

1. Obiekt badań

Obiektem badań był samochód ciężarowy marki Isuzu D-Max identyfikowany symbolem próbki PIM/15/002 zgodnie z zapisem w rejestrze zamówień Laboratorium Badań Pojazdów PIMOT. Dane dotyczące obiektu badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane dotyczące obiektu badań

Nazwa handlowa lub marka i typ pojazdu:	Isuzu D-Max	
Rodzaj pojazdu, liczba drzwi / kolor nadwozia:	Pick-up, 4-drzwiowy / srebrny	
Nr VIN:	MPATFS86JET005156	
Kategoria pojazdu:	N ₁	
Liczba miejsc siedzących	5	
Marka i rozmiar ogumienia kół jezdnych	osi przedniej	Bridgestone Dueler X/T
	osi tylnej	255/65R17
Ciśnienie w ogumieniu kół jezdnych	osi przedniej	0,20 MPa
	osi tylnej	0,25 MPa
Maksymalne obciążenie (według tabliczki znamionowej)	osi przedniej	1350 kg
	osi tylnej	1870 kg
Dopuszczalna masa całkowita pojazdu	3000 kg	
Dopuszczalna masa całkowita zespołu pojazdów	6000 kg	

2. Cel badań

Celem badań było wyznaczenie parametrów i charakterystyk obiektu badań.

3. Zakres badań

Zakres badań samochodu obejmował:

- 3.1. Pomiary rozkładu masy pojazdu na poszczególne koła jezdne, osie kół jezdnych i strony pojazdu;
- 3.2. Pomiary podstawowych wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych pojazdu;
- 3.3. Wyznaczenie charakterystyk sprężysto - tłumiących zawieszenia pojazdu;
- 3.4. Ocena samosterowności osi jezdnych pojazdu;
- 3.5. Wyznaczenie charakterystyk geometrycznych i sprężystościowych układu kierowniczego pojazdu;
- 3.6. Wyznaczenie położenia środka masy pojazdu;
- 3.7. Wyznaczenie granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego;
- 3.8. Wyznaczenie momentów bezwładności.

4. Wyniki pomiarów

4.1. Pomiary rozkładu masy pojazdu na koła jezdne, osie kół jezdnych i strony pojazdu wykonano dla trzech stanów obciążenia

- 4.1.1. Masa pojazdu w stanie nieobciążonym, czyli: bez kierowcy i pasażerów, płyny eksploatacyjne w objętości nominalnej, zbiornik paliwa wypełniony w 100%;

4.1.2. Masa pojazdu w stanie obciążonym: kierowcą (75 kg), pasażerem na prawym przednim fotelu (75 kg) oraz aparaturą pomiarową (20 kg na podłodze za fotelem kierowcy i 20 kg na podłodze za przednim prawym fotelem) wraz z mocowaniem;

4.1.3. Masa pojazdu w stanie obciążonym: kierowcą (75 kg), pasażerem na prawym przednim fotelu (75 kg), aparaturą pomiarową (20 kg na podłodze za fotelem kierowcy i 20 kg na podłodze za przednim prawym fotelem), pasażerami na tylnej kanapie (2x75 kg + 1x50 kg = 200 kg) oraz ładunkiem umieszczonym w środku geometrycznym skrzyni ładunkowej (525 kg) wraz z mocowaniem.

Przyjęte oznaczenia: PL – lewe przednie koło jezdne, TL – lewe tylne koło jezdne, PP – prawe przednie koło jezdne, TP – prawe tylne koło jezdne, SL – strona lewa, SP – strona prawa, OP – oś przednich kół jezdnych, OT – oś tylnych kół jezdnych, P – pojazd.

Wyniki pomiarów rozkładu masy pojazdu na koła jezdne, osie kół jezdnych i strony pojazdu dla trzech stanów obciążenia przedstawiono odpowiednio w tabeli 2-4

Tabela 2. Obciążenie pojazdu przypadające na poszczególne koła jezdne, osie kół jezdnych i strony w stanie zgodnie z p. 4.1.1

Obciążenie [kg]					
PL	631	PP	581	OP	1212
TL	439	TP	413	OT	852
SL	1070	SP	994	P	2064

Tabela 3. Obciążenie pojazdu przypadające na poszczególne koła jezdne, osie kół jezdnych i strony w stanie zgodnie z p. 4.1.2

Obciążenie [kg]					
PL	681	PP	633	OP	1314
TL	484	TP	456	OT	940
SL	1165	SP	1089	P	2254

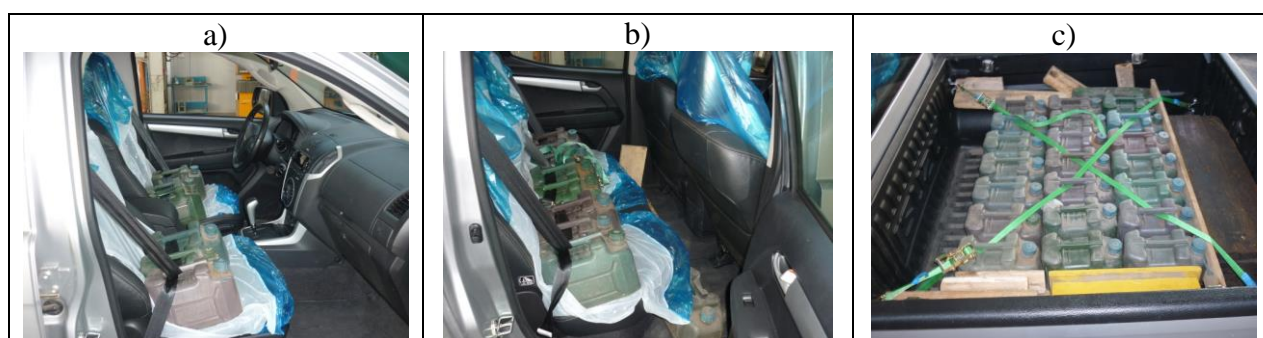
Tabela 4. Obciążenie pojazdu przypadające na poszczególne koła jezdne, osie kół jezdnych i strony w stanie zgodnie z p. 4.1.3

Obciążenie [kg]					
PL	682	PP	618	OP	1300
TL	876	TP	835	OT	1711
SL	1558	SP	1453	P	3011

Obciążenie kierowcą, pasażerem, aparaturą pomiarową i ładunkiem w skrzyni ładunkowej zrealizowano umieszczając pojemniki ze śrutem. Sposób rozmieszczenia pojemników ze śrutem dla drugiego i trzeciego stanu obciążenia (patrz p. 4.1.2 i 4.1.3) przedstawiono na rys. 1 i 2. Obciążenie ładunkiem w skrzyni ładunkowej umieszczono w jej środku geometrycznym – rys. 2c.



Rys. 1. Widok sposobu rozmieszczenia pojemników ze śrutem (zgodnie z p. 4.1.2), a) widok przednich foteli: kierowcy i pasażera, b) widok podłogi za przednimi fotelami



Rys. 2. Widok sposobu rozmieszczenia pojemników ze śrutem (zgodnie z p. 4.1.3), a) widok przednich foteli: kierowcy i pasażera, b) widok podłogi za przednimi fotelami oraz tylnej kanapy, c) widok skrzyni ładunkowej

4.2. Wynik pomiarów podstawowych wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych obiektu badań

Pomiary podstawowych wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych pojazdu wykonano dla masy pojazdu w stanie nieobciążonym (zgodnie z p. 4.1.1) i przedstawiono w tabeli 5 i 6.

