

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Symulacja zderzeń nowego absorbera drogowego TMA z pojazdami

Daniel B. Nycz¹, Zdzisław Dąbczyński², Rafał Sobieraj², Robert Kordus¹, Łukasz Kawalek¹

¹ENDEGO Sp. z o.o., Kraków, biuro Sanok

²WIMED Sp. z o.o. Sp. k., Tuchów

email: d.nycz@endego.com, zdzislaw.dabczynski@wimed.pl, rafal.sobieraj@wimed.pl, r.kordus@endego.com, l.kawalek@endego.com

STRESZCZENIE: Przedmiotem badań numerycznych jest urządzenie TMA (absorber energii kinetycznej podczas uderzenia pojazdu w nieruchomy lub wolno poruszający się pojazd ciężarowy stosowany na drogach w strefach pracy i podczas prac konserwacyjnych). Dotychczas, absorbery drogowe TMA testowano według wytycznych NCHRP 350 i MASH. W ostatnim czasie, w normie MEST CEN/TS 16786 wprowadzono wymagania dla absorberów TMA na rynek europejski. W pracy przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych nowej konstrukcji absorbera TMA dla prędkości zderzenia 100 km/h. Obliczenia wykonano zgodnie z normą MEST CEN/TS 16786. Zaprojektowany absorber spełnia wymagania tej normy. Dodatkowo, sprawdzono funkcjonalność urządzenia oraz parametry intensywności zderzenia dla prędkości 80 i 50 km/h.

SŁOWA KLUCZOWE: absorber drogowy TMA, obliczenia numeryczne, LS-Dyna

1. Urządzenia TMA

Urządzenia TMA są urządzeniami pochłaniającymi energię podczas uderzenia pojazdów w nieruchome lub wolno poruszające się pojazdy ciężarowe wykorzystywane na drogach w strefach pracy i podczas prac konserwacyjnych. Ich głównym zadaniem jest ochrona kierowców pojazdów osobowych, dlatego wymagane testy koncentrują się przede wszystkim na ich integralności strukturalnej, odczuciu zderzenia przez pasażera uderzającego pojazdu (intensywność zderzenia) oraz odpowiedzi (reakcji) pojazdu po zderzeniu. Urządzenia ochronne TMA przyłączane są bezpośrednio do pojazdów ciężarowych (ang. *truck-mounted attenuators*) lub przyczep ciągnionych za pojazdami ciężarowymi (ang. *trailer-mounted attenuators*).

2. Wymagania stawiane urządzeniom TMA

Dotychczas, absorbery drogowe TMA testowane były na podstawie wytycznych NCHRP 350 [1] i MASH [2]. W ostatnim czasie, w normie MEST CEN/TS 16786 ujednolicono i wprowadzono wymagania na rynek europejski [3]. Poszczególne wytyczne różnią się m.in. w zakresie masy pojazdu uderzającego, prędkości uderzenia oraz wymaganych testów dopuszczających (tab 1, rys. 1).

Istotnym parametrem testów zderzeniowych urządzeń TMA jest również masa całkowita całego układu, czyli łączna masa urządzenia TMA i pojazdu ciągnącego [3]. Podczas uderzenia w TMA pojazd uderzający jest wyhamowywany, a samochód ciężarowy będący podporą porusza się do przodu. W związku z tym, zmiana prędkości podczas zderzenia jest silnie związana z masą samochodu ciężarowego. Samochody ciężarowe o dużych masach powodują większe zmiany prędkości pojazdu uderzającego i wymagają większego rozpraszania energii przez TMA [2].

Z drugiej strony, zbyt lekkie samochody ciężarowe mogą gwałtownie przyspieszyć podczas uderzenia i znacznie przemieścić się do przodu, na tzw. odległość "roll-ahead". Dystans "roll-ahead" służy do określenia minimalnego wymaganego odstępu między pojazdem a pracami budowlanymi lub konserwacyjnymi.

