
Maksymalne przemieszczenie głowy w kierunku z, [mm]	250	260	104%	P
Ekstremalna wartość wypadkowego przyspieszenia torsu manekina, [g]	60,5	52,9	87%	F
Ekstremalna wartość wypadkowa przyspieszenia głowy manekina, [g]	64,5	49,6	77%	F
Maksymalne wartości sił w pasie ramieniowym, [daN]	424	356	84%	F
Maksymalne wartości siły w pasie biodrowym, [daN]	145	143	99%	F
HIC	396	330	83%	F
Wypadkowa siła na tors, [daN]	260	480	185%	P

Oszacowanie procentowe w tabeli 5.1 wyznaczono z zależności:

$$W = \frac{F}{P} 100\% \quad (2)$$

gdzie F jest wartością parametru oceny dla fotelika, a P jest wartością tego samego parametru dla podstawki.

Ocena porównawcza urządzeń ochronnych, podana na tym przykładzie może być podstawą do wyznaczenia wartości wskaźników liczbowych. Wskaźniki takie, sprawdzone na wielu rozwiązaniach urządzeń dostępnych na rynku, pełnić mogą dodatkowe kryterium oceny właściwości ochronnych fotelików i podstawek. Na obecnym etapie można stwierdzić, że badane urządzenia ochronne dla dzieci dobrze je chronią podczas wypadku, a widoczne różnice w ich skuteczności wskazują na możliwości ich dalszego doskonalenia.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej: *Regulamin nr 44 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji urządzeń przytrzymujących dla dzieci przebywających w pojazdach o napędzie silnikowym „urządzenia przytrzymujące dla dzieci”*.
- [2] Dąbrowska-Wójciak I., Piotrowski A.: *Urazy głowy u dzieci – postępowanie przedszpitalne i szpitalne*, Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Szkoleniowa: Medycyna ratunkowa i medycyna katastrof, Łódź 13-15.06.2002 r, str. 339-349.
- [3] DeSantis Klinich K., Saul R. A., Auguste G., Backaitis S., Kleinberger M.: *Techniques for developing child dummy protection reference values*, Traffic Injury Prevention, Volume 9 Issue 3 2008, str. 243-255.
- [4] Prochowski L., Zielonka K.: *Metody badań i wyniki pomiarów obciążeń dynamicznych pasażerów podczas uderzenia autobusu w przeszkodę*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów Politechniki Warszawskiej, nr 1/2010, str. 255-266.
- [5] <http://www.dentonatd.com/radenton/database%5Cpdf%5C3255-D.pdf>, (17.10.2010 r.).
- [6] http://www.endevco.com/product/Product.aspx?product_id=73, (22.01.2011).
- [7] Wicher J.: *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, WKiŁ 2002, str. 93-96.
- [8] <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/children/p-series>, (4.01.2012r.).