

Wyznaczanie naprężeń i odkształceń za pomocą MES w podłużnicy samochodowej podczas zderzenia.

Determination of stresses and strains using the FEM in the chassis car during the impact.

dr Grzegorz Służalek (*Uniwersytet Śląski, WliNoM*) grzegorz.sluzalek@us.edu.pl
dr inż. Henryk Bąkowski (*Politechnika Śląska, WT*) henryk.bakowski@polsl.pl
mgr Sławomir Kaptacz (*Uniwersytet Śląski, WliNoM*) slawomir.kaptacz@us.edu.pl

Streszczenie:

Ważnym zagadnieniem jest określenie odkształceń jakie zachodzą w podłużnicy samochodowej w czasie zderzenia. W pracy został wyznaczony rozkład naprężeń, odkształceń i przemieszczeń za pomocą MES w podłużnicy. Wyniki symulacji numerycznej zostały porównane z uzyskanymi w autorskich badaniach doświadczalnych.

Summary:

It is important to identify strains which take place in the stringer of automotive chassis during car crash. The paper contains a designated stress distribution, deformation and displacement by FEM in the stringer. Numerical simulation results obtained are compared with experimental studies.

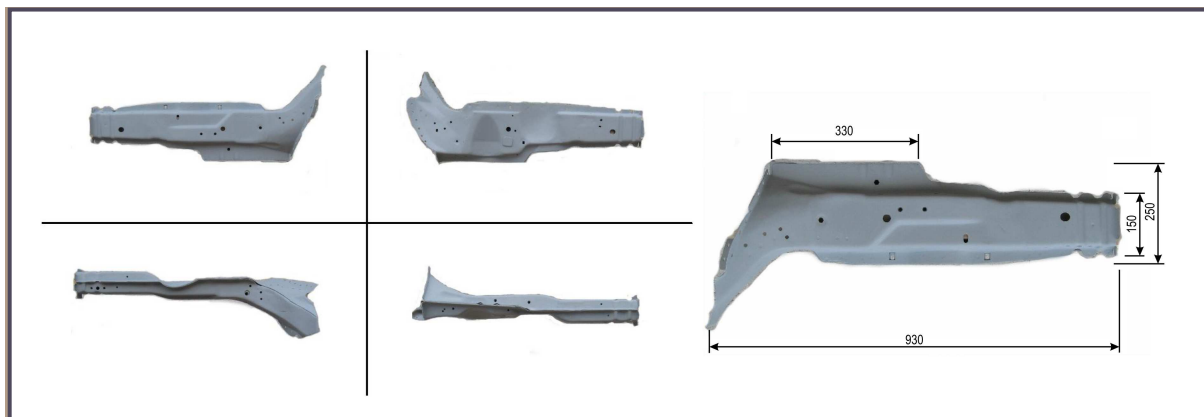
WSTĘP

Podłużnice, będące głównymi belkami nośnymi ramy, biegną równolegle (lub prawie równolegle) do osi symetrii pojazdu. Powinny one mieć jak największą sztywność, natomiast ich ukształtowanie wynika z usytuowania głównych zespołów samochodu i wzniosu podłogi. Podłużnice są wykonywane w postaci belek o przekroju otwartym lub zamkniętym. Z punktu widzenia wytrzymałości i tym samym bezpieczeństwa połączenia podłużnic ramy z poprzeczkami nie powinny powodować powstawania nadmiernych miejscowych naprężeń wewnętrznych. Do podłużnic i poprzeczek ramy są zamocowane wsporniki i wieszaki, służące do mocowania poszczególnych elementów mechanicznych i nadwozia.