Tabela 5. Pomiary podstawowych wymiarów zewnętrznych

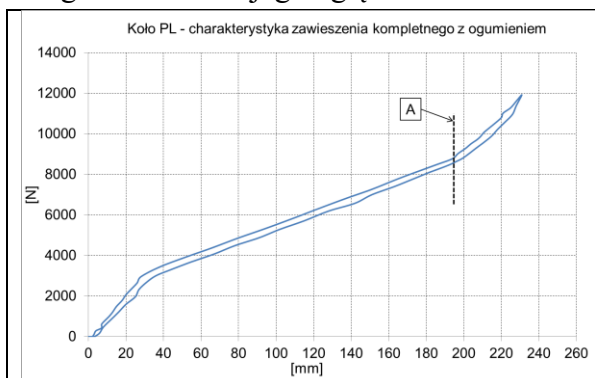
Parametr		Wartość [mm]
Długość pojazdu		5305
Szerokość pojazdu		1860
Wysokość pojazdu		1790
Rozstaw kół jezdnych	przednich	1572
	tylnych	1565
Rozstaw osi kół jezdnych		3105
Zwis przedni		905
Zwis tylny		1295
Kąt natarcia		33,0°
Kąt zejścia		23,1°

Tabela 6. Pomiary podstawowych wymiarów wewnętrznych

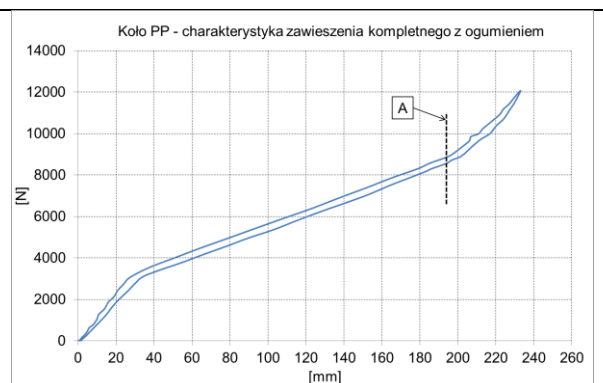
Parametr	Wartość [mm]
Odległość pomiędzy drzwiami przednimi	1350
Odległość pomiędzy drzwiami tylnymi	1320
Odległość tylnej kanapy od podłogi pojazdu	310
Odległość przedniego fotela od podłogi pojazdu (pomierzono fotel kierowcy)	280
Głębokość siedziska przedniego fotela (pomierzono fotel kierowcy)	520
Głębokość siedziska tylnej kanapy	490
Szerokość siedziska pasażera	520
Szerokość skrzyni ładownej (pomiędzy burtami)	1480
Szerokość skrzyni ładownej (pomiędzy nadkolami)	1100
Głębokość skrzyni ładownej	1460
Wysokość skrzyni ładownej	480

4.3. Charakterystyki sprężysto-tłumiące zawieszenia obiektu badań

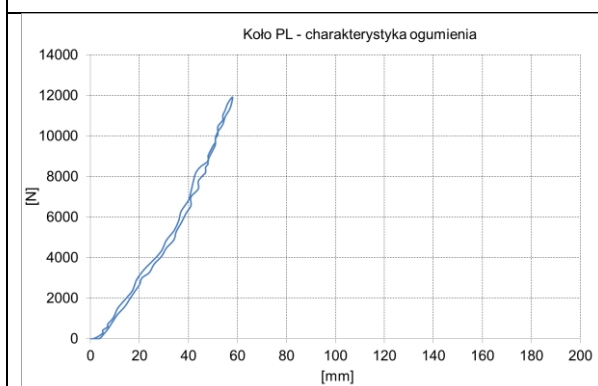
Charakterystyki sprężysto-tłumiące zawieszenia przedniego i tylnego obiektu badań przedstawiono na rysunkach 3a-3c, 4a-4c, 5a-5c i 6a-6c. Na tych rysunkach, na osi odciętej przedstawiono odpowiednio: ugięcie zawieszenia kompletnego z ogumieniem, ugięcie ogumienia, ugięcie zawieszenia, natomiast na osi rzędnej przedstawiono obciążenie przypadające na poszczególne koło. Ugięcie 0 oznacza, że koło jest uniesione i nie styka się z powierzchnią podłoża. Literą A zaznaczono chwilę, w której nastąpił styk zawieszenia z ogranicznikiem jego ugięcia.



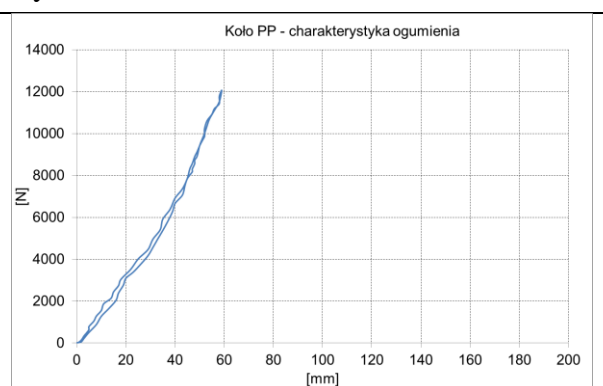
Rys. 3a.



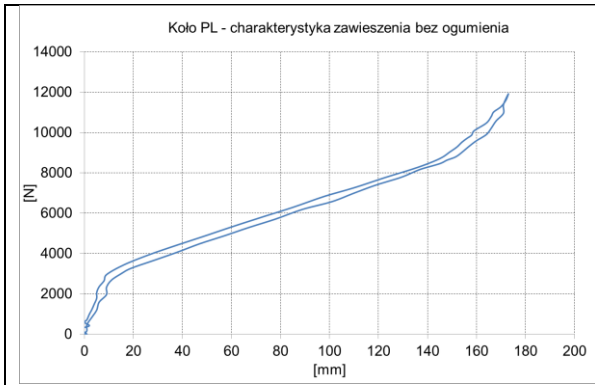
Rys. 4a.



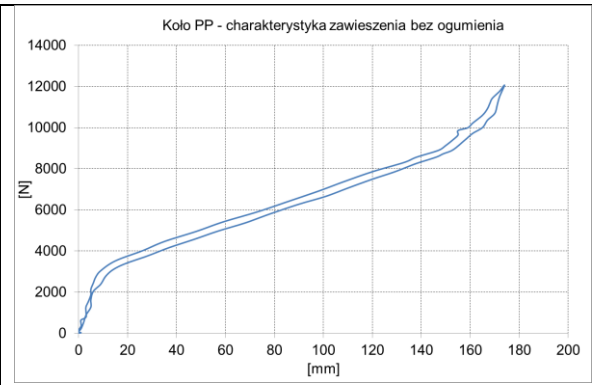
Rys. 3b.



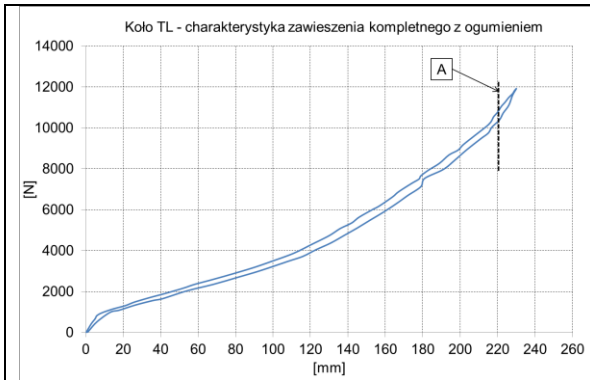
Rys. 4b.



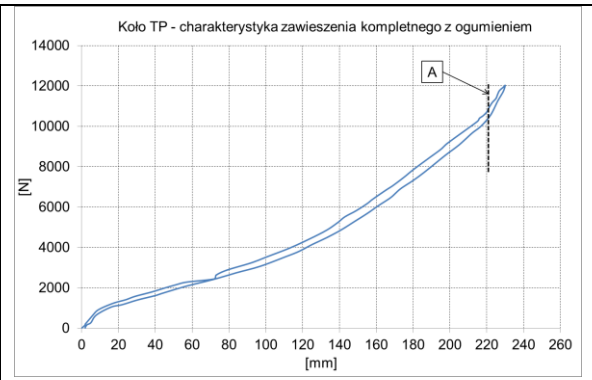
Rys. 3c.