Tabela 1. Porównanie najważniejszych parametrów testów zderzeniowych dla urządzeń TMA

	NCHRP 350	MASH	CEN TS 16786
masa pojazdu uderzającego [kg]	700 C 820 C 2 000 P	1 000 C 1 500 A 2 270 P	900 2 000
prędkość uderzenia [km/h]	70 100	50 70 100	50 80 100
wymagane testy	50 51	50 51 52 53	T-TMA _{xx} -1 ^{a)} T-TMA _{xx} -2 T-TMA _{xx} -3 ^{a)} T-TMA _{xx} -4
opcjonalne testy	S50 52 53	54	–

C – mały samochód osobowy

A – średniej wielkości samochód osobowy

P – samochód typu pickup

xx – prędkość uderzenia

a) – testy niewymagane dla prędkości uderzenia 50 km/h

3. Model numeryczny urządzenia TMA

Model numeryczny urządzenia TMA przygotowano w programie Altair HyperMesh 2021. Obliczenia przeprowadzono w środowisku LS-Dyna.

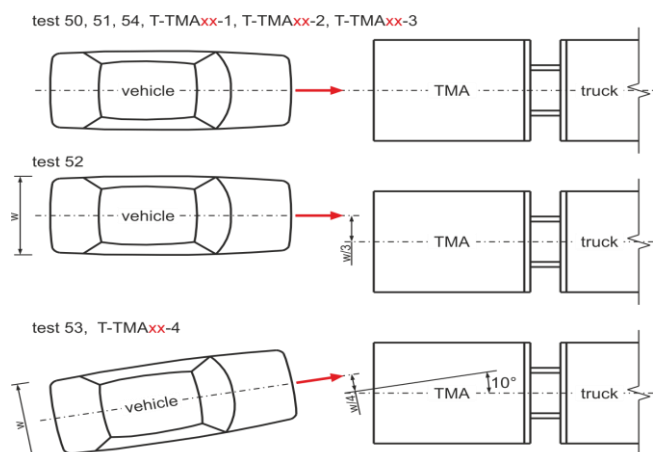
Modele pojazdów o masie 900 kg (Geo Metro) i 2 000 kg (Pickup) zostały poddane niezbędnym modyfikacjom [4].

Główną stalową konstrukcję urządzenia TMA modelowano za pomocą powłokowych elementów skończonych o topologii QUAD4 i TRIA3, którym przypisano sformułowanie ELFORM_2 (element powłokowy Belytschko-Tsay z jednym punktem całkowania w płaszczyźnie elementu) oraz sztywnościową kontrolę efektu klepsydrowania Flanagan-Belytschko [5]. Zastosowano model materiałowy *MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY [6], którego parametry otrzymano ze statycznych prób rozciągania stali S235 i DC01. Parametr niszczenia (erozji elementów skończonych) dobrano numerycznie dla średniego wymiaru i sformułowania elementów skończonych.

Połączenia śrubowe modelowano za pomocą belkowych elementów skończonych, którym przypisano sformułowanie ELFORM_9 (spotweld beam) oraz model materiałowy *MAT_SPOTWELD_DAMAGE_FAILURE [5].

Pomiędzy komponentami modelu numerycznego urządzenia TMA zdefiniowano kontakt *CONTACT_AUTOMATIC_SINGLE_SURFACE [5].

Konstrukcja absorbera TMA została zaprojektowana dla prędkości uderzenia 100 km/h. Dodatkowo, w celach poznawczych przeprowadzono obliczenia dla prędkości 50 i 80 km/h.