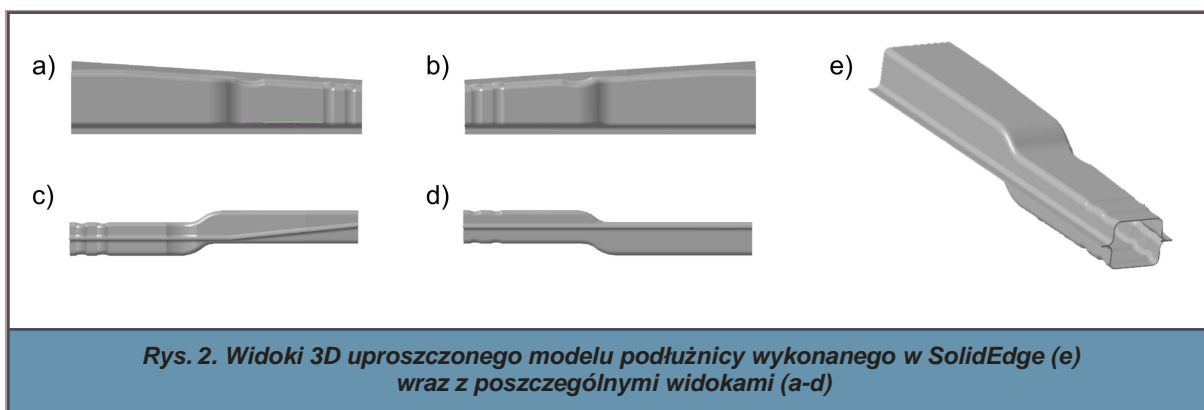
Większość współczesnych kadłubów nadwozi samonośnych jest wykonywana z cienkościennych blach stalowych. Głównym sposobem łączenia poszczególnych wytłoczek jest zgrzewanie punktowe. Podczas łączenia wytłoczek powstaje wiele przestrzeni zamkniętych, które usztywniają strukturę jako całość.

W praktycznej części przeprowadzono badania symulacyjne pozwalające na wyznaczenie naprężeń i odkształceń powstałych w podłużnicy podczas zderzenia czołowego w programie MSC.Software. Opisano w niej przeprowadzone czynności wstępne prowadzące do skonstruowania komputerowego modelu oraz przebieg samej symulacji.

WARUNKI BADAŃ



Rys. 1. Modelowana podłużnica wraz z podstawowymi wymiarami



Rys. 2. Widoki 3D uproszczonego modelu podłużnicy wykonanego w SolidEdge (e) wraz z poszczególnymi widokami (a-d)

Korzystając ze wzoru $a = V/t$ obliczono przyspieszenie. Następnie wyznaczono siłę z jaką samochód uderzy w przeszkodę. Posłużono się wzorem $F = m \cdot a$. Dla uderzenia czołowego przyjęto połowę obliczonej siły, jako że rozłożona ona zostaje na obie podłużnice. Poniższe tabele zawierają przyjęte dane wyjściowe oraz siły działające podczas zderzenia.