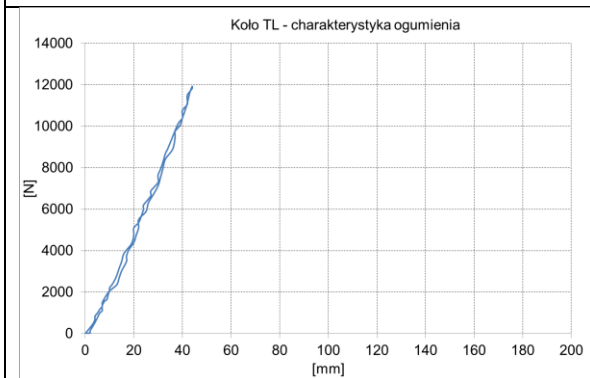
Rys. 4c.



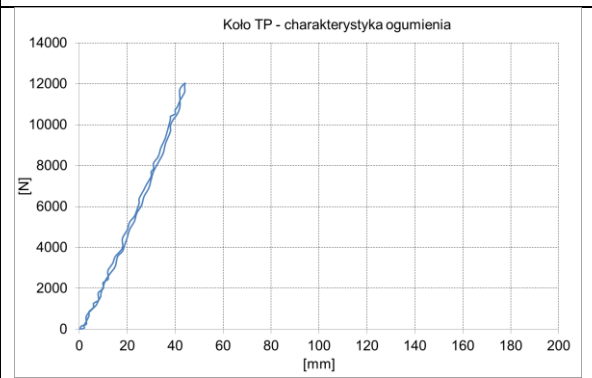
Rys. 5a.



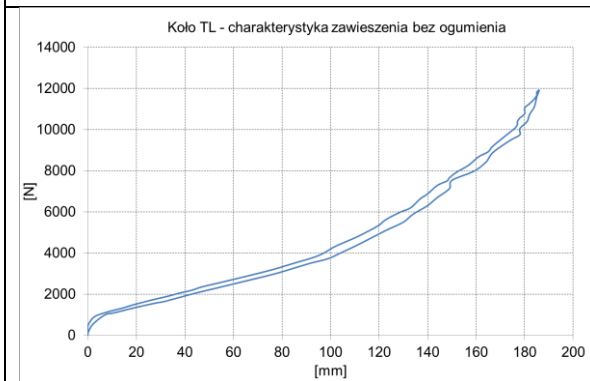
Rys. 6a.



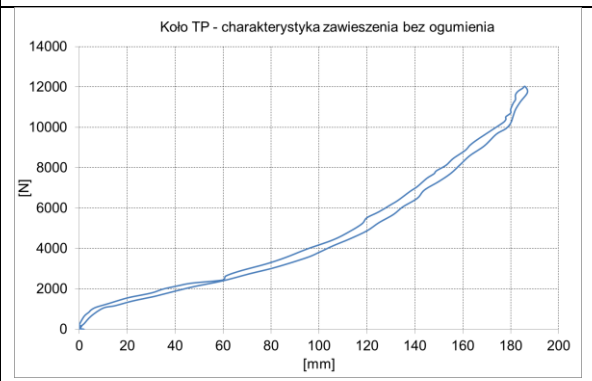
Rys. 5b.



Rys. 6b.



Rys. 5c.



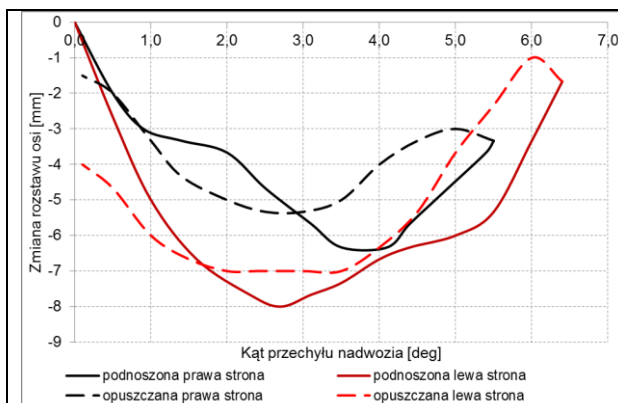
Rys. 6c.



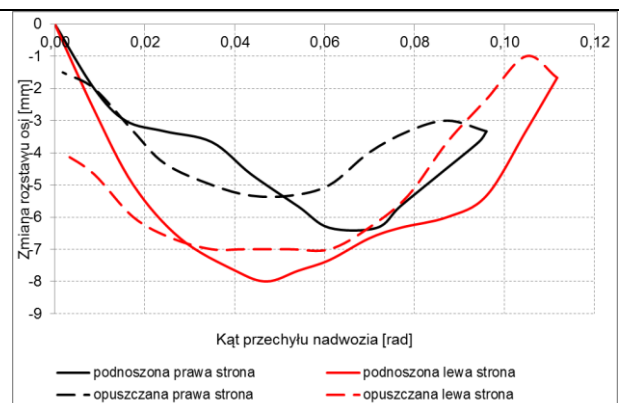
Rys. 7. Widok obiektu badań podczas wyznaczania charakterystyk sprężysto-tłumiących zawieszenia: a) przedniego b) tylnego

4.4. Ocena samosterowności osi jezdnych samochodu

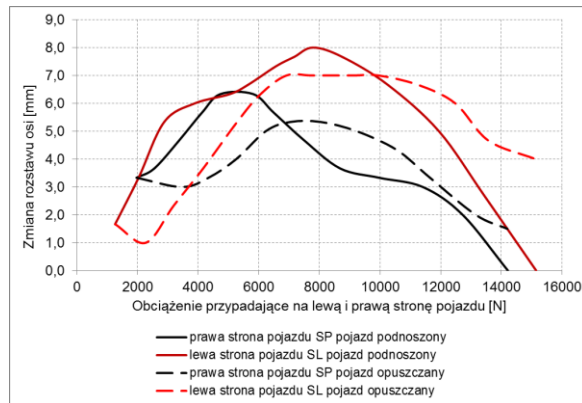
Wyniki pomiarów zmiany przemieszczenia osi jezdnych samochodu w zależności od zmiany kąta przechyłu nadwozia pokazano na rys. 8a i 8b. Wyniki pomiarów zmiany rozstawu osi jezdnych pojazdu w funkcji obciążenia przypadającego na tę oś przedstawiono na rys. 8c.



Rys. 8a. Samosterowność osi jezdnych pojazdu, wartości kątów przechyłu nadwozia w stopniach



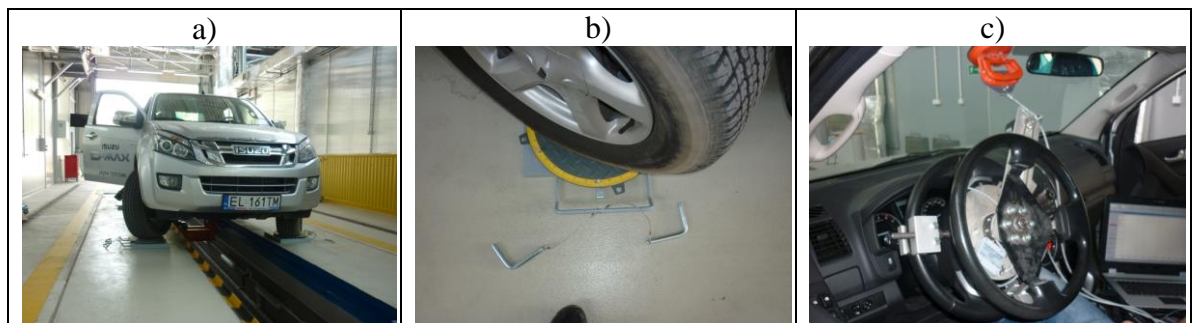
Rys. 8b. Samosterowność osi jezdnych pojazdu, wartości kątów przechyłu nadwozia w radianach



