

Praca ściskanej kompozytowej płyty w asymetrycznym układzie warstw

Katarzyna Falkowicz^{1, a)} and Hubert Dębski^{2, b)}

¹*Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Design and Mechatronics, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland*

²*Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Design and Mechatronics, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland*

^{a)}Corresponding author: k.falkowicz@pollub.pl

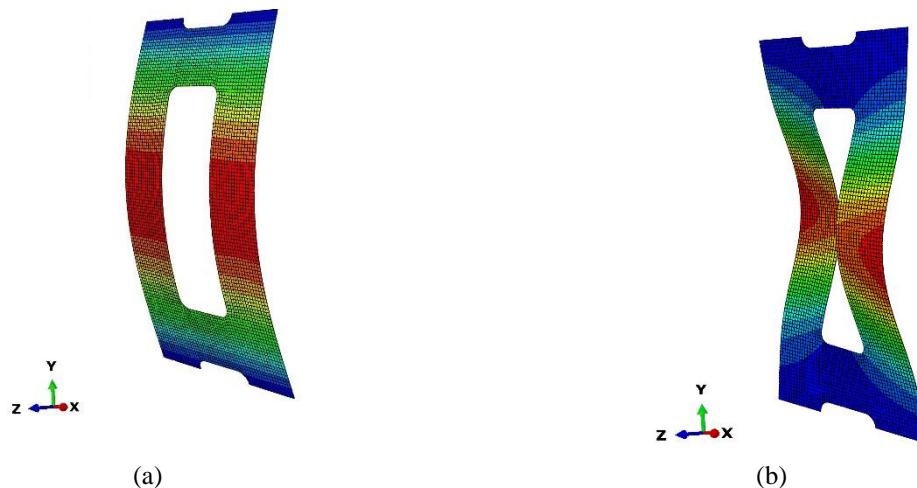
^{b)}h.debski@pollub.pl

Abstract. Przedmiotem badań jest prostokątna płyta z wycięciem poddana równomiernemu ściskaniu. Płyta podparta przegubowo na krótszych krawędziach, wykonana z kompozytu o wysokich właściwościach wytrzymałościowych. Badania dotyczyły numerycznej analizy MES liniowej i nieliniowej stateczności konstrukcji oraz doświadczalnej walidacji otrzymanych wyników. Zastosowanym narzędziem numerycznym był program ABAQUS.

PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań były cienkie elementy płytowe z centralnym wycięciem o regularnych kształtach, wykonane z kompozytu węglowo-epoksydowego, który badany był we wcześniejszych pracach autorów [1,2,3], poddane ściskaniu. Celem analizy była możliwość wykorzystania takich elementów, jako elementy sprężyste, których sztywność można projektować poprzez zmianę parametrów geometrycznych wycięcia oraz odpowiednią konfigurację układu warstw kompozytu. W przypadku ściskanych cienkich płyt naturalną, najniższą postacią wyboczenia jest postać giętna (Rys.1a), osiągnięta przy niewielkim obciążeniu, oraz posiadająca małą sztywność pokrytyczną. W celu uzyskania wyższych parametrów sztywnościowych konstrukcji należy wymusić jej wyboczenie według wyższej postaci utraty stateczności (Rys.1b), charakteryzującej się wygięciem pionowych pasów płyty leżących po bokach centralnego wycięcia w przeciwnych kierunkach (postać giętno-skrętna).

W celu wymuszenia utraty stateczności konstrukcji według wyższej postaci wyboczenia zastosowano niesymetryczny układ warstw kompozytu posiadający sprzężenie flexural-torsional [4,5]. Takie podejście pozwoliło uzyskać wyboczenie kompozytowego elementu płytowego według naturalnej, najniższej postaci wyboczenia giętno-skrętnej, charakteryzującego się stabilną pracą konstrukcji w zakresie zakrytycznym (bez przeskoków do postaci giętej).



RYСУNEK 1. Postacie wyboczenia płyty: (a) najniższa, giętna postać wyboczenia , (b) wyższa, giętno-skrętna postać wyboczenia

METODOLOGIA

Dla przyjętego rozwiązania przeprowadzono numeryczną analizę konstrukcji z wykorzystaniem metody elementów skończonych w programie Abaqus [6,7]. Zakres symulacji numerycznych obejmował analizę liniową, umożliwiającą wyznaczenie wartości obciążenia krytycznego oraz uzyskanie najniższej postaci wyboczenia giętno-skrętnej oraz nieliniową analizę ściskania konstrukcji z imperfekcjami geometrycznymi odpowiadającymi uzyskanej postaci wyboczenia. W trakcie obliczeń wyznaczono charakterystyki pokrytyczne konstrukcji w zależności od wymiarów centralnego wycięcia, zmieniając jego wysokość oraz szerokość. Przeprowadzona analiza wykazała możliwości projektowania sztywności sprężystego elementu płytowego poprzez zmianę parametrów geometrycznych wycięcia. Analizę prowadzono w zakresie bezpiecznej pracy konstrukcji, tzn. poniżej wartości parametru krytycznego materiału kompozytowego, określanego z wykorzystaniem inicjacyjnych kryteriów zniszczenia. Wyniki obliczeń numerycznych walidowano wynikami badań doświadczalnych prowadzonych dla wybranych wariantów płyty z wycięciem, poddając porównaniu wyznaczone w badaniach eksperymentalnych i numerycznych pokrytyczne ścieżki równowagi, stanowiące podstawę jakościowej weryfikacji wyników obliczeń numerycznych.

PODZIĘKOWANIA

Results presented in the paper was conducted under the project UMO-2017/25/N/ST8/01066 financed by the National Science Centre Poland.

LITERATURA

1. P. Rozylo, P. Wysmulski, K. Falkowicz, *IJAME* 22(2), 393-402 (2017).
2. K. Falkowicz, H. Debski and A. Teter, "Design solutions for improving the lowest buckling loads of a thin laminate plate with notch," in *Computer Methods in Mechanics-CMM 2017, AIP Conference Proceedings 1922*, edited by J. Podgorski et al. (American Institute of Physics, 2018), pp. 080004-0÷080004-10.
3. P. Rozylo, A. Teter, H. Debski, P. Wysmulski, K. Falkowicz, *Appl. Compos. Mater.* 24, 1251-1264 (2017).
4. C. B. York, *Compos A Appl Sci Manuf* 44, 140-8 (2013).
5. C. B. York, *Compos. Struct.* 160, 887-900 (2017).
6. K. Falkowicz, "Stability of rectangular plates with notch using FEM," in *II International Conference of Computational Methods in Engineering Science-CMES 2017, ITM Web of Conferences-Proceedings Paper 15*, edited by M. Borys et al. (ITM Web of Conferences, 2017), pp. 1-4.
7. O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, *Finite Element Method (Solid Mechanics, Elsevier, 2000)*.