

Barieroporecz w wirtualnym teście zderzeniowym typu TB51, efektywność obliczeń MES

Krzysztof Wilde¹, Kazimierz Jamroz², Dawid Bruski¹, Marcin Budzyński², Stanisław Burzyński¹,
Jacek Chrościelewski¹, Wojciech Witkowski¹

¹Katedra Wytrzymałości Materiałów, Politechnika Gdańska

²Katedra Inżynierii Drogowej, Politechnika Gdańska

email: krzysztof.wilde@wilis.pg.gda.pl, kazimierz.jamroz@wilis.pg.gda.pl, bruski.dawid@gmail.com, marcin.budzynski@wilis.pg.gda.pl,
stanislaw.burzynski@wilis.pg.gda.pl, jacek.chroscielewski@wilis.pg.gda.pl, wojciech.witkowski@wilis.pg.gda.pl

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono wyniki symulacji testu zderzeniowego typu TB51. Obliczenia wykonano w systemie LS-DYNA R8.0, który jest dedykowany m. in. analizie dynamicznej zagadnień o silnej nieliniowości. Wykorzystano program w wersji MPP (ang. Massively Parallel Processing), przeznaczonej do pracy na klastrach obliczeniowych. Zbadano wpływ doboru parametrów sterujących programem na czas obliczeń numerycznych.

SŁOWA KLUCZOWE: test zderzeniowy, obliczenia MES, skalowalność obliczeń.

1. Przedmiot badań

Standardy dotyczące testów zderzeniowych drogowych barier ochronnych zawiera norma [1]. Ponadto, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) w 2010 r. opublikowała wytyczne dotyczące stosowania urządzeń bezpieczeństwa ruchu [2].

Podstawową metodą badania barier drogowych i innych urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD) są testy poligonowe przeprowadzane na rzeczywistych obiektach. Są to badania drogic i czasochłonne, o bardzo gwałtownym dynamicznym przebiegu. Tak jak w wielu dziedzinach inżynierii, tak i w badaniach zderzeniowych, podejmowane są próby ich przeniesienia do przestrzeni wirtualnej, tj. wykonywania wiarygodnych symulacji numerycznych.

Praktyka pokazuje, że współcześnie jedynie Metoda Elementów Skończonych (MES), wraz z algorytmem jawnego (explicit) całkowania równań ruchu, jest w stanie sprostać potrzebom symulacji testów zderzeniowych. Wielkość modeli obliczeniowych, złożoność geometrii i różnorodność materiałów powodują, że do obliczenia wymagają jednostek komputerowych o dużej mocy, takie jak klastry obliczeniowe.

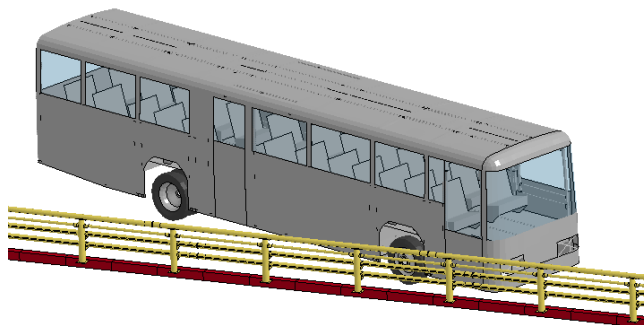
Niezależnie od tego, czy obliczenia są prowadzone na stacji roboczej czy na klastrze, wyposażonym w setki procesorów, pożądanym jest pełne wykorzystanie mocy obliczeniowej do skrócenia czasów obliczeń. Prostim rozwiązaniem jest zwiększenie liczby procesorów biorących udział w obliczeniach tj. im jest ich więcej, tym szybciej uzyskuje się wynik. Prawo Amdahla [3] orzeka, że takie działanie ma swoje granice tzn. w pewnym momencie włączanie do pracy kolejnych procesorów nie skraca już czasu obliczeń. Ogólnie problem ten znany jest pod nazwą „skalowalność obliczeń”.

Drugim możliwym sposobem na skrócenie czasu obliczeń, a tym samym zwiększenie ich efektywności, jest zmiana parametrów wywołania programu. Nie jest przy tym wymagana zmiana w przydziale mocy obliczeniowej do danego zadania. Niniejsze badania koncentrują się na tym zagadnieniu.