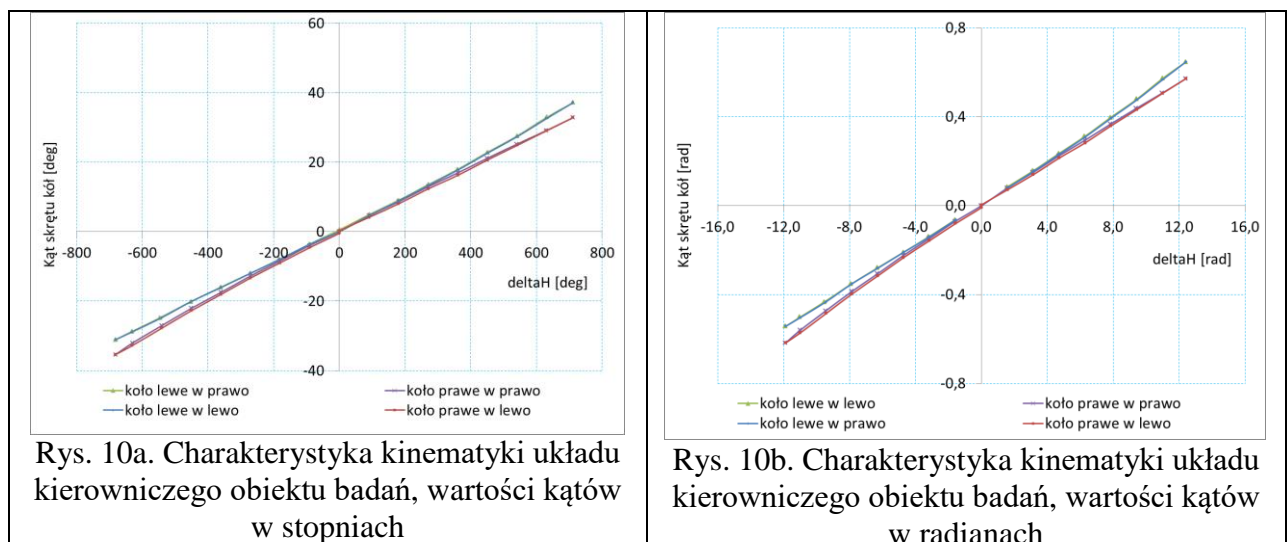
Rys. 8c. Zmiana rozstawu osi jezdnych pojazdu w funkcji obciążenia przypadającego na tę oś

4.5. Wyznaczenie charakterystyk geometrycznych i sprężystościowych układu kierowniczego samochodu

Badanie kinematyki i przełożenia układu kierowniczego samochodu wykonano na stanowisku badawczym, a widok obiektu badań na tym stanowisku przedstawiono na rys. 9. Charakterystykę kinematyki układu kierowniczego samochodu przedstawiono na rys. 10a i 10b. Kąt obrotu koła kierownicy oznaczono jako δH .



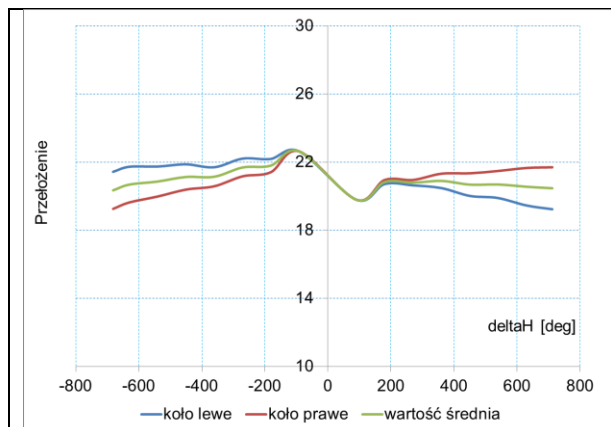
Rys. 9. Widok obiektu badań podczas wyznaczania charakterystyk geometrycznych i sprężystościowych układu kierowniczego: a) samochód na stanowisku, b) koło kierowane na obrotnicy, c) aparatura do pomiaru kąta obrotu kierownicy



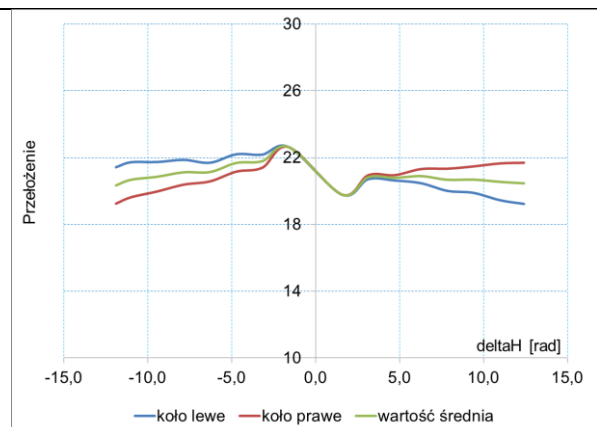
Rys. 10a. Charakterystyka kinematyki układu kierowniczego obiektu badań, wartości kątów w stopniach

Rys. 10b. Charakterystyka kinematyki układu kierowniczego obiektu badań, wartości kątów w radianach

Charakterystykę przełożenia kinematycznego układu kierowniczego samochodu przedstawiono na rys. 11a i 11b.



Rys. 11a. Charakterystyka przełożenia układu kierowniczego, wartości kątów obrotu kołem kierownicy w stopniach

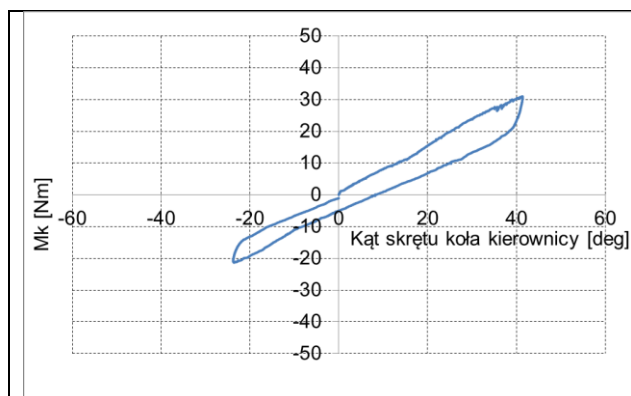


Rys. 11b. Charakterystyka przełożenia układu kierowniczego, wartości kątów obrotu kołem kierownicy w radianach

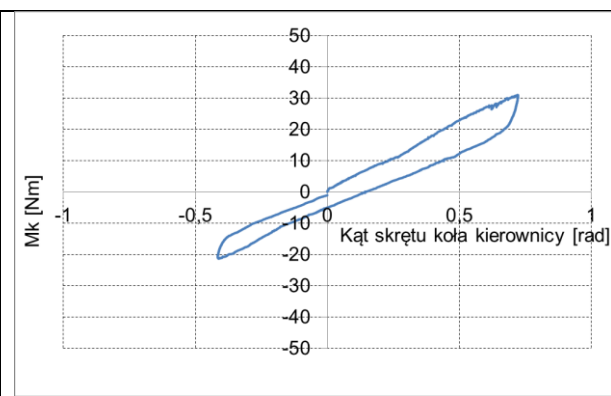
Charakterystykę podatności układu kierowniczego samochodu przedstawiono na rys. 12a, 12b, 13a, 13b, 14a, 14b. Badanie podatności układu kierowniczego wykonano poprzez pomiar kąta obrotu koła kierownicy wywołanym momentem obrotowym dla trzech przypadków:

- unieruchomienie lewego przedniego koła jezdnego pojazdu,
- unieruchomienie prawego przedniego koła jezdnego pojazdu,
- unieruchomienie obu kół jezdnych pojazdu.

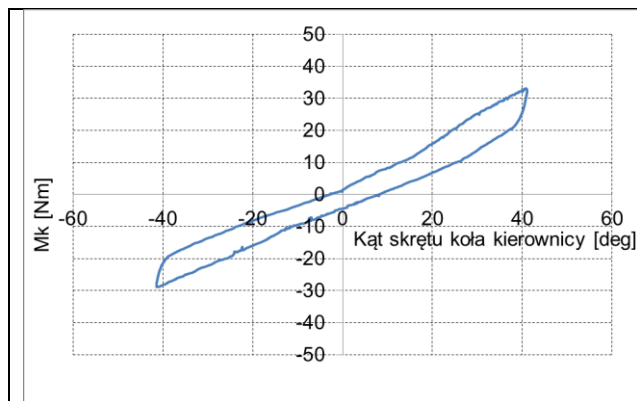
Widok sposobu unieruchomienia kół jezdnych pojazdu przedstawiono na rys. rys. 15a-15c.



