WPŁYW MIEJSCA UDERZENIA W STALOWĄ BARIERĘ OCHRONNĄ ORAZ UWARSTWIENIA GRUNTU NA WARTOŚĆ PARAMETRU ASI PODCZAS TESTU TB11

Dawid Bruski[1a], Stanisław Burzyński[1b], Jacek Chróścielewski[1c], Karol Skwira[1d], Krzysztof Wilde[1e], Wojciech Witkowski[1f]

[1]Katedra Wytrzymałości Materiałów, Politechnika Gdańska
[a]dawid.bruski@wilis.pg.gda.pl, [b]stanislaw.burzynski@wilis.pg.gda.pl,
[c]jacek.chroscielewski@wilis.pg.gda.pl, [d]karskwir@student.pg.gda.pl,
[e]krzysztof.wilde@wilis.pg.gda.pl, [f]wojciech.witkowski@wilis.pg.gda.pl

Streszczenie

Bariery stalowe są najczęściej stosowanym rodzajem barier ochronnych. Ich podstawowym zadaniem jest zapobieganie zjechaniu pojazdu z drogi w miejscach szczególnie niebezpiecznych. Bariery stosowane na europejskich drogach muszą spełniać wymagania norm EN 1317. Jednym z najważniejszych parametrów pozwalających klasyfikować bariery ochronne pod kątem zapewnienia stopnia bezpieczeństwa w trakcie incydentu jest wskaźnik intensywności przyspieszenia ASI, który pozwala określić wpływ zderzenia na osoby znajdujące się wewnątrz pojazdu. Symulacje numeryczne testów zderzeniowych są coraz powszechniej stosowane do oceny właściwości barier ochronnych. W pracy przedstawiono wpływ miejsca uderzenia pojazdu w stalową barierę ochronną oraz uwarstwienia gruntu, w którym posadowiona jest bariera, na wartość wskaźnika ASI podczas testu zderzeniowego TB11.

Słowa kluczowe: Drogowa bariera ochronna, miejsce uderzenia, EN 1317, ASI, MES, LS-DYNA

THE INFLUENCE OF IMPACT LOCATION ON THE STEEL SAFETY BARRIER AND THE STRATIFICATION OF THE GROUND ON THE ASI VALUE DURING TB11 TEST

Summary

Steel barriers are the most commonly used type of safety barriers. Their basic task is to prevent the errant vehicle from getting off the road in places which are particularly dangerous. Barriers used on European roads must fulfill the requirements of EN 1317 standards. One of the most important parameters that describes the safety barriers is the Acceleration Severity Index (ASI) which allows for assessment of the injuries of occupants during impact. Numerical simulations of crash tests are increasingly used to evaluate the properties of safety barriers. This paper presents the result of the influence of impact location on the steel safety barrier and the stratification of the ground on the ASI value during TB11 test.

Keywords: Road safety barrier, impact location, EN 1317, ASI, FEM, LS-DYNA

1. WSTĘP

Bariery ochronne zaliczają się do czynnych urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD). Są to urządzenia, z którymi pojazd wchodzi w bezpośredni kontakt podczas zderzenia. Ich zadaniem jest zmniejszenie negatywnych skutków wypadku drogowego, zwłaszcza minimalizacja negatywnego wpływu zderzenia na osoby

znajdujące się w pojeździe. Podstawowym przeznaczeniem barier ochronnych jest zapobieganie zjechaniu pojazdu z drogi w miejscach szczególnie niebezpiecznych, powstrzymanie pojazdu przed wjechaniem na przeciwległy pas ruchu lub przed uderzeniem w obiekt znajdujący się w otoczeniu drogi. Pojazd po uderzeniu w prawidłowo zaprojektowaną i zamontowaną barierę powinien zostać wyprowadzony na tor równoległy lub bliski równoległemu do bariery. Należy również w miarę możliwości ograniczyć uszkodzenia pojazdu. Bariery ochronne należy stosować tylko wtedy, kiedy przewidywane skutki wypadków będą większe niż skutki zderzenia pojazdu z barierą [5].

W celu dopuszczenia do powszechnego stosowania, bariery ochronne muszą przejść odpowiednie testy tzw. zderzeniowe. Parametry badań zderzeniowych i warunki, jakie bariery muszą spełnić, podają normy PN-EN 1317 [3, 4]. Warunki te określają: prędkość zderzenia, kąt najazdu, masę pojazdu oraz typ pojazdu. Norma klasyfikuje bariery ochronne poprzez określenie ich cech funkcjonalnych, tzn. poziom powstrzymywania, szerokość pracująca oraz poziom intensywności zderzenia. Ostatnia z tych cech kwantyfikuje wpływ zderzenia na osoby znajdujące się wewnątrz pojazdu.

Obecnie coraz powszechniej do badań właściwości barier ochronnych, równolegle do testów poligonowych, wykorzystuje się ich symulacje numeryczne. Dają one szczegółowy wgląd w mechanizm zderzenia i pozwalają na szeroką analizę parametryczną różnych konfiguracji pojazd-bariera. Ponadto koszt symulacji jest zdecydowanie niższy niż rzeczywistych testów poligonowych.

