

## VALIDACE CHOVÁNÍ KOMPOZITNÍ DESKY PŘI PŘÍČNÉM STATICKÉM A DYNAMICKÉM ZATÍŽENÍ

Tomáš MANDYS<sup>1</sup>, Vladislav LAŠ<sup>2</sup>, Tomáš KROUPA<sup>3</sup>

### 1 ÚVOD

Kompozitní materiály jsou v dnešní době v průmyslu široce využívány a stávají se výhodnou alternativou konvenčních materiálů. Hlavní výhodou kompozitních materiálů je vysoký poměr mezi jejich tuhostí a hmotností, odolnost proti korozi a hlavně velká možnost variability návrhu. Nevýhodou kompozitních materiálů je jejich náchylnost k porušení, které nemusí být v počátcích vzniku pouhým okem vůbec patrné. Porušení je nevratné a vede ke snížení tuhosti a pevnosti kompozitní struktury. Při průmyslových aplikacích kompozitních materiálů je velmi nutné brát tuto skutečnost v úvahu a zajistit bezpečnost celé kompozitní konstrukce nejen pro všechna její plánovaná zatížení, ale i pro různá rázová zatížení, kterými může být konstrukce během svého života vystavena a které také mohou vést k jejímu porušení.

Tento příspěvek se zabývá validací materiálových vlastností jednosměrového dlouhovláknového kompozitního materiálu tvořeného epoxidovou pryskyřicí a karbonovými vlákny. Materiál nese označení EHKF420-UD24K-40 a je vyráběn firmou LA Composite se sídlem v Praze.

### 2 STATICKÉ A DYNAMICKÉ CHOVÁNÍ KOMPOZITNÍ DESKY

Validace materiálových vlastností jednosměrového dlouhovláknového kompozitu byla provedena na desce o velikosti 270×270 mm a tloušťky 1.15 mm. Při prováděných simulacích byl pro kompozitní materiál uvažován příčně izotropní materiálový model popsany podle Laš (2008) rovnicí (1)

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{LT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & 0 \\ S_{12} & S_{22} & 0 \\ 0 & 0 & S_{66} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_T \\ \tau_{LT} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

kde  $S_{11} = \frac{1}{E_L}$ ,  $S_{22} = \frac{1}{E_T}$ ,  $S_{12} = \frac{-\nu_{LT}}{E_L}$  a  $S_{66} = \frac{1}{G_{LT}}$ , kompozitní deska byla tvořena skořepinovými prvky. Deska byla volně podepřena podél dvou protilehlých stran s překrytím 10 mm na každé straně - viz obr 1. Pro experimentální ověření chování kompozitní desky pro případ jejího zatížení statickým i dynamickým zatížením bylo využito padostroje s impaktorem o hmotnosti 217 g vybaveným akcelerometrem, který v případě dynamického zatížení umožňoval získání průběhu kontaktní (rázové) síly na čase. Odezva kompozitní desky na

<sup>1</sup> Ing. Tomáš Mandys, student doktorského studijního programu, obor Mechanika, e-mail: tmandys@kme.zcu.cz

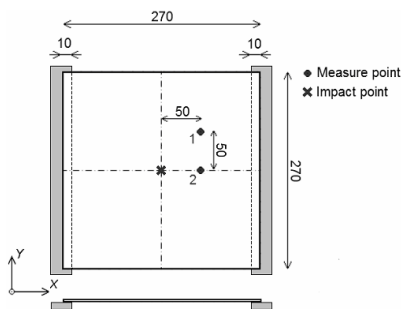
<sup>2</sup> Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc., ZČU v Plzni, FAV, Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, tel.: +420 377 632 326, e-mail: las@kme.zcu.cz (vedoucí práce)

<sup>3</sup> Ing. Tomáš Kroupa, Ph.D. ZČU v Plzni, FAV, Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, tel.: +420 377 632 367, e-mail: kroupa@kme.zcu.cz

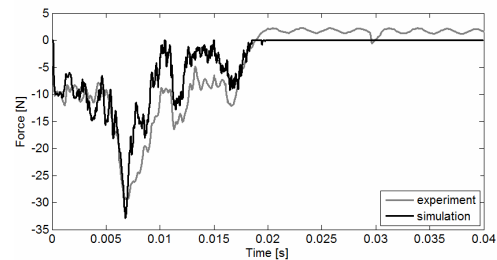
zatížení byla zjišťována ve dvou bodech pomocí laserového měřicího zařízení. Poloha měřicích bodů a místo dopadu impaktoru znázorňuje obr. 1. Tab. 1 uvádí srovnání statických průhybů kompozitní desky pod vlastní tíhou impaktoru v jednotlivých měřených bodech. Obr. 2 srovnává velikosti kontaktních sil mezi experimentem a simulací pro případ dynamického zatížení kompozitní desky, dopadová rychlost impaktoru byla  $0.56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , obr. 3 a 4 znázorňují srovnání průhybů desky pod daným zatížením.

Měřený bod	Experiment			Exp. průměr [mm]	Simulace [mm]	Rozdíl [%]
	[mm]					
1	0.321	0.323	0.320	0.321	0.332	3.4
2	0.488	0.480	0.486	0.485	0.471	2.9

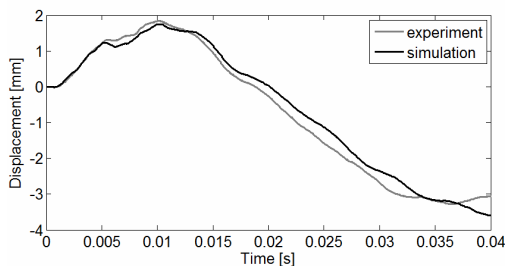
**Tab. 1:** Srovnání statických průhybů mezi experimentem a simulací



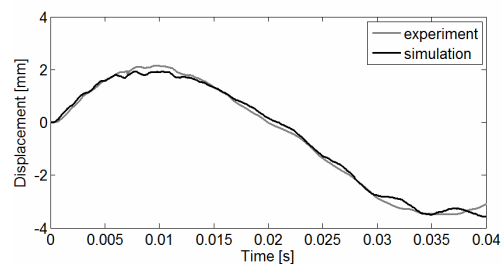
**Obr. 1.** Geometrie kompozitní desky.



**Obr. 2.** Srovnání kontaktní síly.



**Obr. 3.** Srovnání průhybu desky v bodě 1.



**Obr. 4.** Srovnání průhybu desky v bodě 2.

### 3 ZÁVĚR

Díky této práci bylo validováno chování jednosměrové kompozitní desky pro případ jejího příčného zatížení. Numerické simulace byly řešeny v programu LS-Dyna pomocí statické a dynamické analýzy za využití implicitního a explicitního řešiče. Získané poznatky budou v budoucnu využity k simulacím porušení složitějších kompozitních struktur a identifikaci místa dopadu impaktoru.

**Poděkování:** Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2010-046 a výzkumnými záměry GAČR GD101/08/H068 a GAP101/11/0288.

### LITERATURA

Laš V., 2008. Mechanika kompozitních materiálů. Vydavatelství ZČU v Plzni.

LS-Dyna Keyword User's Manual, Version 971. Livermore Software Technology Corporation, 2007.