Rys. 12a. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, lewe przednie koło jezdne unieruchomione, wartości kątów w stopniach



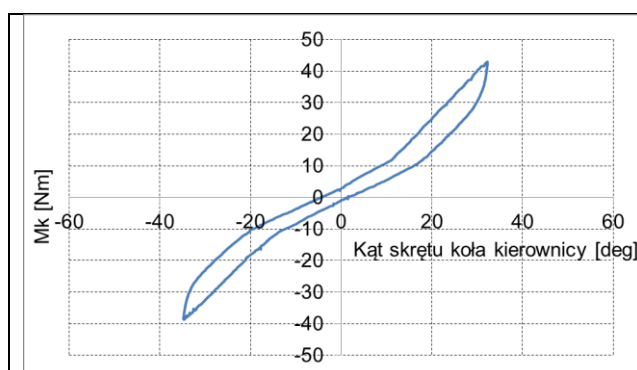
Rys. 12b. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, lewe przednie koło jezdne unieruchomione, wartości kątów w radianach



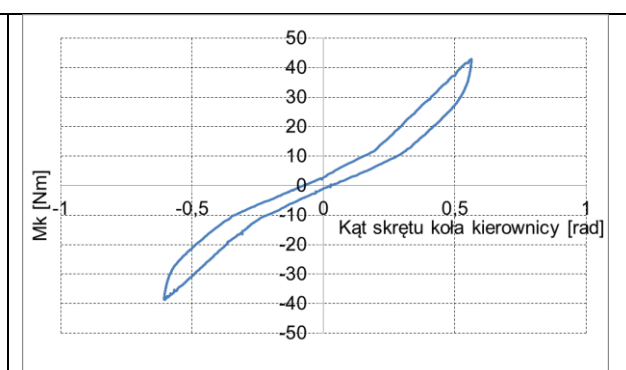
Rys. 13a. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, prawe przednie koło jezdne unieruchomione, wartości kątów w stopniach



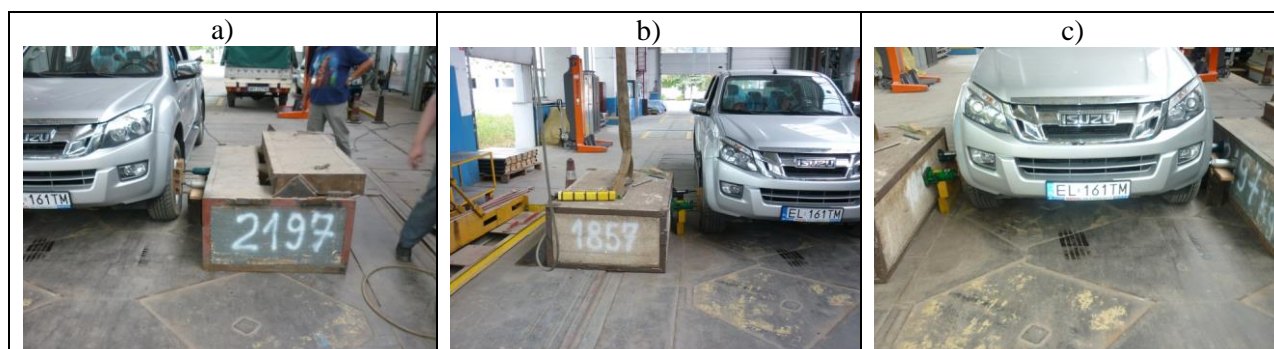
Rys. 13b. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, prawe przednie koło jezdne unieruchomione, wartości kątów w radianach



Rys. 14a. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, unieruchomienie obu kół jezdnych pojazdu, wartości kątów w stopniach



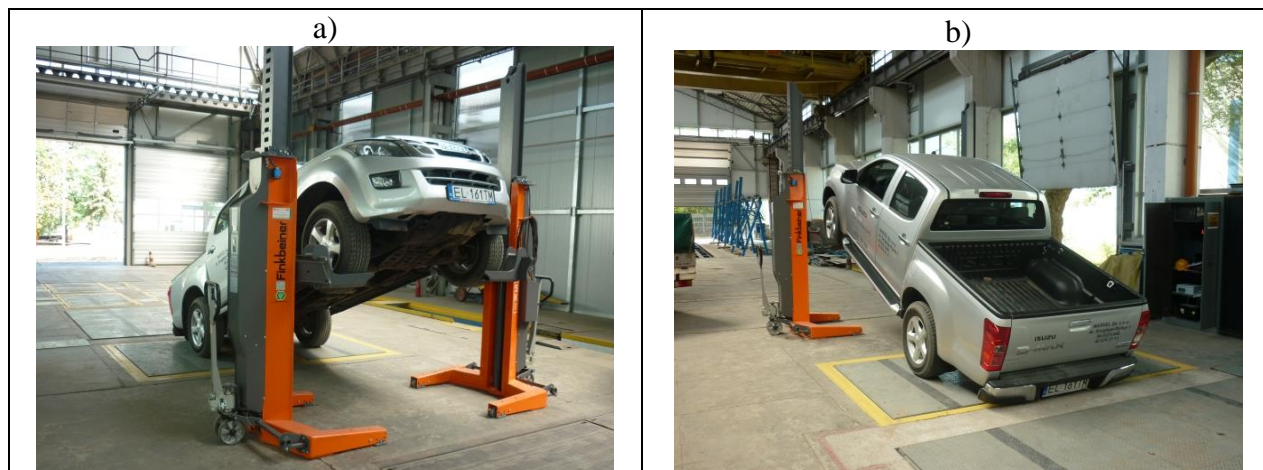
Rys. 14b. Charakterystyka podatności układu kierowniczego, unieruchomienie obu kół jezdnych pojazdu, wartości kątów w radianach



Rys. 15. Widok sposobu unieruchomienia kół jezdnych pojazdu:
a) lewe przednie koło jezdne unieruchomione, b) prawe przednie koło jezdne unieruchomione, c) unieruchomienie obu kół jezdnych pojazdu

4.6. Wyznaczenie położenia środka masy obiektu badań

Wyznaczenie położenia środka masy obiektu badań zrealizowano przy zablokowaniu zawieszania i wykonano na stanowisku wagowym dla trzech stanów obciążenia (4.1.1, 4.1.2 i 4.1.3). Widok obiektu badań przedstawiono na rys 16, a wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 6.



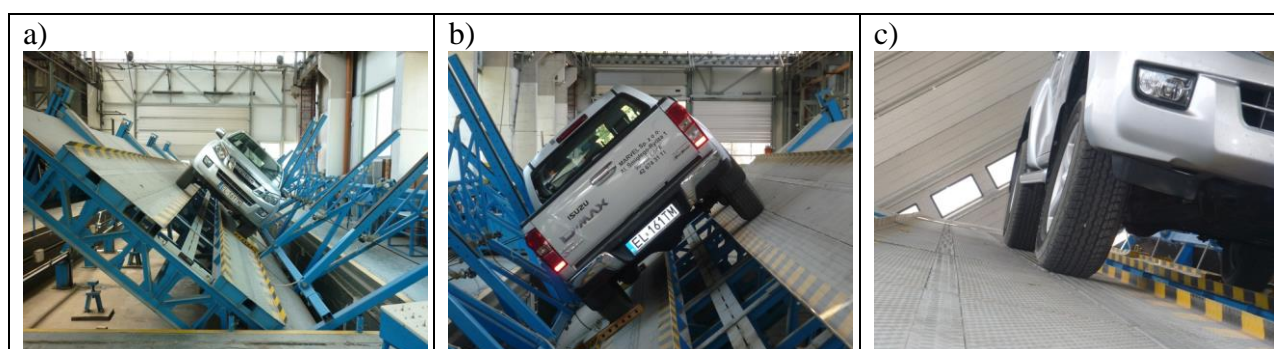
Rys. 16. Widok obiektu badań podczas wyznaczania położenia środka masy:
a) widok od przodu obiektu badań, b) widok od tyłu obiektu badań