Przyjęte dane wyjściowe na podstawie ustaleń dla obu przypadków zderzenia

Masa samochodu	$m = 875 \text{ kg}$
Czas działania siły	$t = 0,01 \text{ s}$

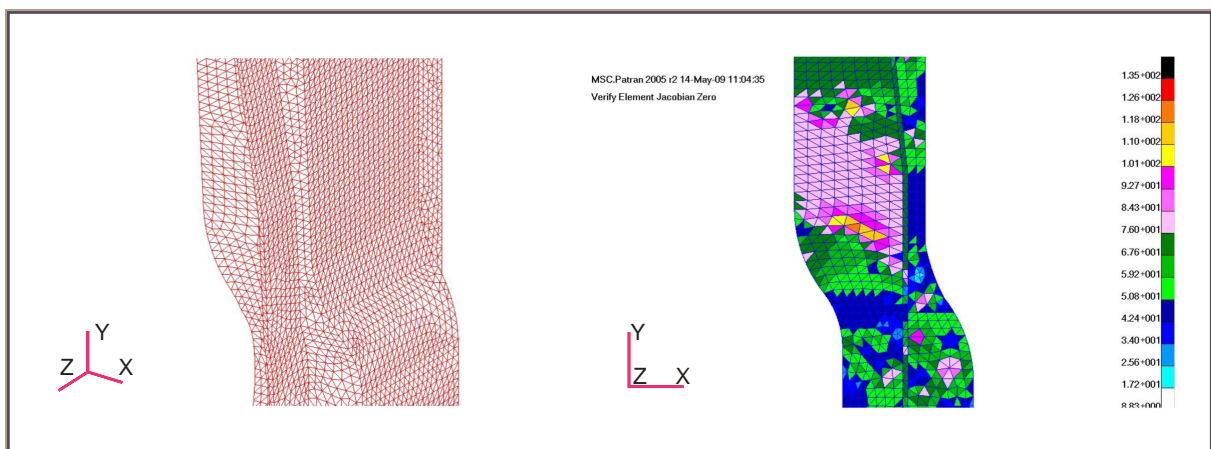
Siły działające podczas uderzenia

Przypadek	Prędkość	Przyspieszenie	Siła
	km/h	m/s^2	kN
A - uderzenie boczne	40	110	70
B - uderzenie czołowe	60	160	90