W pracy przedstawiono wyniki symulacji numerycznych testu zderzeniowego TB11 [3, 4], w którym pojazd o masie 900 kg uderza w stalową barierą ochronną SP-05/2 [2]. Przeprowadzono analizę wpływu miejsca uderzenia pojazdu w barierę oraz uwarstwienia gruntu, na którym ją posadowiono na wartość parametru ASI. Symulacje numeryczne przeprowadzono w środowisku metody elementów skończonych systemu LS-DYNA.

2. DROGOWE BARIERY OCHRONNE WG NORMY PN-EN 1317

2.1 DROGOWA BARIERA OCHRONNA STALOWA

Drogowa bariera ochronna SP-05/2 klasy N2-W4-A firmy Stalprodukt S.A. [2] może być stosowana na skraju jezdni lub na pasie rozdziału, gdzie należy zastosować podwójne bariery równoległe. System składa się z prowadnic typu B (długość efektywna 4 m), wsporników typu B, słupków o przekroju w kształcie litery sigma (długość 1,9 m) oraz zestawów śrub M16 klasy 4.6. Słupki montowane są w odstępach co 2 m.

2.2 NORMY PN-EN 1317

Wymagania wobec barier ochronnych regulują normy europejskie. Normy PN-EN 1317 określają kryteria oraz metody badania barier ochronnych warunkujących dopuszczenie ich do ogólnego użytku, jednakże nie określają geometrii, wymiarów oraz ich materiałów. Normy PN-EN 1317 nie wskazują, jakie systemy barier ochronnych należy stosować na jakich drogach, pozostawiając te decyzje krajowym zarządom dróg. W Polsce obowiązują wytyczne stosowania barier ochronnych na drogach krajowych z roku 2010 [10]. Aktualnie nie ma w Polsce wytycznych dotyczących barier ochronnych na drogach samorządowych (wyjątek ZDW Katowice).

Klasy działania barier ochronnych określa się na podstawie testów zderzeniowych. W zależności od testu zmieniają się prędkość, masa i typ pojazdu oraz kąt najechania pojazdu na barierę. Kryteria klasyfikacji badań zderzeniowych zostały zawarte w tabeli 1.

Tab. 1. Kryteria klasyfikacji badań zderzeniowych [4]

Test	Prędkość zderzenia, km/h	Kąt zderzenia, °	Masa pojazdu, kg	Typ pojazdu[1)]
TB11	100	20	900	Sam. os.
TB21	80	8	1 300	Sam. os.
TB22	80	15	1 300	Sam. os.
TB31	80	20	1 500	Sam. os.
TB32	110	20	1 500	Sam. os.
TB41	70	8	10 000	r. HGV
TB42	70	15	10 000	r. HGV
TB51	70	20	13 000	Autobus
TB61	80	20	16 000	r. HGV
TB71	65	20	30 000	r. HGV
TB81	65	20	38 000	a. HGV

[1)] Sam. Os. – Samochód osobowy, r. HGV – Sztywny HGV, a. HGV – przegubowy HGV

Bariery ochronne dzieli się według klas działania na podstawie następujących cech funkcjonalnych:

- Poziom powstrzymywania – określa zdolność bariery do powstrzymywania uderzającego w nią pojazdu w warunkach testu z tab. 1. Wyróżnia się poziomy powstrzymywania: małe (T1, T2, T3), normalne (N1, N2), podwyższone (H1, H2, H3, L1, L2, L3), bardzo wysokie (H4a, H4b, L4a, L4b).
- Odkształcenie bariery ochronnej – określa się na podstawie tzw. szerokości pracującej W_M, którą definiuje się jako odległość pomiędzy boczną powierzchnią czołową bariery od strony ruchu przed zderzeniem a maksymalnym dynamicznym położeniem jakiejkolwiek części bariery. Szerokość pracująca została podzielona na osiem klas (W1-W8).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Poziom intensywności zderzenia – określa wpływ zderzenia na osoby znajdujące się wewnątrz pojazdu na podstawie wskaźnika intensywności przyspieszenia (ASI) oraz teoretycznej prędkości głowy w czasie zderzenia (THIV).

Wskaźnik intensywności przyspieszenia ASI (*Acceleration Severity Index*) jest bezwymiarowym, dodatnim parametrem kwantyfikującym wpływ zderzenia na osoby znajdujące się w pojeździe. ASI jest najważniejszym parametrem dotyczącym oceny barier ochronnych. Im większa jego wartość, tym większe ryzyko odniesienia urazów. Wartości ASI oblicza się według formuły:

$$\mathrm{ASI}(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{A}_x}{\hat{a}_x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{A}_y}{\hat{a}_y}\right)^2 + \left(\frac{\bar{A}_z}{\hat{a}_z}\right)^2} \qquad (1)$$