Tabela 6. Wyniki obliczeń położenia środka masy

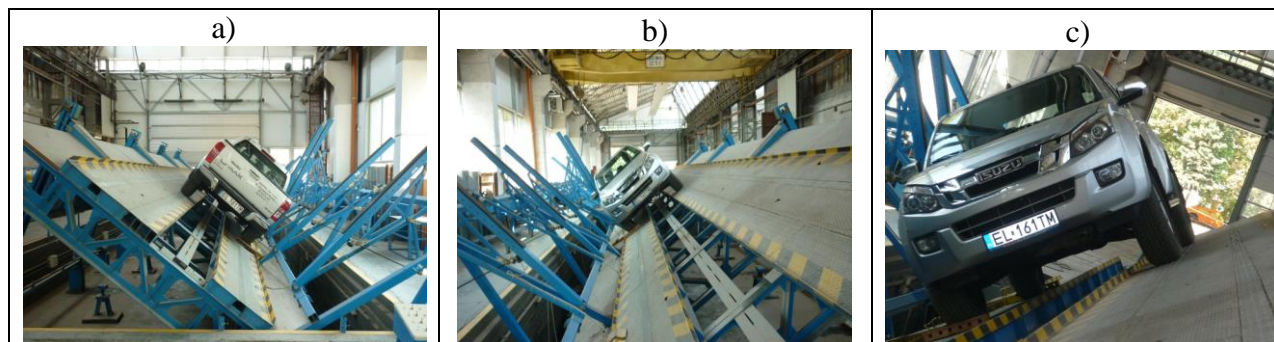
	Odległość środka masy pojazdu od:		
	płaszczyzny pionowej przechodzącej przez przednią oś kół jezdnych pojazdu [mm]	płaszczyzny pionowej przechodzącej wzdłuż pojazdu [mm]	Podłoża [mm]
Masa obiektu badań zgodnie z p. 4.2.1	1281	29 (w lewo)	682
Masa obiektu badań zgodnie z p. 4.2.2	1293	26 (w lewo)	693
Masa obiektu badań zgodnie z p. 4.2.3	1759	27 (w lewo)	728

4.7. Wyznaczenie granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego

Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego w lewą stronę dla stanu obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.1 przedstawiono na rys. 17 - 18.

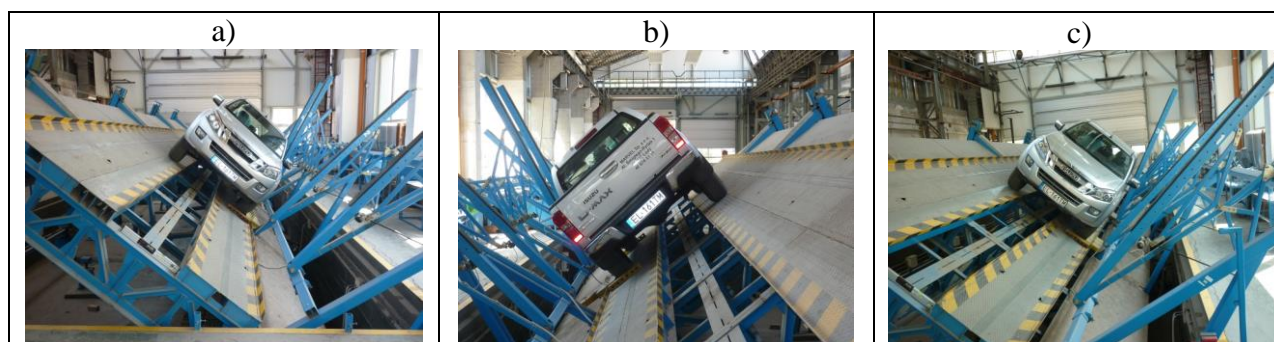


Rys. 17. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.1, przechył pojazdu w lewą stronę (a – widok przodu pojazdu, b – widok tyłu pojazdu, c – widok kół odciążonych)

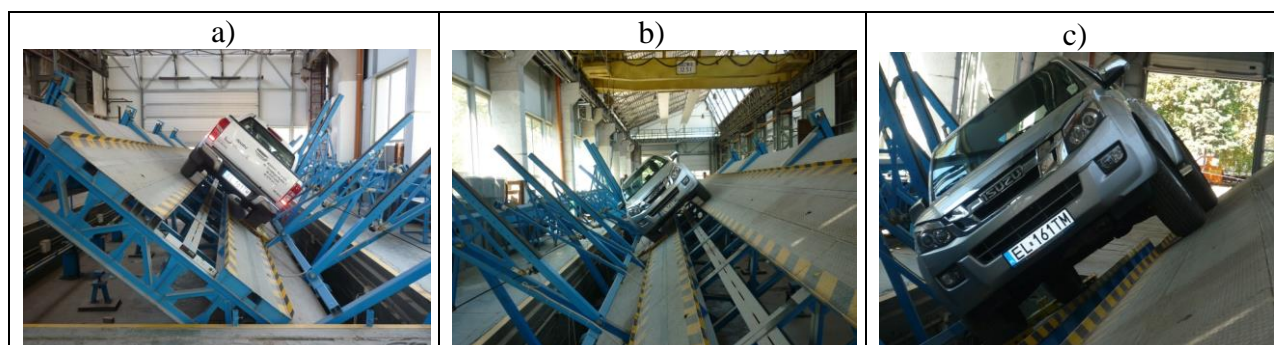


Rys. 18. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.1, przechył pojazdu w prawą stronę (a – widok tyłu pojazdu, b – widok przodu pojazdu, c – widok kół odciążanych)

Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego w lewą stronę dla stanu obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.2 przedstawiono na rys. 19 i 20.

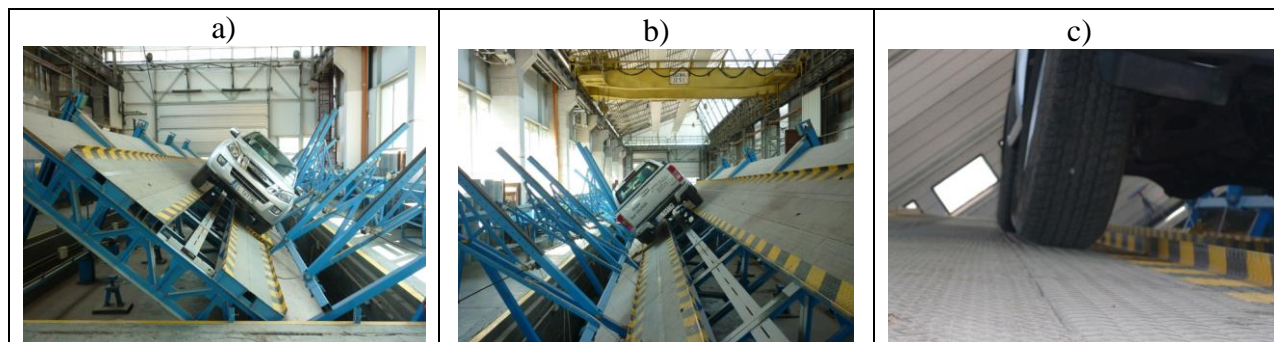


Rys. 19. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.2, przechył pojazdu w lewą stronę (a – widok przodu pojazdu, b – widok tyłu pojazdu, c – widok podpór zabezpieczających)

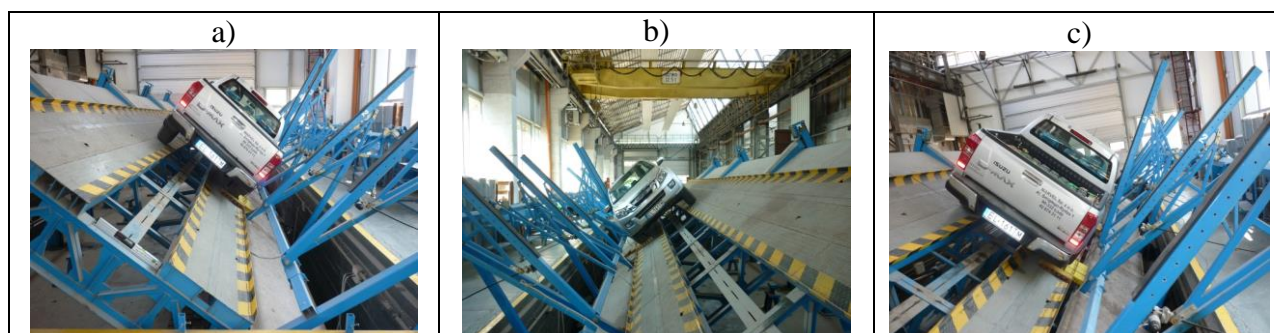


Rys. 20. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.2, przechył pojazdu w prawą stronę (a – widok tyłu pojazdu, b – widok przodu pojazdu, c – widok kół odciążanych)

Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego w lewą stronę dla stanu obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.3 przedstawiono na rys. 21 i 22.