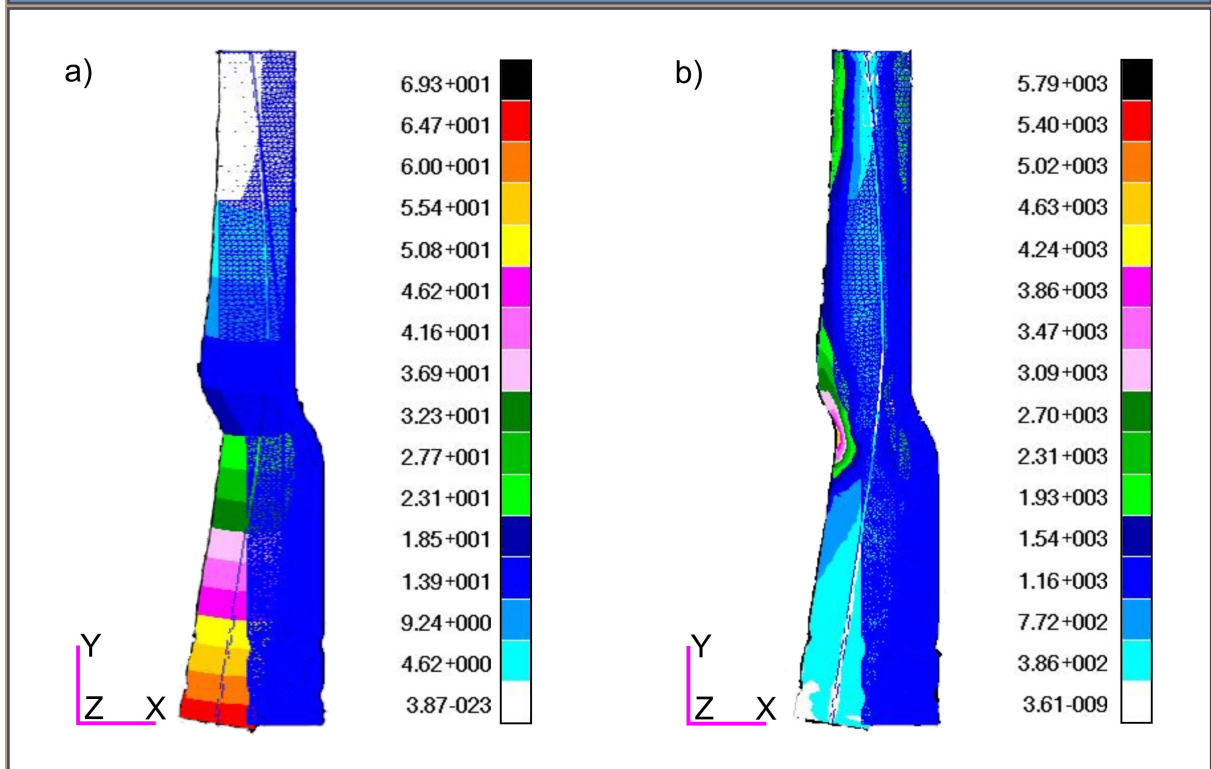
PRZEBIEG SYMULACJI

Utworzony uprzednio model, zapisano w odpowiednim formacie importowano do programu MSC.Marc. Geometria modelu została rozpoznana przez program więc przystąpiono do procesu dyskretyzacji. Proces przeprowadzony został automatycznie, przy użyciu funkcji Automesh. W celu zwizualizowania wyników posłużono się programem MSC.Patran. Na rysunku 3 przedstawiono zdyskretyzowany obraz modelu oraz graficzną ilustrację wartości jakobianu (kontrola poprawności wygenerowanej siatki). Dla otrzymanej siatki, warunków początkowych i brzegowych wykonano obliczenia.

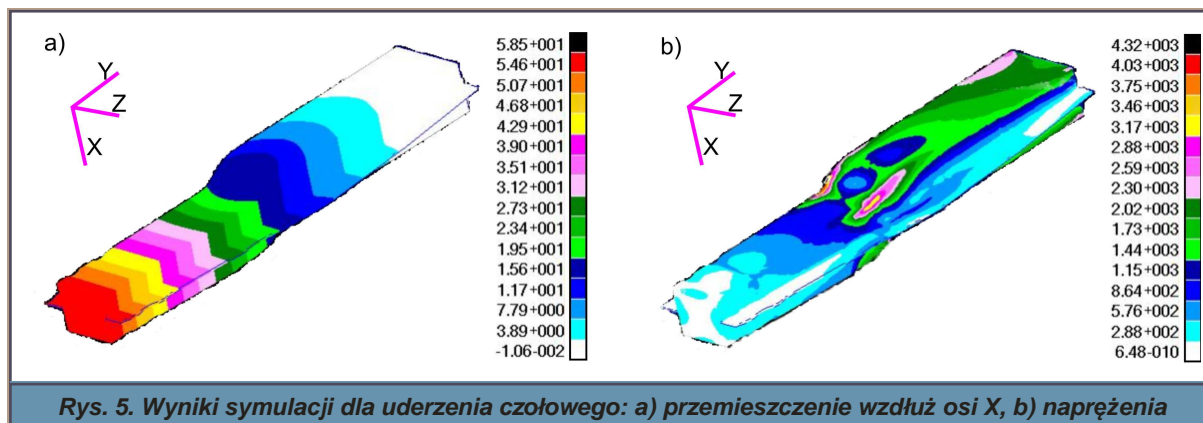
Dodatkowo wykonano obliczenia dla hipotetycznej podłużnicy wykonanej z materiału kompozytowego. Wyniki przedstawiono w tabeli, a ich graficzną prezentację na rysunku 4.



Rys. 3. Dyskretyzacja modelu



Rys. 4. Wyniki symulacji dla uderzenia bocznego: a) przemieszczenie wzdłuż osi X, b) naprężenia



Zestawienie uzyskanych wartości naprężeń, odkształceń i przemieszczeń						
Przypadek		Naprężenie	Odkształcenie	Przemieszczenie względem		
				osi X	osi Y	osi Z
		Mpa	% · 10 ⁻⁵	mm	mm	mm
blacha stalowa	uderzenie boczne	579	23,9	69	~0	~0
	uderzenie czołowe	432	17,8	58	11	30
kompozyt	uderzenie boczne	18,4	0,046	0,14	0,018	0,007
	uderzenie czołowe	773	1,91	1,59	0,74	0,009

Zadane siły w obu przypadkach wywołały naprężenia, które doprowadziły do odkształceń badanego modelu. Wywołane odkształcenia dla obu przypadków były proporcjonalnie zbliżone do zadanej siły. Wyniosło ono 26% więcej dla uderzenia czołowego. Tłumaczyć to można tym, że uderzenie czołowe „przyjęte” zostało na stosunkowo większy przekrój poprzeczny, a wywołane odkształcenie nie było tak duże, ze względu na długość podłużnicy, wzdłuż której działała siła zadana dla uderzenia czołowego.