gdzie $\bar{A}_x$, $\bar{A}_y$, $\bar{A}_z$ to składowe przyspieszenia zarejestrowane w środku ciężkości pojazdu przetworzone za pomocą czterobiegunowego rekursywnego cyfrowego filtra Butterwortha o częstotliwości odcięcia 13 Hz, zaś $\hat{a}_x$, $\hat{a}_y$, $\hat{a}_z$ są wartościami granicznymi dla tych składowych. W przypadku pasażerów zapiętych w pasy bezpieczeństwa wynoszą one odpowiednio 12g, 9g i 10g, gdzie g oznacza wartość przyspieszenia ziemskiego (g=9,81 m/s^2). Miara tzw. ciężkości wypadku określona jest przez maksymalną wartość wskaźnika ASI w czasie zderzenia:

$$\mathrm{ASI} = \max \mathrm{ASI}(t) \qquad (2)$$

Wartość ASI, obliczaną z dokładnością minimum do dwóch miejsc po przecinku, podaje się z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Teoretyczna prędkość głowy w czasie zderzenia THIV (*Theoretical Head Impact Velocity*) opisuje prędkość, jaką głowa użytkownika pojazdu uderza w wewnętrzną powierzchnię kabiny pojazdu. Wartość THIV nie może przekraczać 33 km/h.

Przyjęto, że warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa osobom znajdującym się w pojeździe jest, by wzmiankowane wskaźniki nie przekraczały wartości z tabeli 2. Poziom intensywności zderzenia „A" jest najbezpieczniejszy.

Tab. 2. Poziomy intensywności zderzenia [4]

Poziom intensywności zderzenia	Wartości wskaźników	
A	ASI ≤ 1,0	THIV ≤ 33 km/h
B	1,0 < ASI ≤ 1,4	
C	1,4 < ASI ≤ 1,9	

Ponadto występuje jeszcze parametr PHD (*Post-impact Head Deceleration*) określający opóźnienie głowy po zderzeniu. Parametr ten we wcześniejszych wersjach normy, wraz z ASI oraz THIV, służył do określania intensywności zderzenia. Jednak w aktualnych wersjach przepisów [3, 4] zrezygnowano z obowiązku określania tego parametru.

3. MODEL NUMERYCZNY

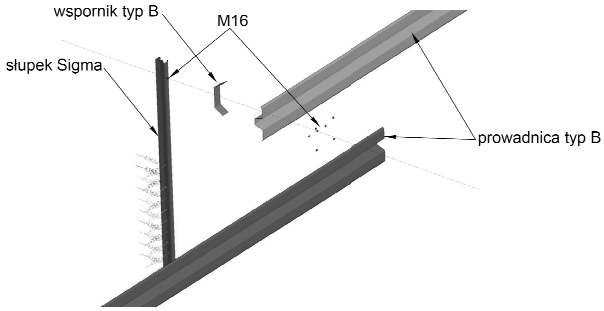
Model numeryczny testu zderzeniowego TB11 obejmuje opisy pojazdu i bariery z jej otoczeniem. Odpowiednie liczby węzłów oraz elementów skończonych zastosowanych w autorskiej dyskretyzacji układu zawiera tabela 3.

Tab. 3. Parametry dyskretyzacji bariery ochronnej i pojazdu

Parametr	Bariera	Pojazd
Węzły	563 690	20 089
Elementy skończone	540 776	16 291

3.1 MODEL NUMERYCZNY BARIERY

Model obliczeniowy drogowej bariery odchronnej SP-05/2 (rys. 1) składa się z prowadnic typu B, wspornika typu B, słupka Sigma i śrub M16 klasy 4.6.



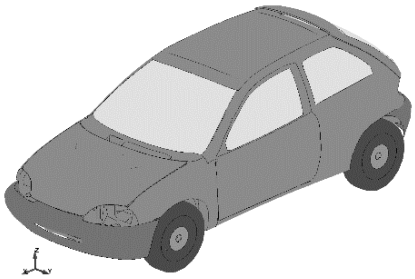
Rys. 1. Części składowe modelu bariery

Do dyskretyzacji bariery w systemie LS-DYNA wykorzystano elementy powłokowe typu Belytschko-Tsay (kod ELFORM=2). Złącza śrubowe odwzorowano za pomocą elementów bryłowych, przypisując im materiał sprężysto-plastyczny ze zniszczeniem definiowany jako MAT_SPOTWELD. Grunt modelowano poprzez dyskretne podpory sprężyste słupka w rozstawie co 10 cm o zmiennej charakterystyce zależnej od poziomu zagłębienia.

3.2 MODEL NUMERYCZNY POJAZDU

W symulacjach numerycznych testu TB11 wykorzystano model Geo Metro (rys. 2), zaczerpnięty z repozytorium projektu ROBUST [6]. Masa samochodu wynosi 928,7 kg. Model pojazdu poddano koniecznym modyfikacjom mającym na celu wyeliminowanie pewnych nieprawidłowości występujących w jego oryginalnej wersji. Do rejestracji przyspieszeń w środku ciężkości pojazdu wykorzystano dedykowany element skończony ELEMENT_SEATBELT-ACCELEROMETER.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