Rys. 21. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.3, przechył pojazdu w lewą stronę (a – widok przodu pojazdu, b – widok tyłu pojazdu, c – widok kół odciążanych)



Rys. 22. Widok obiektu badań podczas wyznaczania granicznego statycznego kąta przechyłu poprzecznego, stan obciążenia pojazdu zgodnie z p. 4.1.3, przechył pojazdu w prawą stronę (a – widok tyłu pojazdu, b – widok przodu pojazdu, c – widok podpór zabezpieczających)

Podczas przechylania pochylni na prawą i lewą stronę dla trzech stanów obciążenia stwierdzono, że przy maksymalnym kącie przechylenia pochylni $39,4^\circ$ nie nastąpiło oderwanie się od pomostu żadnego odciążanego koła podczas przechylania stanowiska w lewą i prawą stronę pojazdu.

4.8. Wyznaczenie momentów bezwładności

4.8.1. Moment bezwładności nadwozia pojazdu względem osi x (Ksi - ξ)

Moment bezwładności nadwozia pojazdu względem osi x (Ksi - ξ), czyli I_ξ związanej z tą bryłą wyznaczono z zależności obliczeniowej (1).

$$I_\xi = m_N i_\xi^2 \quad (1)$$

gdzie:

m_N – masa nadwozia pojazdu, i_ξ – promień bezwładności nadwozia pojazdu względem osi ξ .

Przybliżoną masę nadwozia pojazdu wyznaczono z zależności:

$$m_N = m - (m_{U,f} + m_{U,r}) \quad (2)$$

gdzie:

$m_{U,f}$ – masa nieresorowana przedniej osi jezdnej,

$m_{U,r}$ – masa nieresorowana tylnej osi jezdnej,

$$m_{U,f} = \frac{i_{m,f} m_{V,f}}{1 + i_{m,f}} \quad (3)$$

$$m_{U,r} = \frac{i_{m,r} m_{V,r}}{1 + i_{m,r}} \quad (4)$$

gdzie:

$i_{m,f} \approx 0,12$ dla zawieszenia przedniego,

$i_{m,r} \approx 0,22$ dla tylnego sztywnego mostu napędowego

według [Reimpell J., Betzler J. – Podwozia samochodów – Podstawy konstrukcji],

$m_{V,f}$ – masa pojazdu przypadająca na przednią oś jezdną,

$m_{V,r}$ – masa pojazdu przypadająca na tylną oś jezdną.

Wyniki obliczeń przybliżonej wartości masy nieresorowanej i masy nadwozia przedstawiono w tabeli 7. Przybliżone wartości promieni bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności nadwozia pojazdu względem osi x (Ksi - ξ) przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 7. Wyniki obliczeń przybliżonej wartości masy nieresorowanej i masy nadwozia

	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.1. [kg]	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.2. [kg]	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.3. [kg]
$m_{U,f}$	130	141	139
$m_{U,r}$	154	170	309
m_N	1781	1944	2563

Tabela 8. Przybliżone wartości promieni bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności nadwozia pojazdu względem osi x (Ksi - ξ), według [Reimpell J., Betzler J. – Podwozia samochodów – Podstawy konstrukcji]

Stopień obciążenia pojazdu	Promień bezwładności nadwozia pojazdu względem osi x (Ksi - ξ), czyli i_ξ [m]
Pojazd nieobciążony	0,65
Pojazd obciążony dwoma osobami	0,64
Pojazd obciążony czterema osobami	0,60
Pojazd obciążony czterema osobami i bagażem	0,56

Wartość I_ξ wyznaczona z zależności obliczeniowej (1), dla trzech stanów obciążenia jest następująca:

- I_ξ nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.1. - 752 kgm²
- I_ξ nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.2. - 796 kgm²
- I_ξ nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.3. - 804 kgm²

4.8.2. Moment bezwładności nadwozia pojazdu względem osi y (Eta - η)

Moment bezwładności nadwozia pojazdu względem osi y (Eta - η), czyli I_η związanej z tą bryłą wyznaczono z zależności obliczeniowej (5).

$$I_\eta = m_N i_\eta^2 \quad (5)$$

gdzie:

m_N – masa nadwozia pojazdu, i_η – promień bezwładności nadwozia pojazdu względem osi η .

Wyniki obliczeń przybliżonej wartości masy nieresorowanej i masy nadwozia są jak w p. 4.8.1. Przybliżone wartości promieni bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności nadwozia pojazdu względem osi y (Eta - η) przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Przybliżone wartości promieni bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności nadwozia pojazdu względem osi y (Eta - η), według [Reimpell J., Betzler J. – Podwozia samochodów – Podstawy konstrukcji]

Stopień obciążenia pojazdu	Promień bezwładności nadwozia pojazdu względem osi y (Eta - η), czyli i_η [m]
Pojazd nieobciążony	1,21
Pojazd obciążony dwoma osobami	1,13
Pojazd obciążony czterema osobami	1,10
Pojazd obciążony czterema osobami i bagażem	1,13

Wartość I_η wyznaczona z zależności obliczeniowej (5), dla trzech stanów obciążenia jest następująca:

- I_η nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.1. - 2607 kgm²
- I_η nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.2. - 2482 kgm²
- I_η nadwozia pojazdu w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.3. - 3273 kgm²

4.8.3. Moment bezwładności całego pojazdu względem osi z (Dzeta - ζ)

Moment bezwładności całego pojazdu względem osi z (Dzeta - ζ), czyli I_ζ związanej z tą bryłą wyznaczono z zależności obliczeniowych podanych w literaturze. Przybliżone wartości promienia bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności całego pojazdu w zależności od stanu obciążenia pojazdu podano w tabeli 10. Wyniki obliczeń wartości momentu bezwładności całego pojazdu względem osi pionowej - z (Dzeta - ζ) dla trzech stanów obciążenia przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 10. Przybliżone wartości promieni bezwładności odnoszące się do momentów bezwładności całego pojazdu względem osi pionowej - z (Dzeta - ζ), według [Reimpell J., Betzler J. – Podwozia samochodów – Podstawy konstrukcji]

Stopień obciążenia pojazdu	Promień bezwładności całego pojazdu względem osi pionowej - z (Dzeta - ζ), czyli i_ζ
Pojazd nieobciążony	1,20
Pojazd obciążony dwoma osobami	1,15
Pojazd obciążony czterema osobami	1,14
Pojazd obciążony czterema osobami i bagażem	1,18

Tabela 11. Wartości I_{ζ} wyznaczone dla trzech stanów obciążenia

Zależność obliczeniowa	Wartość momentu bezwładności całego pojazdu względem osi ζ dla trzech stanów obciążenia [kgm^2]		
	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.1.	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.2.	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p. 4.1.3.
$I_{\zeta} = 0,1269 m L_c L$	4314	4712	6294
$I_{\zeta} = 0,4557 m L w_0$	5432	5932	7924
$I_{\zeta} = m L_1 L_2$	4823	5281	7129
$I_{\zeta} = m i_{\zeta}^2$	2972	2981	4193

Do obliczeń przyjęto następujące oznaczenia:

- I_{ζ} – moment bezwładności całego pojazdu względem osi ζ (Dzeta - ζ),
- m – masa całego pojazdu,
- L_c – długość całkowita pojazdu,
- L – rozstaw osi kół jezdnych pojazdu,
- L_1 – odległość środka masy od przedniej osi kół jezdnych pojazdu,
- L_2 – odległość środka masy od tylnej osi kół jezdnych pojazdu,
- w_0 – szerokość pojazdu,
- i_{ζ} – promień bezwładności całego pojazdu względem osi ζ .

