

# Studentská Vědecká Konference 2012

## Pevnostní analýza kompozitové desky zatěžované kolíkovým spojem

Lukáš Bek<sup>1</sup>, Jan Krystek<sup>2</sup>, Radek Kottner<sup>3</sup>

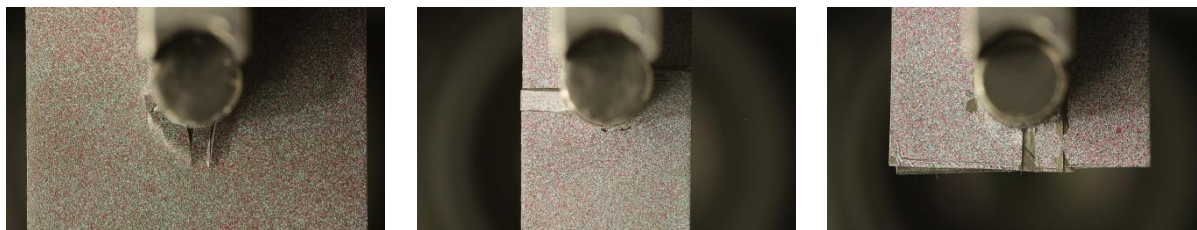
### 1 Úvod

Kompozitní materiály se v praxi objevují stále častěji pro výhody, které jejich použití přináší, jimiž jsou například nízká hmotnost při vysoké tuhosti a pevnosti a také možnost řízení anizotropie. Většinou se však v konstrukci vyskytují ve spojení s konvenčními materiály. Právě spoje mezi kompozitní částí a okolní konstrukcí jsou často kritická místa. Jednou z možností spoje je kolíkový spoj. Jedná se o nesvěrný rozebíratelný spoj. Nevýhodou je, že díra pro kolík narušuje strukturu kompozitu. Aby bylo možné plně využívat výhod kompozitních materiálů, je nutné správně modelovat porušení těchto spojů, neboť na nich často závisí pevnost celé konstrukce.

Cílem práce bylo vytvořit numerický model kompozitové desky zatěžované kolíkovým spojem a pomocí kritéria porušení Puck pro prostorovou napjatost, jež bylo implementováno do konečnoprvkového systému MSC.Marc, lokalizovat první porušení kompozitu a výsledky z modelu porovnat s experimenty.

### 2 Experimenty

Experimenty probíhaly v trhacím stroji Zwick/Roell Z050 doplněném o speciálně navržené zařízení. Zkušební vzorky byly v různých geometriích vyřezány z kompozitové desky, jež byla složena z 16 vrstev prepregu, který sestával z uhlíkového vlákna Tenax 5671 a epoxidové pryskyřice. Během experimentů se projeví tři módy porušení: *Bearing*, *Net-tension* a *Shear-out* (Aktas et al. (2004)) (viz obrázek 1). Změny ve zkušebních vzorcích (tedy i první porušení) byly zaznamenávány pomocí dvou akcelerometrů. Experimenty byly monitorovány dvěma digitálními fotoaparáty, přičemž snímky byly následně použity k vyhodnocení deformací pomocí metody digitální korelace obrazu.



**Obrázek 1:** Příklady porušení – *Bearing* (vlevo), *Net-tension* (uprostřed) a *Shear-out* (vpravo).

<sup>1</sup> Bc. Lukáš Bek, student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: lukasbek@students.zcu.cz

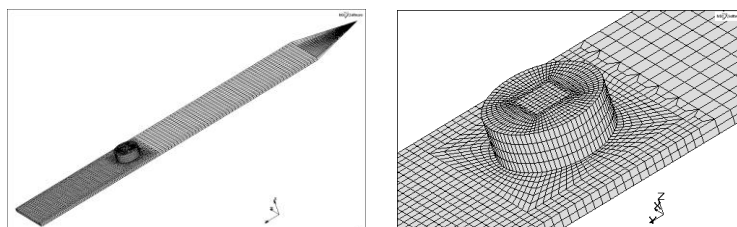
<sup>2</sup> Ing. Jan Krystek; Západočeská univerzita v Plzni; Fakulta aplikovaných věd; Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, Česká republika, krystek@kme.zcu.cz