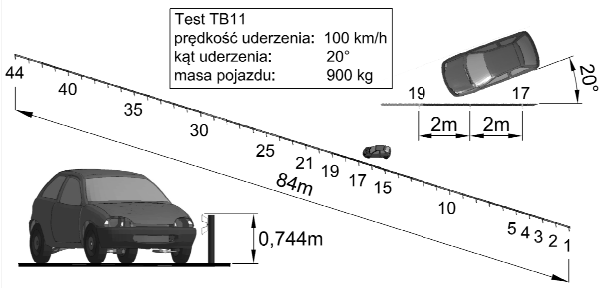
Rys. 2. Model pojazdu Geo Metro

3.3 PARAMETRY NUMERYCZNE

W symulacji testu zderzeniowego stosowano kontrolę form zero-energetycznych (tzw. hourglassing) w elementach z całkowaniem zredukowanym, wykorzystując technikę sztywnościową, *Flanagan-Belytschko*. Wartość współczynnika QH (hourglass coefficient) przyjęto 0,03. Niepodatną powierzchnię, po której porusza się pojazd, odwzorowano, wykorzystując kartę RIGIDWALL_PLANAR. Definicja kontaktu pomiędzy poszczególnymi elementami układu została zrealizowana przy wykorzystaniu karty kontrolnej CONTACT_AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE.

4. SYMULACJE NUMERYCZNE ZDERZENIA TB11

Przedmiotem badań są symulacje uderzenia pojazdu o masie 900 kg w barierę stalową z prędkością 100 km/h pod kątem 20° (rys. 3). Obliczenia przeprowadzono w środowisku systemu LS-DYNA (wersja MPP double precision R8.1.0) na superkomputerze Tryton zarządzanym przez KDM TASK w Gdańsku. Każda z symulacji była realizowana przy użyciu 192 wątków (8 szt. 24-rdzeniowych procesorów). Średni czas obliczeń pojedynczej 3 sekundowej symulacji wynosił ok. 13 godzin. Trzy sekundowy czas trwania zdarzenia umożliwia zachowanie wymaganego przez normę [3] okresu 0,5 s rozbiegu przed i zjazdu po uderzeniu pojazdu w barierę.



Rys. 3. Wizualizacja ogólnej koncepcji symulacji testu zderzeniowego TB11

Obliczenia przeprowadzano w dwóch grupach modelowania podłoża. W pierwszej z nich bez warstwy ziemi urodzajnej (humusu), zaś w drugiej uwzględniono takową warstwę o miąższości 10 cm. Założono, że ziemia urodzajna nie jest gruntem nośnym. Każda z grup obejmuje 8 symulacji różniących się miejscem uderzenia pojazdu w barierę. Analizowane miejsca uderzenia przesuwano co 0,5 m na długości prowadnicy (tabela 4). Pierwszy analizowany punkt uderzenia znajduje się w odległości 35 m od początku bariery, zaś ostatni – 38,5 m, obejmując długość pojedynczego segmentu prowadnicy (4 m). Celem analizy jest określenie wpływu na parametr ASI miejsca uderzenia oraz uwarstwienia gruntu.

Tab. 4. Oznaczenia i parametry przeprowadzonych symulacji testu TB11

Miejsce uderzenia	Grubość warstwy humusu	
	0 cm	10 cm
Pom. s. 18/19 (35 m)	SP_05/2_1_A	SP_05/2_1_B
Pom. s. 18/19 (35,5 m)	SP_05/2_2_A	SP_05/2_2_B
Słupek nr 19 (36 m)	SP_05/2_3_A	SP_05/2_3_B
Pom. s. 19/20 (36,5 m)	SP_05/2_4_A	SP_05/2_4_B
Pom. s. 19/20 (37 m)	SP_05/2_5_A	SP_05/2_5_B
Pom. s. 19/20 (37,5 m)	SP_05/2_6_A	SP_05/2_6_B
Słupek nr 20 (38 m)	SP_05/2_7_A	SP_05/2_7_B
Pom. s. 20/21 (38,5 m)	SP_05/2_8_A	SP_05/2_8_B

W symulacjach zastosowano autorską procedurę startową eliminująca nieporządne efekty numeryczne generowane skokową realizacją ciężaru własnego pojazdu.

Najbliższą rzeczywistemu testowi zderzeniowemu opisanemu w [2], jest symulacja SP_05/2_1_B (tab. 4). Jest to próba, w której pojazd uderza pomiędzy słupkami nr 18 i 19 bariery posadowionej w gruncie z warstwą ziemi urodzajnej. Zestawienie odpowiednich parametrów zawiera tabela 5. Przebieg zderzenia oraz trajektorię ruchu pojazdu z symulacji pokazuje rys. 4.