4.8.4. Centralny moment bezwładności obciążenia zastępczego

Centralny moment bezwładności bryły kierowcy względem osi x, osi y, osi z związanych z tą bryłą.

$$I_{C\xi} = 0,4 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\eta} = 0,7 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\zeta} = 0,6 \text{ kgm}^2$$

Centralny moment bezwładności bryły aparatury względem osi x, osi y, osi z związanych z tą bryłą.

$$I_{C\xi} = 0,2 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\eta} = 0,1 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\zeta} = 0,2 \text{ kgm}^2$$

Centralny moment bezwładności bryły pasażerów na tylnej kanapie względem osi x, osi y, osi z związanych z tą bryłą.

$$I_{C\xi} = 24,6 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\eta} = 1,9 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\zeta} = 25,3 \text{ kgm}^2$$

Centralny moment bezwładności bryły obciążenia przestrzeni ładunkowej względem osi x, osi y, osi z związanych z tą bryłą.

$$I_{C\xi} = 49,9 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\eta} = 32,5 \text{ kgm}^2$$

$$I_{C\zeta} = 79,1 \text{ kgm}^2$$

4.8.5. Oszacowanie momentu bezwładności obciążenia zastępczego względem środka masy pojazdu

Wielkości wykorzystane do oszacowania momentu bezwładności obciążenia zastępczego względem środka masy pojazdu przedstawiono w tabeli 12. Wyniki oszacowania momentu bezwładności obciążenia zastępczego względem środka masy pojazdu przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 12. Wielkości wykorzystane w obliczeniach

	Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p.		
	4.1.1.	4.1.2.	4.1.3.
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od przedniej osi kół jezdnych [m]	1,482	1,482	1,482
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od osi symetrii [m]	0,5	0,5	0,5
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od podłoża [m]	0,909	0,909	0,909
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od środka masy pojazdu w kierunku osi x (Ksi - ξ) [m]	0,201	0,189	-0,277
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od środka masy pojazdu w kierunku osi y (Eta - η) [m]	0,471	0,474	0,473
Odległość obciążenia zastępczego kierowcy na przednim lewym fotelu od środka masy pojazdu w kierunku osi z (Dzeta - ζ) [m]	0,227	0,216	0,181
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od przedniej osi kół jezdnych [m]	1,899	1,899	1,899
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od osi symetrii [m]	0,5	0,5	0,5
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od podłoża [m]	0,676	0,676	0,676
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od środka masy pojazdu w kierunku osi x (Ksi - ξ) [m]	0,618	0,606	0,14
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od środka masy pojazdu w kierunku osi y (Eta - η) [m]	0,471	0,474	0,473
Odległość obciążenia zastępczego aparatury za fotelem kierowcy od środka masy pojazdu w kierunku osi z (Dzeta - ζ) [m]	-0,006	-0,017	-0,052
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od przedniej osi kół jezdnych [m]	1,899	1,899	1,899
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od osi symetrii [m]	0,5	0,5	0,5
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od podłoża [m]	0,909	0,909	0,909

Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od środka masy pojazdu w kierunku osi x (Ksi - ξ) [m]	0,618	0,606	0,14
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od środka masy pojazdu w kierunku osi y (Eta - η) [m]	0,471	0,474	0,473
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na tylnej kanapie od środka masy pojazdu w kierunku osi z (Dzeta - ζ) [m]	0,227	0,216	0,181
Odległość obciążenia zastępczego ładunku na skrzyni ładunkowej od przedniej osi kół jezdnych [m]	3,505	3,505	3,505
Odległość obciążenia zastępczego ładunku na skrzyni ładunkowej od osi symetrii [m]	0	0	0
Odległość obciążenia zastępczego ładunku na skrzyni ładunkowej od podłoża [m]	0,94	0,94	0,94
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na skrzyni ładunkowej od środka masy pojazdu w kierunku osi x (Ksi - ξ) [m]	2,224	2,212	1,746
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na skrzyni ładunkowej od środka masy pojazdu w kierunku osi y (Eta - η) [m]	-0,029	-0,026	-0,027
Odległość obciążenia zastępczego pasażerów na skrzyni ładunkowej od środka masy pojazdu w kierunku osi z (Dzeta - ζ) [m]	0,258	0,247	0,212

Tabela 13. Wyniki oszacowania momentu bezwładności obciążenia zastępczego względem środka masy pojazdu

		Pojazd w stanie obciążenia zgodnie z p.		
		4.1.1.	4.1.2.	4.1.3.
Obciążenie zastępcze kierowcy	$I_{S\xi}$ [kgm ²]	17,0	17,2	17,2
	$I_{S\eta}$ [kgm ²]	3,8	3,4	6,5
	$I_{S\zeta}$ [kgm ²]	3,7	3,3	6,4
Obciążenie zastępcze aparatury za fotelem kierowcy	$I_{S\xi}$ [kgm ²]	5,8	5,9	5,8
	$I_{S\eta}$ [kgm ²]	9,7	9,3	0,6
	$I_{S\zeta}$ [kgm ²]	9,8	9,4	0,7
Obciążenie zastępcze pasażerów na tylnej kanapie	$I_{S\xi}$ [kgm ²]	69,0	69,6	69,4
	$I_{S\eta}$ [kgm ²]	78,3	75,4	5,9
	$I_{S\zeta}$ [kgm ²]	101,7	98,8	29,2
Obciążenie zastępcze ładunku w skrzyni ładunkowej	$I_{S\xi}$ [kgm ²]	50,3	50,3	50,3
	$I_{S\eta}$ [kgm ²]	2629,3	2601,3	1633,0
	$I_{S\zeta}$ [kgm ²]	2675,8	2647,9	1679,6

4.9. Wyznaczenie masy nieresorowanej

4.9.1. Masa nieresorowana z przodu pojazdu

Pomiar masy nieresorowanej z przodu pojazdu wykonano w następujący sposób. Wyjęto elementy sprężysto- tłumiące zawieszenia (amortyzator w sprężynie śrubowej). Pojazd znajdujący się na podnośniku nożycowym został uniesiony w taki sposób aby koła, część masy półosi, zwrotnice, piasty, część masy wahaczy, elementy układu hamulcowego znajdujące się w pobliżu koła swobodnie spoczywały na wagach. Sposób umieszczenia samochodu pokazano na rys. 23. Widok przedniego lewego zawieszenia bez elementów, o których wspomniano wcześniej pokazano na rys. 24.

Widok pojazdu podczas badań



Rys. 23. Widok pojazdu podczas badań



Rys. 24. Widok przedniego lewego zawieszenia pojazdu

Wynik pomiarów jest następujący:

- masa nieresorowana **nie** obejmująca elementów sprężysto- tłumiących zawieszenia to 136 kg,
- masa amortyzatora w sprężynie to 7 kg,
- masa ogumionego koła samochodu wraz z nakrętkami to 25 kg

4.9.2. Masa nieresorowana dotycząca tylnej osi jezdnej

Pomiar masy nieresorowanej z tyłu pojazdu wykonano w następujący sposób. Odkręcono elementy sprężysto- tłumiące zawieszenia (resor piórowy i amortyzator) od przodu pojazdu i od tyłu. Pojazd znajdujący się na podnośniku nożycowym został uniesiony w taki sposób aby resory piórowe, wieszaki resorów, śruby mocujące, amortyzatory, koła jezdne, tylny most, elementy układu hamulcowego swobodnie spoczywały na wagach. Sposób umieszczenia samochodu pokazano na rys. 25. Widok od prawego boku tylnego mostu pojazdu podczas badań pokazano na rys. 26.



Rys. 25. Widok tylnego mostu pojazdu podczas badań



Rys. 26. Widok od prawego boku tylnego mostu pojazdu podczas badań

Wynik pomiarów jest następujący, mianowicie masa nieresorowana obejmująca elementy sprężysto- tłumiące zawieszenia to 221 kg.