

## STATECZNOŚĆ ZDELAMINOWANYCH CIENKOŚCIENNYCH KOMPOZYTOWYCH KOLUMN Poddanych ŚCISKANIU

A. GLISZCZYŃSKI, T. KUBIAK, J. ŚLIWIŃSKI

Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji, Politechnika Łódzka  
Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Polska

### 1. WPROWADZENIE

Elementem badań konstrukcji kompozytowych jest analiza zjawisk towarzyszących powstawaniu delaminacji. Źródeł ich powstawania należy poszukiwać już na etapie wytwórczym, kiedy delaminacja może pojawić się na skutek błędnie dobranych parametrów procesu autoklawowego. Inicjację delaminacji zapoczątkować również może uderzenie z niską prędkością [1], wpływające na lokalną degradację sztywności materiału. Uszkodzenia w postaci mikropęknięć bądź delaminacji najczęściej modelowane są jako podobszary (w kształcie okręgu bądź elipsy) posiadające odmienne własności materiałowe lub w postaci rozwarstwień nieciągłości pomiędzy warstwami [1-2]. W pracy rozpatrzono krótki, ośmiowarstwowy ceownik kompozytowy poddany ściskaniu, w którym obszar delaminacji został zamodelowany w postaci rozwarstwienia na granicy sąsiadujących warstw. Rozważano następujące quasi-izotropowe schematy ułożenia włókien:  $[0/90/0/90]_S$  oraz  $[45/-45/45/-45]_S$ . W pracy nie uwzględniano lokalnej degradacji sztywności i całemu obszarowi analizy przyporządkowano tożsamy model materiałowy. Liniowe oraz nieliniowe analizy stateczności analizowanych struktur zostały przeprowadzone metodą elementów skończonych w środowisku programu ANSYS®.

Tabela 1. Własności mechaniczne

$E_1$ [GPa]	$E_2$ [GPa]	$G_{12}$ [GPa]	$\nu_{12}$ [GPa]	$T_1$ [GPa]	$T_1$ [GPa]	$S_{12}$ [GPa]	$C_1$ [GPa]	$C_2$ [GPa]
38.5	8.1	2.0	0.27	792	39	108	679	71

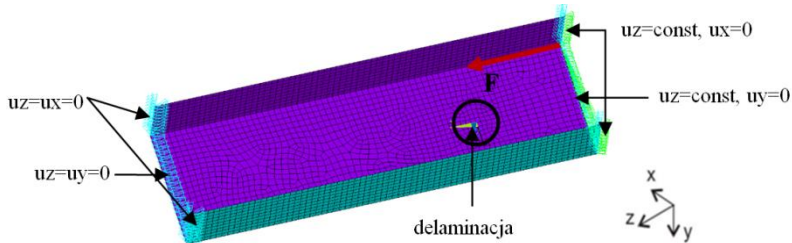
### 2. MODEL MATERIAŁOWY

Własności mechaniczne analizowanego typu kompozytu zostały wyznaczone w badaniach eksperymentalnych. Testy wytrzymałościowe obejmowały rozciąganie i ściskanie próbek z wzdłużnym oraz poprzecznym ułożeniem włókien oraz próbę ścinania. Próba ścinania została przeprowadzona na podstawie normy ASTM D 3518, jako próba rozciągania quasi-izotropowej próbki kompozytowej o ułożeniu warstw pod kątem  $\pm 45^\circ$ . W przeprowadzonych próbach wytrzymałościowych wyznaczono niezbędne własności materiałowe, które przedstawiono w Tabeli 1.

### 3. MODEL NUMERYCZNY

Analizowana kolumna została poddana ściskaniu, odpowiadającemu równomiernemu skróceniu słupa. W węzłach, stanowiących podparcie słupa

zamodelowano przegubowe podparcie, odbierając przemieszczenie w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Węzłom obciążanym przyporządkowano stałą wartość przemieszczeń wzdłuż osi słupa  $u_y = \text{const}$ . oraz odebrano możliwość przemieszczeń w kierunkach prostopadłych do kierunku działającego obciążenia. Ze względu na stałą wartość przemieszczeń przekroju obciążanego, siła ściskająca została zaimplementowana do modelu numerycznego w postaci siły skupionej  $F$ .



Rys. 1. Model dyskretny z przyjętymi warunkami brzegowymi

Obszar analizy został zdyskretyzowany czterowęzłowym, wielowarstwowym elementem powłokowym o sześciu stopniach swobody w każdym węźle (SHELL181).

#### 4. ANALIZA WYNIKÓW

Z przeprowadzonych analiz wynika, że główny wpływ na wartość siły krytycznej wyznaczonej w liniowej analizie stateczności ma wielkość delaminacji oraz miejsce jej występowania w schemacie międzywarstwowym. Najniższe wartości krytyczne osiągają ustroje, w których delaminacja znajduje się w najbliższym sąsiedztwie warstw zewnętrznych a najwyższe wartości sił krytycznych towarzyszą przypadkom kiedy delaminacja jest zlokalizowana w najbliższej odległości względem płaszczyzny środkowej. W świetle przeprowadzonych obliczeń na pierwszą wartość własną nie ma natomiast wyraźnego wpływu geometryczna lokalizacja strefy zdelaminowanej względem długości i szerokości analizowanej kolumny, a także faktu czy delaminacja występuje na środku czy też jednej z półek rozpatrywanego słupa. Liniowe analizy stateczności stanowią jedynie wstęp do analizy stateczności i pokrytycznego zachowania analizowanych kolumn, które zostały przeprowadzone celem wyznaczenia postaci własnych oraz wartości krytycznych. Analizy stateczności stanowią będą dalszą część badań, których rezultaty zostaną przedstawione podczas sympozjum.

#### LITERATURA

- [1] Aymerich F., Priolo P., Characterization of fracture modes in stitched and unstitched cross-ply laminates subjected to low-velocity impact and compression after impact loading. *International Journal of Impact Engineering*, 2008.
- [2] Jeon B.S., Lee J.J., Kim J.K., Low velocity impact and delamination buckling behavior of composite laminates with embedded optical fibers. *Smart Material Structures*, 1999.

Praca została napisana w ramach realizacji projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki Nr DEC-2011/03/B/ST8/06447.