

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15–18 października 2024

Numeryczne i doświadczalne badanie odporności mechanicznej tylnego urządzenia zabezpieczającego do pojazdu o dmc 26t

Paulina Działak¹, Mariusz Stańco¹, Jerzy Czmochoński¹, Tadeusz Szymczak², Piotr Ziatyk², Tomasz Sobolewski²

¹Katedra Konstrukcji Badań Maszyn i Pojazdów, Politechnika Wrocławska, ²Instytut Transportu Samochodowego
email: paulina.dzialak@pwr.edu.pl, mariusz.stanco@pwr.edu.pl, jerzy.czmochoński@pwr.edu.pl,
tadeusz.szymczak@its.waw.pl, piotr.ziatyk@its.waw.pl, tomasz.sobolewski@its.waw.pl

STRESZCZENIE: Przedmiotem pracy są analizy numeryczne (MES) i badania fizyczne Tylnego Urządzenia Zabezpieczającego (TUZ) przed wjechaniem pod tył pojazdu. Aktualnie obowiązujące przepisy dotyczące badań homologacyjnych TUZ ujęte są w Regulaminie ONZ nr 58. Zgodnie z wymaganiami Regulaminu TUZ musi przenieść określone obciążenie w określonych strefach. Uzyskanie wyniku pozytywnego w teście fizycznym zależy od wielu etapów związanych z projektowaniem i wytwarzaniem obiektu badań, zwłaszcza od sposobu modelowania, symulacji obciążenia zaplanowanego do realizacji w badaniu. W tym celu opracowano modele bryłowe i powłokowe tylnego urządzenia zabezpieczającego wraz ze śrubowymi elementami łączącymi. Z uwagi na wykorzystanie elementów cienkościennych w konstrukcji TUZ zastosowano dyskretyzację tego modelu elementami powłokowymi, a w połączeniach śrubowych wykorzystano elementy belkowe ze wstępnym napięciem. W pracy przedstawiono modele 3D i wyniki obliczeń w postaci map rozkładu naprężenia efektywnego wg Hubera-von Mises'a-Hencky'ego, stref plastycznych i składowych przemieszczenia. Zamieszczono również wyniki badań fizycznych z wykorzystaniem specjalistycznego stanowiska badawczego i systemu cyfrowej korelacji obrazu PONTOS 5M w jednostce notyfikowanej.

SŁOWA KLUCZOWE: MES, RUPD, homologacja pojazdów, badania wytrzymałościowe

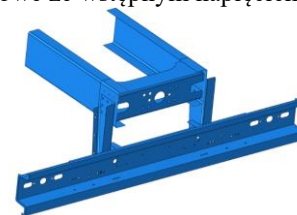
1. Przedmiot i zakres/cele pracy

Zgodnie z Regulaminem ONZ nr 58 [1] wszystkie pojazdy muszą być wyposażone w skuteczną ochronę na całej ich szerokości przed wjechaniem pod tył pojazdów. W ramach realizowanego projektu [2] Nowego Zestawu Kubaturowego do Przewozu Ładunków Ponadnormatywnych jednym z etapów był projekt Tylnego Urządzenia Zabezpieczającego (TUZ). W pracy przedstawiono analizę numeryczną MES takiego urządzenia z uwzględnieniem wymagań Regulaminu i wyników badań fizycznych zrealizowanych z wykorzystaniem systemu DIC (Digital Image Correlation System) PONTOS 5M.