Zgodnie z [1,2], w niniejszym opracowaniu parametry zderzenia zostały przyjęte dla standardowego testu TB51: prędkość najazdu (70km/h), kąt zderzenia (20°) oraz masa pojazdu (13000kg).

2. Model numeryczny

Symulowane jest uderzenie autobusem w barieroporecz mostową sztywno zamocowaną w podłożu, z uwzględnieniem krawężnika (rys.1). Model obliczeniowy barieroporeczy jest opracowaniem własnym. Model autobusu zaczerpnięto ze strony <http://ncac.gwu.edu/> (dostęp dn. 1.03.2016) i dostosowano do potrzeb przeprowadzonego testu [4]. Wyniki obliczeń porównano z rzeczywistym testem zderzeniowym [4,5]. Na całe zadanie składa się 593970 Elementów Skończonych i 639330 węzłów. W materiałach barieroporeczy i autobusu uwzględniono nieliniowość materiałowe.



Rys. 1. Ogólny widok modelu MES

3. Efektywność obliczeń MES

Podstawową cechą obliczeń wielowątkowych jest rozdzielanie wykonywanych obliczeń pomiędzy dostępną liczbę procesorów. W przypadku systemu LS-DYNA MPP, wykorzystywana jest technika dekompozycji dziedziny problemu i przypisanie na stałe pewnego podobszaru problemu do konkretnego procesora. Od sposobu dekompozycji zależy całkowity czas obliczeń. Wskazaniem jest [6] np. takie ustalenie podziału, żeby obliczenia związane z analizą kontaktu zostały rozproszone pomiędzy procesory. W programie MPP LS-DYNA algorytm

dekompozycji może być sterowany parametrami dobieranymi przez użytkownika [7].

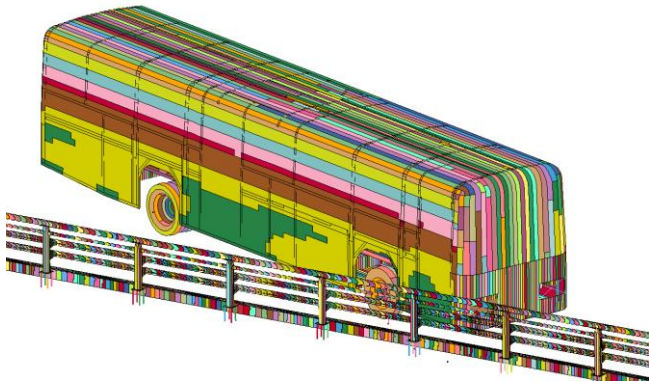
Na rys. 2 i 3 pokazano mapy wybranych dekompozycji modelu obliczeniowego. W dekompozycja domyślnie uwzględnione są warunki początkowej symulacji, tj. prędkość autobusu. Podobszary zadania są wydłużone w kierunku wektora zadanej prędkości.

Przyjęcie parametru „RZ -20” powoduje, że podział jest realizowany w lokalnym układzie współrzędnych, obróconym o 20° wokół osi Z (pionowej) względem układu globalnego. W dekompozycji S2R podobszary mają kształt współśrodkowych sfer, z punktem centralnym w miejscu spodziewanego uderzenia.

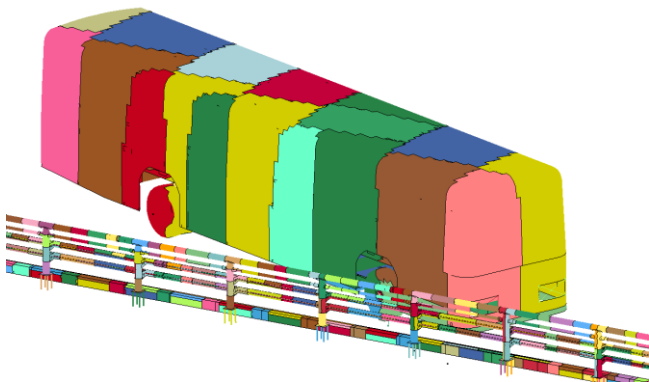
4. Wyniki symulacji

W tab.1 zestawiono czasy obliczeń numerycznych symulacji 0,3 s zderzenia, przy różnych parametrach dekompozycji. Symulację przeprowadzono na klastrze z użyciem 384 rdzeni obliczeniowych. Porównanie wyników pokazuje, że możliwe jest znaczące zwiększenie efektywności obliczeń względem ustawień domyślnych. Jednak błędne podanie parametrów dekompozycji może prowadzić do dramatycznego wydłużenia czasu obliczeń.