Tab. 5. Porównanie wyników symulacji z testem poligonowym

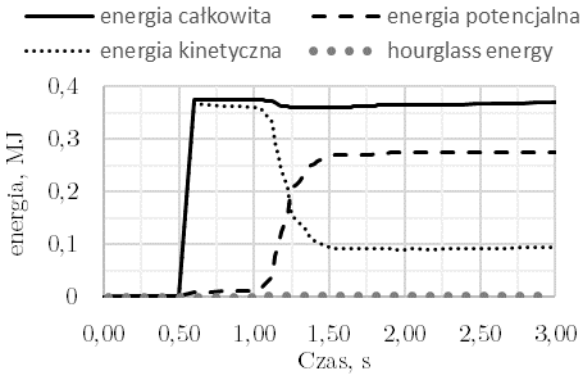
Parametr	STP/GAM-018/1339 oraz STP/GAM-017/1338 [10]	SP_05/2_1_B (tab. 4)
ASI, -	0,8	0,9
THIV, km/h	23	27
Szerokość pracująca, m	1,1 (W4)	1,4 (W5)
Testowana długość, m	40	84

Rys. 4. Trajektoria ruchu pojazdu w teście SP_05/2_1_B

Jednym z kryteriów oceny poprawności symulacji jest analiza zmienności całkowitej energii układu, na którą składa się energia kinetyczna, potencjalna i dyssypowana. Takie podejście zastosowano m.in. w pracy [9]. Na rys. 5 przedstawiono bilans energetyczny w teście SP_05/2_1_B. Zaznacza się, że energia związana z kontrolą pasożytniczych form zero-energetycznych musi być utrzymywana na bardzo niskim poziomie w stosunku do pozostałych składników. Faza początko-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wa 0,5 s symulacji z rys. 5 odpowiada procedurze startowej, w której pojazd się nie porusza.



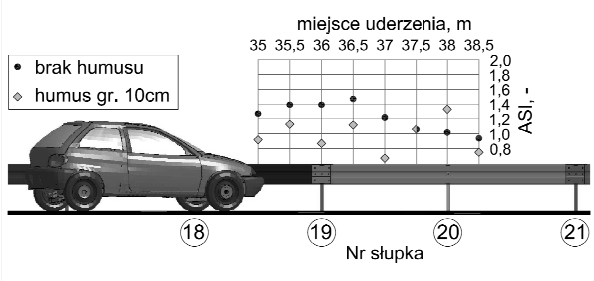
Rys. 5. Bilans energii w symulacji testu SP_05/2_1_B

5. ANALIZA WYNIKÓW

Otrzymane wartości wskaźnika ASI w zależności od miejsca uderzenia i uwarstwienia gruntu zawarto w tabeli 6 oraz przedstawiono na rys. 6.

Tab. 6. Zestawienie wyników ASI

Miejsce uderzenia	Brak humusu	W-wa humusu gr. 10 cm
Pom. słupkami 18/19 (35 m)	1,27	0,92
Pom. słupkami 18/19 (35,5 m)	1,39	1,13
Słupek nr 19 (36 m)	1,39	0,87
Pom. słupkami 19/20 (36,5 m)	1,47	1,12
Pom. słupkami 19/20 (37 m)	1,22	0,67
Pom. słupkami 19/20 (37,5 m)	1,06	1,06
Słupek nr 20 (38 m)	1,02	1,33
Pom. słupkami 20/21 (38,5 m)	0,94	0,75

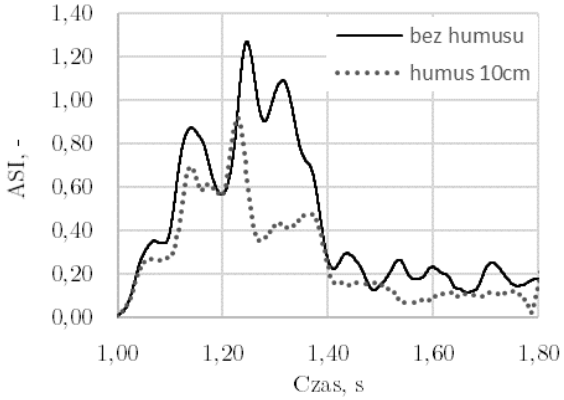


Rys. 6. Wartości parametru ASI w zależności od miejsca uderzenia oraz rodzaju gruntu

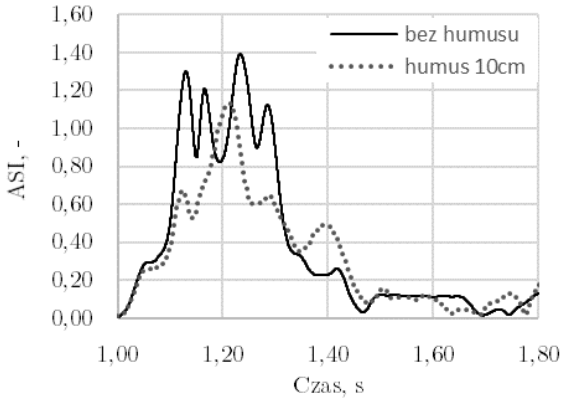
5.1 WPŁYW UWARSTWIENIA GRUNTU

Uzyskane wyniki wskazują, że rodzaj gruntu znacząco wpływa na parametr ASI. We wszystkich analizowanych przypadkach, oprócz sytuacji, w której pojazd uderza w słupek nr 26, uwzględnienie ziemi urodzajnej wpływa na obniżenie wartości ASI. Występowanie humusu jako warstwy wierzchniej o miąższości 10 cm powoduje, że fundamentowanie słupka jest bardziej podatne w stosunku do sytuacji, gdy słupek jest zagłębiony bezposrednio w gruncie nośnym. Zwiększona możliwość podatności słupka w podłożu skutkuje tym, że przyspieszenia rejestrowane przez akcelerometr w środku ciężkości pojazdu są mniejsze, a co za tym idzie, zmniejsza się wartość wskaźnika ASI. Taka sytuacja jest zatem bezpieczniejsza dla osób znajdujących się w pojeździe podczas zderzenia.