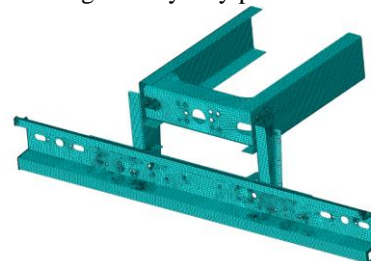
2. Modelowanie numeryczne

Tylne urządzenie zabezpieczające zgodnie z wymaganiami Regulaminu ONZ nr 58 [1] musi być poddane badaniu na stanowisku w ściśle określonych warunkach charakteryzujących się odwzorowaniem eksploatacyjnego sposobu mocowania TUZ. Badanie fizyczne może być zastąpione obliczeniami wytrzymałościowymi jeżeli wykorzystany w nim model obiektu badań został zwalidowany [1]. Model matematyczny musi być walidowany poprzez porównanie z rzeczywistymi warunkami badania. W tym celu należy wykorzystać wszystkie składniki tylnego urządzenia zabezpieczającego i jeżeli wystąpi konieczność również fragmenty ramy pojazdu. W znaczeniu praktycznym użycie ramy pojazdu w wielu przypadkach jest bardzo pomocne ponieważ stanowi zasadniczy składnik stanowiska badawczego i daje możliwość przymocowania obiektu badań do płyty badawczej. Tego rodzaju postępowanie zastosowano w badaniu fizycznym TUZ [3].

Z uwagi na cienkościenną, blachownicową strukturę belki poprzecznej TUZ i wsporników urządzenia zabezpieczającego w programie ABAQUS opracowano model geometryczny powierzchniowy (rys. 1) i model dyskretny z elementami powłokowymi (rys. 2). W połączeniu śrubowym urządzenia zabezpieczającego z podłużnicami ramy pojazdu zastosowano elementy skończone belkowe ze wstępnym napięciem.



Rys. 1. Model geometryczny powierzchniowy TUZ

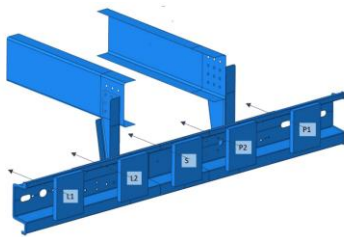


Rys. 2. Model dyskretny powłokowy TUZ

W postępowaniu MES zamodelowano również ramę pojazdu, uzyskując w rezultacie model wielobryłowy o geometrii zgodnej z komponentem wytworzonym tj. poddanym badaniu fizycznemu.

Warunki przeprowadzania symulacji komputerowej powinny odpowiadać warunkom badania opisanym w

Regulaminie. Wartości obciążenia i strefy jego oddziaływania są ściśle określone i powinny być wyznaczone odpowiednio na podstawie wymagań Regulaminu ONZ nr 58 i wymagań wymienionego dokumentu i propozycji producenta TUZ, pokazano na rys. 3, a ich wartości w tabeli 1.

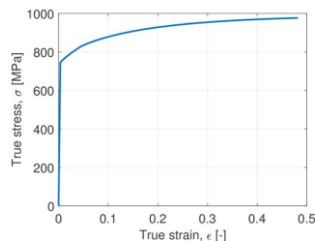


Rys. 3. Miejsca przyłożenia i oznaczenia obciążeń

Tabela 1. Oznaczenia siły oraz ich wartości przyjętych w analizie odporności mechanicznej TUZ

Obciążenie	Wartość [kN]
L1, P1	100
S	100
L2, P2	180

Z uwagi na to, że Regulamin dopuszcza podczas badań urządzenia występowanie odkształceń plastycznych analizę przeprowadzono z wykorzystaniem procedur sprężysto-plastycznych [4,5]. Elementy urządzenia zostały wykonane ze stali wysokowytrzymałej Strenx S700MC [6], której charakterystykę materiałową pokazano na rys. 4 uwzględnioną w analizie MES.

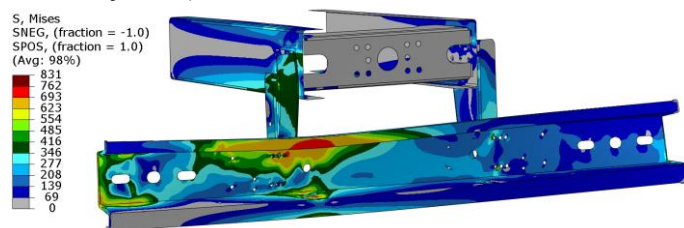


Rys. 4. Charakterystyka rozciągania stali S700MC [6]

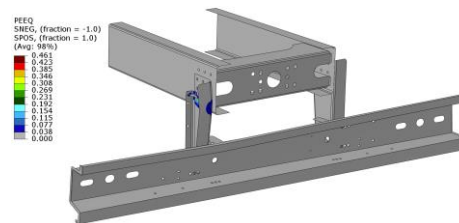
3. Wyniki symulacji i badań na obiekcie

Wynikiem symulacji odkształceń sprężysto-plastycznych są rozkłady naprężenia i odkształcenia efektywnego wg HMH (rys. 5, 6) oraz składowych ugięcia (rys. 7). Wyniki przedstawione na w/w rysunkach dotyczą przypadku obciążenia w punkcie L1. Dla tego wariantu obciążenia maksymalna wartość naprężenia występuje we wspornikach i połączeniach z belką poprzeczną i ramą pojazdu. W tych też miejscach wystąpiły najwyższe wartości odkształcenia plastyczne (rys. 6).