Dla uderzenia bocznego wystąpiły przemieszczenia wzdłuż osi Y i Z bliskie zeru. Przemieszczenie wzdłuż osi X wyniosło 69mm, co nie wydaje się być znaczące z punktu widzenia podłużnicy jako pojedynczego elementu – patrząc z punktu widzenia podłużnicy jako elementu konstrukcji nośnej samochodu nie należy owego faktu bagatelizować. Oczywiście w praktyce obie podłużnice połączone są ze sobą, co powinno wywołać mniejsze przemieszczenie, jako że poprzeczna belka pochłonie część energii uderzenia.

W przypadku uderzenia czołowego odnotowano przemieszczenia wzdłuż wszystkich trzech osi. Przemieszczenie wzdłuż osi X było największe, co świadczy o najmniejszej wytrzymałości w owym kierunku. W praktyce oznacza to, iż podłużnica o badanym kształcie i właściwościach wykaże odkształcenie boczne w przypadku uderzenia czołowego. Dodatkowo wygnie się 30 mm wzdłuż osi Z, czyli w dół.

Największe naprężenia wystąpiły w tzw. strefach kontrolowanego zgniotu (Rys.6)



WNIOSKI

- Analiza wymaga dobrej znajomości systemu i parametrów oddziałujących na obiekt. Niekiedy wymaga to przeprowadzenia pewnych uproszczeń. Symulacja przeprowadzona została w warunkach statycznych, a nie dynamicznych, jak miałyby to miejsce podczas rzeczywistego zderzenia.
- Optymalny kształt i parametry wytrzymałościowe podłużnic mają kluczowe znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowników. Wykazano, że badana podłużnica zaprojektowana została prawidłowo – kierunek odkształceń był zgodny z pożądanym. Podłużnica odkształcała się w kierunku do wewnątrz i ku dołowi. Dodatkowo wykazano, iż zaprojektowane przez producenta karby również spełniły swoje zadanie nie dopuszczając do większych odkształceń w niepożądanych miejscach i kierunkach.
- Podłużnica była rozpatrywana, jako pojedynczy element – w rzeczywistości obie podłużnice połączone są ze sobą sztywną belką. Nie wzięto pod uwagę zderzaka pełniącego funkcję belki energochłonnej.
- Uzyskane wyniki symulacji są zbliżone do rzeczywistych.
- Przy odkształceniach plastycznych o odpowiednio duży kąt naprawa podłużnic poprzez prostowanie nie jest wskazana, jako że właściwości metalu i wytrzymałość nigdy nie będą odpowiadać pierwotnym parametrom, na które została zaprojektowana (zostaje przekroczona granica plastyczności).
- Podłużnica kompozytowa charakteryzuje się mniejszymi przemieszczeniami. Może to stanowić niebezpieczeństwo powstawania odkształceń poza strefami kontrolowanego zgniotu.
- Uzyskane wyniki symulacji są zbliżone do uzyskanych w przeprowadzonych autorskich badaniach doświadczalnych.

Literatura

Tadeusz Rychter – *Budowa pojazdów samochodowych*; Seweryn Orzełowski – *Budowa podwozi i nadwozi samochodowych*; Michał E. Niezgodziński, Tadeusz Niezgodziński – *Wytrzymałość materiałów*; Zygmunt Konarzewski – *Mechanika i wytrzymałość materiałów*; T.Łodygowski, W.Kąkol – *Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich*; Andrzej Zieliński – *Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych*; <http://www.mscsoftware.com>