<sup>3</sup> Ing. Radek Kottner, Ph.D.; Západočeská univerzita v Plzni; Fakulta aplikovaných věd; Katedra mechaniky, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, Česká republika, kottner@kme.zcu.cz

### 3 Numerická simulace

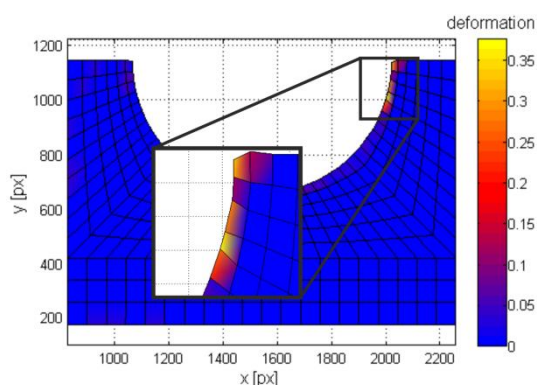
Simulace byly prováděny v konečněprvkovém systému MSC.Marc. Model byl vytvořen parametricky s využitím softwaru MATLAB, což umožňuje měnit všechny parametry, jako například rozměry, materiálové parametry nebo okrajové podmínky.

Kompozitová deska i kovový kolík byly modelovány jako poddajná tělesa se vzájemným kontaktem. Počet prostorových osmiuzlových elementů se lišil v závislosti na geometrii výpočtového modelu (viz obrázek 2).

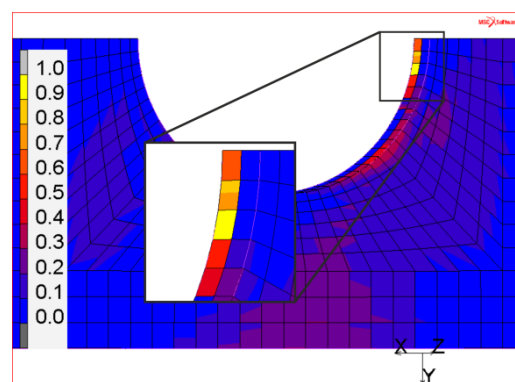


Obrázek 2: Výpočtový model (vlevo) a detail okolí kolíku (vpravo).

Pro lokalizaci prvního porušení bylo využito kritérium Puck pro prostorovou napjatost, jež bylo do systému MSC.Marc implementováno pomocí programovacího jazyka Fortran (Puck (1996)). Výsledky byly porovnány s výsledky získanými z experimentů (viz obrázek 3 a 4).



Obrázek 3: První porušení při experimentu



Obrázek 4: První porušení při simulaci

### 4 Závěr

V této práci byl vytvořen výpočtový model kompozitové desky zatěžované kolíkovým spojem, který prokázal velmi dobrou shodu s experimenty při lokalizaci prvního porušení. Z experimentů bylo prokázáno, že k prvnímu porušení dochází při 10-25% maximální síly, kterou je spoj schopen přenést. Proto bude v další práci tento výpočtový model rozšířen o možnost simulace postupného porušování, aby bylo možné simulovat porušení až do úplného selhání kolíkového spoje.

#### Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu MŠMT č.ME10074 a SGS-2010-046.

#### Literatura

Aktas, A., Honsu Dirikolu, M., 2004: An experimental and numerical investigation of strength characteristics of carbon-epoxy pinned-joined plates, *Composites Science and Technology*, Vol. 64, pp. 1605-1611, ISSN 0266-3538

Puck, A., 1996: *Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten: Modelle für die Praxis*, Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446-18194-6, München, Wien