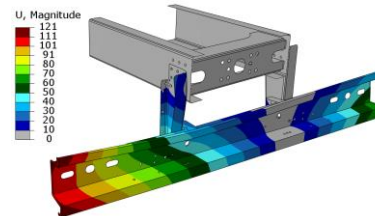
Badanie fizyczne komponentu TUZ przeprowadzono we współpracy z jednostką notyfikowaną (Instytut Transportu Samochodowego w Zakładzie Homologacji i Badani Pojazdów) [3].



Rys. 5. Rozkład naprężenia efektywnego wg HMH przy obciążeniu w p. L1

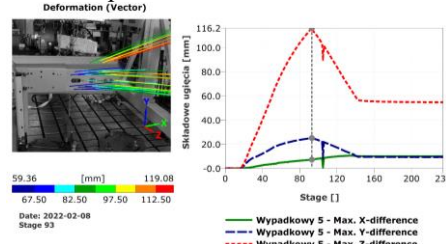


Rys. 6. Rozkład efektywnego odkształcenia plastycznego przy obciążeniu w p. L1



Rys. 7. Rozkład ugięcia przy obciążeniu w p. L1

Test zrealizowano z wykorzystaniem gabarytowej platformy z rowkami w kształcie litery T, siłownika o wartości obciążenia dopuszczalnego +200 kN i przy wykorzystaniu systemu cyfrowej korelacji obrazu DIC PONTOS 5M. Wartości składowych ugięcia (rys. 8) określano w trójwymiarowym układzie współrzędnych stosując znaczniki pomiarowe.



Rys. 8. Składowe ugięcia podczas obciążania i odciążania

Uzyskane w MES wartości składowych ugięcia były bliskie ich odpowiednikom z testu fizycznego. Najwyższe wartości ugięcia wystąpiły w kierunku osi O_z zarówno pod obciążeniem i po odciążeniu.

4. Podsumowanie

W pracy zamieszczono wybrane wyniki obliczeń wytrzymałościowych MES w odniesieniu do rezultatów testu fizycznego dotyczących Tylnego Urządzenia Zabezpieczającego do pojazdu kat. N3 i O4 o dmc 26t. W rezultacie zwalidowano model 3D TUZ uzyskując akceptowalną zbieżność obu rodzajów wyników badań.

Praca zrealizowana ze środków EFRR w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Dolnośląskiego na lata 2014-2020. Nr projektu: PDS.01.02.02-0041/19 „Przeprowadzenie prac B+R szansą na rozwój Elbo Sp. z o.o.”

Literatura

- [1] Regulamin ONZ nr 58 – Jednolite przepisy dotyczące homologacji: Urządzeń zabezpieczających przed wjechaniem pod tył pojazdu (RUPD) [2019/272]. DU UE, L 49/1, 20.2.2019
- [2] Opracowanie projektu uniwersalnego zestawu kubaturowego umożliwiającego przewóz ładunków paletyzowanych oraz ponadnormatywnych osłoniętych plandeką, w ramach projektu „Przeprowadzenie prac B+R szansą na rozwój Elbo Sp. z o.o.” realizowanego ze środków EFRR na lata 2014-2020
- [3] Sobolewski T., Ziatyk P., *Sprawozdanie z badań nr 0133/ZBH/2022*, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2022
- [4] Rusiński E., Czmochocki J., Smolnicki T., *Zawansowana Metoda Elementów Skończonych*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2000
- [5] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., *The finite element method*. Vol. 1, Vol. 2. McGraw-Hill Book Company, London 1991
- [6] <https://www.ssab.com>