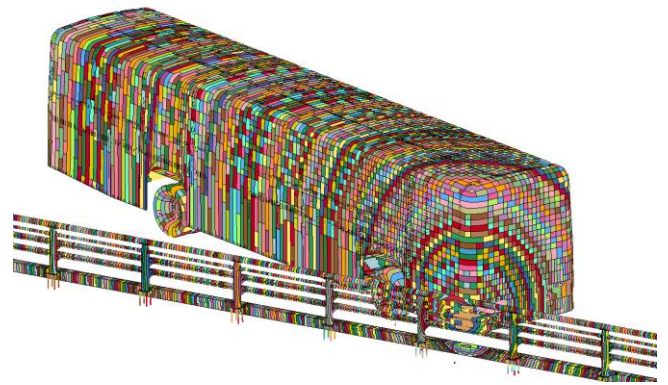
Najlepszym wśród zastosowanych sposobów dekompozycji jest ten z parametrem „RZ-20”. Powierzchnie kontaktu barieroporeczy i autobusu zostały podzielone na stosunkowo dużo podobszarów. W najmniej korzystnej dekompozycji (parametr „S2R”) czas obliczeń drastycznie wzrósł, ze względu na konieczność wymiany informacji między poszczególnymi podobszarami.



Rys. 2. Dekompozycja domyślna (automatic)



Rys. 3. Dekompozycja z parametrem „RZ -20”



Rys. 4. Dekompozycja z parametrem „S2R”

Tabela 1. Czasy obliczeń 0,3 s symulacji

Dekompozycja	Czas, hh:mm:ss
Domyślna (automatic)	01:35:37
RZ -20	00:54:59
S2R	15:11:47

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono pewne możliwości systemu LS-DYNA MPP w zakresie poprawienia efektywności obliczeń MES. Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

- 1) Zwiększenie efektywności obliczeń w symulacji zderzeń w programie LS-DYNA MPP możliwe jest przez zmianę parametrów sterujących programem.
- 2) Zmiana parametrów sterujących powinna być dostosowana do charakteru danego zadania. Wskazaniem jest, aby strefy o spodziewanych dużych deformacjach były podzielone na stosunkowo małe podobszary.

Praca 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.

Literatura

- [1] PE-EN 1317-1/8, *Systemy ograniczające drogę – Część 1-8*. Polska Norma (części przygotowane i w trakcie przygotowania)
- [2] *Wytyczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych*. GDDKiA, Warszawa, kwiecień 2010.
- [3] Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V., *Introduction to Parallel Computing, Second Edition*. Addison Wesley, 2003.
- [4] Jamroz K., Burzyński S., Witkowski W., Wilde K., Bagiński G. *Numerical methods for the assessment of bridge safety barriers*. Advances in Mechanics: Theoretical, Computational and Interdisciplinary Issues – Kleiber et al. (Eds). Taylor and Francis Group, London, 2016.
- [5] Wilde K., Jamroz K., Bruski D., Burzyński S., Chróścielewski J., Witkowski W. *Badania numeryczne zderzenia autobusu w układzie bariera i kratownicowa konstrukcja wsporcza*. 62. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk oraz Komitetu Nauki Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, Krynica, 2016.
- [6] Kondo K., Makino M. *Crash Simulation of Large-Number-of-Elements Car Model by LS-DYNA on Highly Parallel Computers*. FUJITSU Sci. Tech. J., Vol. 44, No. 4, pp. 467-474, 2008.
- [7] *LS-DYNA. Keyword User's Manual, LS-DYNA R8.0*, LSTC Co., CA, USA, 2015.