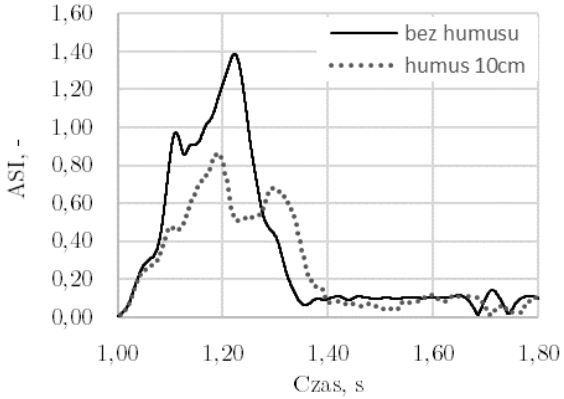
Na rysunkach 7-14 przedstawiono porównania ewolucji zmian wskaźnika ASI w zależności od rodzajów uwarstwienia gruntu. Można również zauważyć, że przebiegi czasowe ASI są łagodniejsze w razie występowania humusu.



Rys. 7. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 35 m bariery

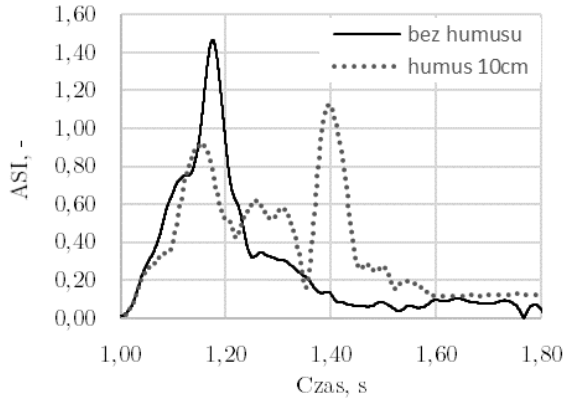


Rys. 8. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 35,5 m bariery

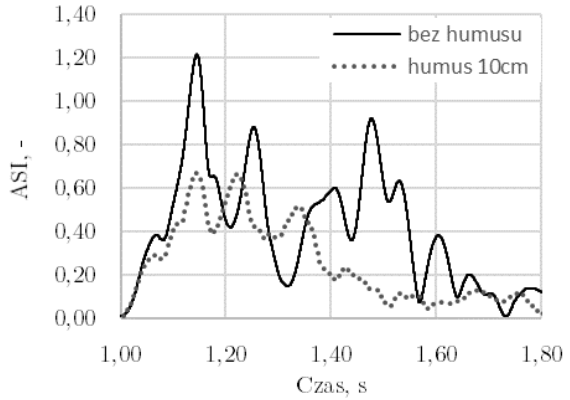


Rys. 9. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 36 m bariery

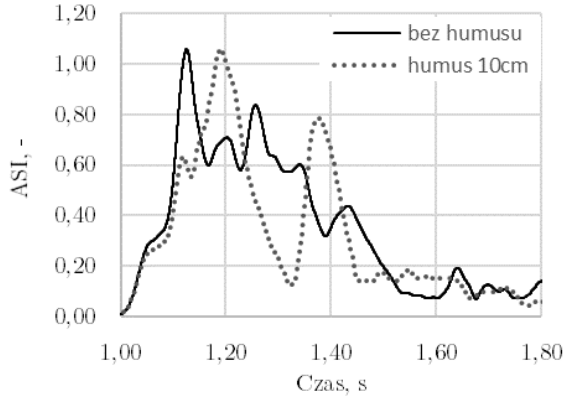
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



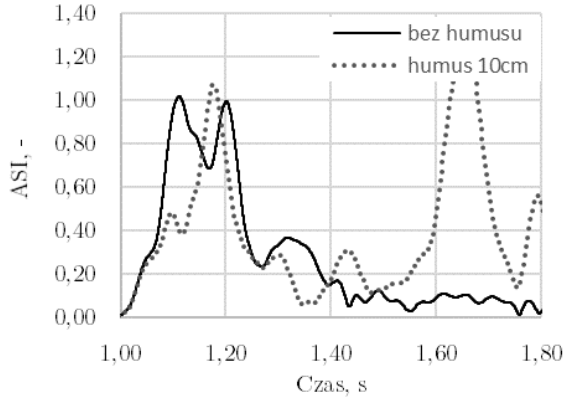
Rys. 10. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 36,5 m bariery