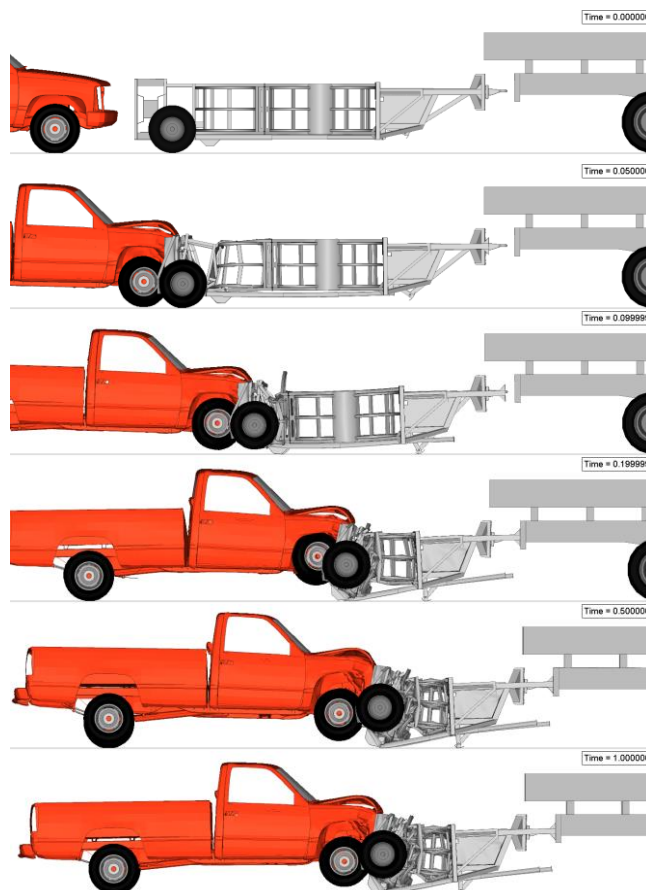


Rys. 1. Schematy testów zderzeniowych urządzeń TMA (xx – prędkość uderzenia) [1-3]

4. Wyniki obliczeń

Dla wszystkich wariantów i prędkości uderzenia (100, 80 i 50 km/h) zaprojektowane urządzenie TMA wykazało swoją funkcjonalność i wyhamowało pojazdy uderzające. Przykładowo, na rysunku 2 przedstawiono zderzenie T TMA100-3 (uderzenie centralne, pickup, prędkość uderzenia 100 km/h, masa pojazdu ciągnącego 13 000 kg).

Dla prędkości uderzenia 100 i 80 km/h otrzymano parametry intensywności zderzenia (ASI i THIV) na poziomie C ($ASI \leq 1.9$, $THIV \leq 44$ km/h). Dla prędkości uderzenia 50 km/h otrzymano parametry intensywności zderzenia na poziomie A ($ASI \leq 1.0$, $THIV \leq 44$ km/h).



Rys. 2. Konfiguracja testu T-TMA100-3 w wybranych chwilach czasu

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych nowej konstrukcji absorbera TMA, opracowanej dla prędkości uderzenia 100 km/h. Obliczenia przeprowadzono według wymagań normy MEST CEN/TS 16786 [3]. Dodatkowo, sprawdzono funkcjonalność urządzenia oraz parametry intensywności zderzenia dla prędkości 80 i 50 km/h. We wszystkich przypadkach zaprojektowane urządzenie TMA wykazało swoją funkcjonalność i wyhamowało pojazdy uderzające. Dla prędkości uderzenia 100 km/h otrzymano parametry intensywności zderzenia na poziomie C.

Literatura

- [1] Ross H. E. Jr., Sicking D. L., Zimmer R.A., Michie J. D., *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features*. NCHRP Report 350, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Research Council, Washington, D.C., 1993.
- [2] *Manual for Assessing Safety Hardware*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2009.
- [3] CEN/TS 16786:2018, *Road restraint systems – Truck Mounted Attenuators – Performance classes, impact test acceptance criteria and test performance*, 2018.
- [4] Bruski D., Burzyński S., Chrościelewski J., Pachocki Ł., Witkowski W., *On the validation of the LS-DYNA Geo Metro numerical model*, MATEC Web Conf. 2019, 262, 10001.
- [5] Hallquist, J., *LS-DYNA Theory Manual*, Livermore Software Technology Corporation (LSTC), Livermore, LA, USA, 2019.