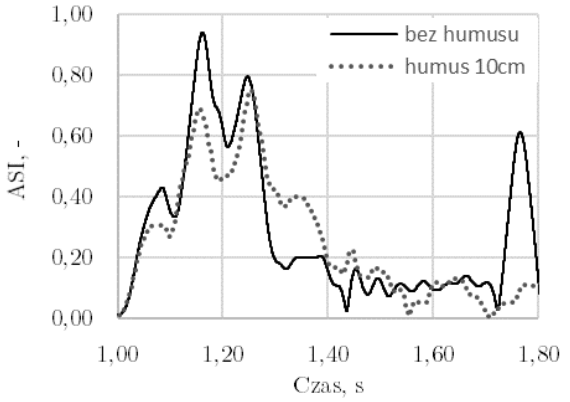
Rys. 11. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 37 m bariery



Rys. 12. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 37,5 m bariery



Rys. 13. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 38 m bariery



Rys. 14. Zmiana ewolucji ASI, wariant z uwzględnieniem warstwy ziemi urodzajnej i bez niej, uderzenie w 38,5 m bariery

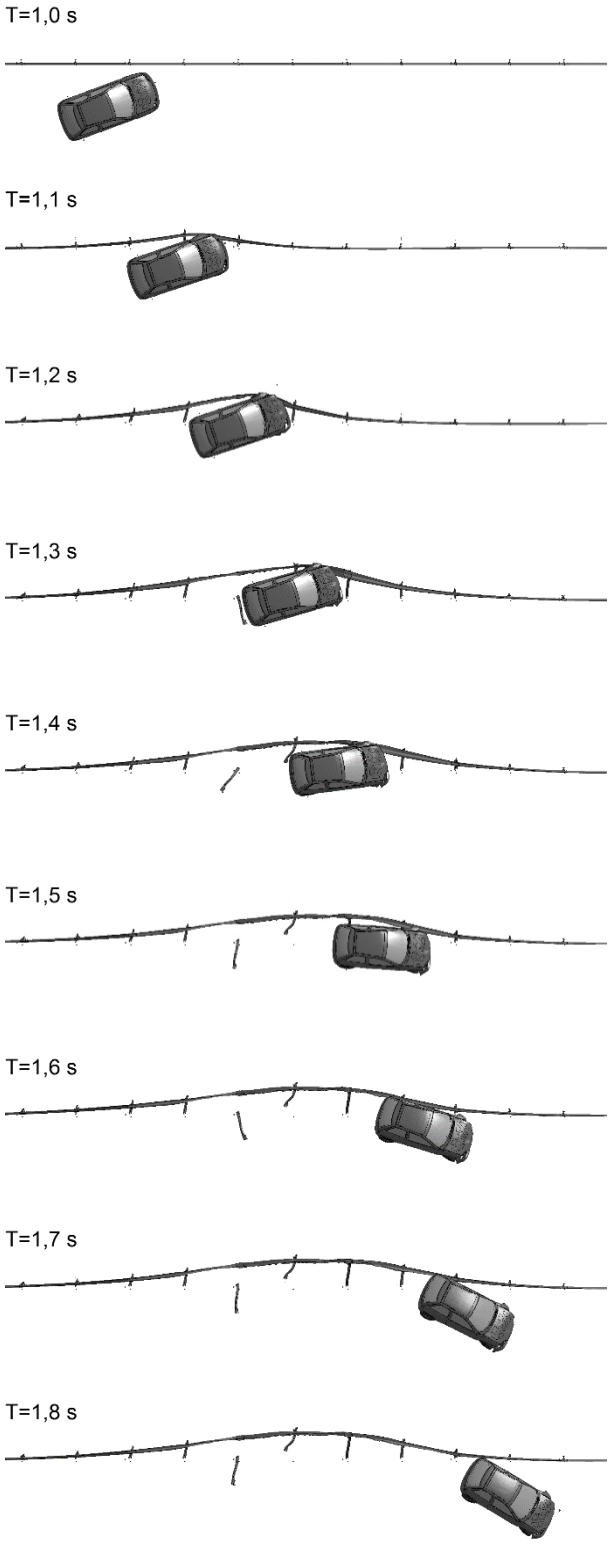
5.2 WPŁYW MIEJSCA UDERZENIA

Wyniki z tabeli 6 i rys. 6 zobrazowane na wykresach 7-14 wskazują, że miejsce uderzenia istotnie wpływa na maksymalną wartość oraz ewolucję zmian wskaźnika ASI.

W pierwszej grupie symulacji (bez ziemi urodzajnej) widoczna jest większa wartości ASI w razie uderzenia w słupek znajdujący się w miejscu łączenia segmentów prowadnicy. Natomiast mniejsze wartości występują w przypadku uderzenia w słupek znajdujący się w środku prowadnicy. Maksymalna wartość wskaźnika ASI (1,47) wystąpiła, gdy pojazd uderza w miejsce oddalone 0,5 m za słupkiem nr 19, znajdującym się na łączeniu prowadnic (SP_05/2_4_A). Najmniejszą wartość wskaźnika ASI (0,94) uzyskano w sytuacji, gdy pojazd uderza 0,5 m za słupkiem nr 20, znajdującym się na środku prowadnicy (SP_05/2_8_A).

W drugiej grupie modeli (z wierzchnią warstwą humusu) nie występuje analogiczna do pierwszej grupy zależności ASI od miejsca uderzenia. Największa wartość wskaźnika ASI (1,33) jest przy uderzeniu w słupek nr 20 (SP_05/2_7_B). Natomiast najmniejszą wartość wskaźnika ASI (0,67) odnotowano przy uderzeniu pojazdu w miejsce pomiędzy słupkami 19 i 20 (SP_05/2_5_B). Jest to najniższa wartość uzyskana ze wszystkich analiz, odwzorowująca zderzenie pojazdu z barierą, najmniej szkodliwa dla osób w pojeździe. Na rys. 15 przedstawiono przebieg tego testu uzyskany w symulacji.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 15. Przebieg symulacji testu zderzeniowego SP_05/2_5_B

6. PODSUMOWANIE

Bariery ochronne pełnią bardzo ważną rolę w procesie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Jedną z najważniejszych informacji, uzyskanych na podstawie testów zderzeniowych, jest ocena wpływu intensywności zderzenia na osoby znajdujące się w pojeździe. Oceny tej dokonuje się na podstawie wskaźników ASI i THIV.

Do analizy przebiegu zderzenia oraz oceny skuteczności działania barier ochronnych coraz częściej wykorzystuje się symulacje numeryczne. Podstawowym i uznanym na świecie narzędziem do przeprowadzania wirtualnych testów zderzeniowych jest program metody elementów skończonych LS-DYNA. Istnieje wiele publikacji potwierdzających przydatność symulacji numerycznych do badań właściwości barier ochronnych, m.in. [1] i [8]. Ponadto symulacje numeryczne mogą posłużyć doskonaleniu istniejących rozwiązań lub projektowaniu i badaniu zupełnie nowych systemów urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego.

W pracy przedstawiono wyniki 16 symulacji numerycznych uderzenia pojazdu w barierę stalową. Warunki badania spełniały kryteria testu TB11. Przeprowadzone obliczenia ukazały znaczący wpływ miejsca uderzenia oraz uwarstwienia gruntu na wartość wskaźnika ASI. Najmniejsza uzyskana z obliczeń wartość ASI wynosi 0,67, największa zaś 1,47. Bariera zamontowana w gruncie, w którym wierzchnią warstwę stanowi ziemia urodzajna, jest bezpieczniejsza dla ludzi znajdujących się wewnątrz pojazdu w czasie kolizji, od bariery zamontowanej bezpośrednio w gruncie nośnym. Związane jest to z większą podatnością słupków posadowionych w gruncie z humusem.

Wskaźnik intensywności przyspieszenia ASI jest jednym z najważniejszych parametrów oceny barier ochronnych. Im większa wartość ASI, tym większe zagrożenie dla osób znajdujących się w pojeździe. Należy jednak zaznaczyć, że współczesne samochody są wyposażane w różnego rodzaju zabezpieczenia wewnętrzne, takie jak np. poduszki powietrzne, które znacznie obniżają oddziaływania mechaniczne na ludzi w czasie kolizji. W przypadku zwiększenia liczby tak wyposażonych pojazdów w ruchu drogowym znaczenie barier osiągających niski poziom ASI zmniejszy się [7].

Praca została wykonana w ramach projektu „Urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego" (nr umowy DZP/RID-I-67/13/NCBR/2016). Obliczenia wykonano na komputerach Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Literatura

1. Goubel C., Di Pasquale E., Massenzio M., Ronel S.: Comparison of crash tests and simulations for various vehicle restraint systems. In: 7th European LS-DYNA Conference, Salzburg, Austria, DYNAmore GmbH, 2009, p. 1-12.
2. Katalog produktu „System N2 W4 (SP-05/2)", Stalprodukt S.A., Bochnia 2011.
3. PN-EN 1317-1:2010. Systemy ograniczające drogę – część 1: Terminologia i ogólne kryteria metod badań.
4. PN-EN 1317-2:2010. Systemy ograniczające drogę – część 2: Klasy działania, kryteria przyjęcia badań zderzeniowych i metody badań barier ochronnych i balustrad.
5. Podhorecki A., Dobiszewska M.: Właściwości ochronne barier drogowych i mostowych: wpływ konstrukcji i materiałów. „Magazyn Autostrady" 2012, nr 8-9, s. 37-43.
6. Repozytorium projektu ROBUST, http://www.vegvesen.no/s/robust/, data dostępu 01.10.2016 r.
7. The influence of ASI on injury risk in impacts with roadside safety barriers, CROW Infradagen 2012, www.betoninfra.nl/nl?cm=472%2C476&mf_id=239, (data dostępu 16.03.2016 r.).
8. Vasenjak M., Borovinšek M., Ren Z.: Computational simulations of road safety barriers using LS-DYNA, 6. LS-DYNA Anwenderforum, Frankenthal, DYNAmore GmbH, 2007, p. 1-8.
9. Wilde K., Jamroz K., Bruski D., Burzyński S., Chróścielewski J., Witkowski W.: Badania numeryczne zderzenia autobusu w układzie bariera I kratownicowa konstrukcja wsporcza. „Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury" t. XXXIII, z.63 (1/I/16), styczeń-marzec 2016, s. 455-467.
10. Wytyczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych. Warszawa: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 2010.

Artykuł dostępny na podstawie licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0 Polska.
http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/pl

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl