

Autorzy: Łukasz MAZURKIEWICZ, Jerzy MAŁACHOWSKI, Krzysztof DAMAZIAK
e-mail: lmazurkiewicz@wat.edu.pl Instytucja: Wojskowa Akademia Techniczna



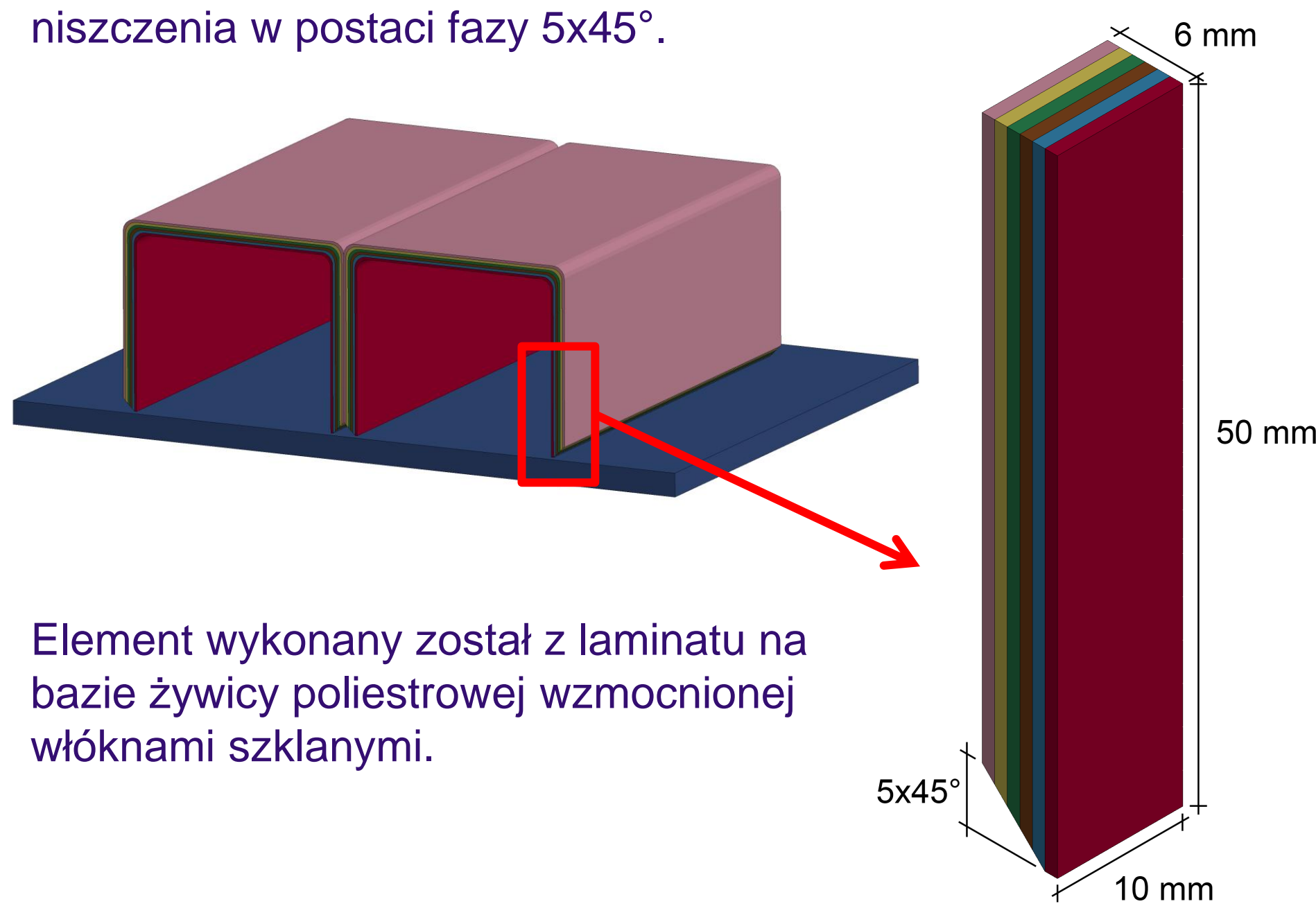
Tytuł plakatu: Porównanie metod modelowania delaminacji w kompozytach warstwowych

WSTĘP

Materiały kompozytowe cechują się m.in. wysoką wytrzymałością właściwą i odpornością na warunki atmosferyczne. Dzięki swoim właściwościom mogą być z powodzeniem stosowane w strukturach energochłonnych. Złożona budowa materiałów kompozytowych powoduje jednak, że analiza wykonanych z nich elementów wymaga stosowania zaawansowanych modeli materiałowych. W przypadku struktur energochłonnych pojawiają się dodatkowe problemy związane z koniecznością uwzględnienia delaminacji. Niniejsza praca opisuje test porównawczy kilku metod modelowania delaminacji w aspekcie analizy energochłonności.

OBIEKT BADAŃ

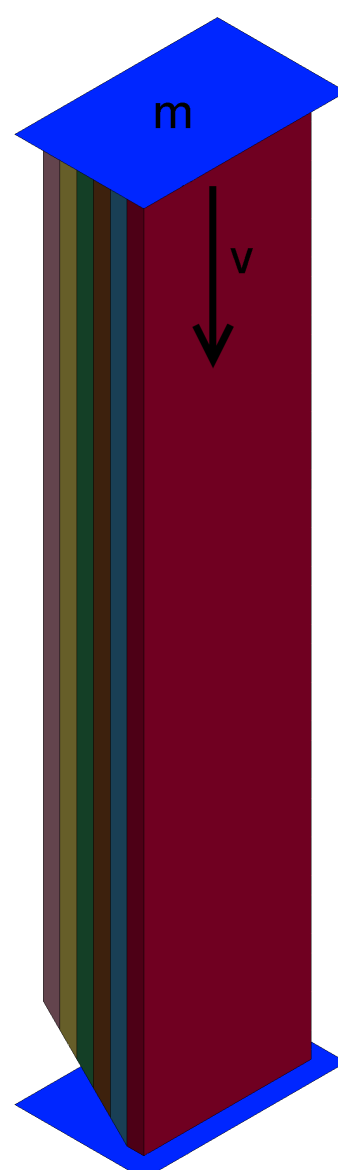
Przedmiotem badań jest prostopadłościenny element kompozytowy, będący wycinkiem segmentu energochłonnego, złożony z 6 warstw o grubości 1 mm. Dodatkowo w celu wymuszenia procesu delaminacji zastosowano inicjator niszczenia w postaci fazy 5x45°.



Element wykonany został z laminatu na bazie żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknami szklanymi.

WARUNKI ANALIZY

- Wymuszenie dynamiczne nastąpiło za pomocą ruchu ściany sztywnej o masie „m” i prędkości „v”.
- Po przeciwnej stronie znajdowała się druga, nieruchoma, ściana sztywna pozwalająca na niszczenie próbki.
- Górnym węzłem modelu odebrano możliwość przemieszczania się w kierunku poprzecznym do wymuszenia.
- W modelu użyto danych materiałowych zaczerpniętych z literatury.
- Analiza przebiegała przy użyciu jawnego schematu całkowania równań ruchu.



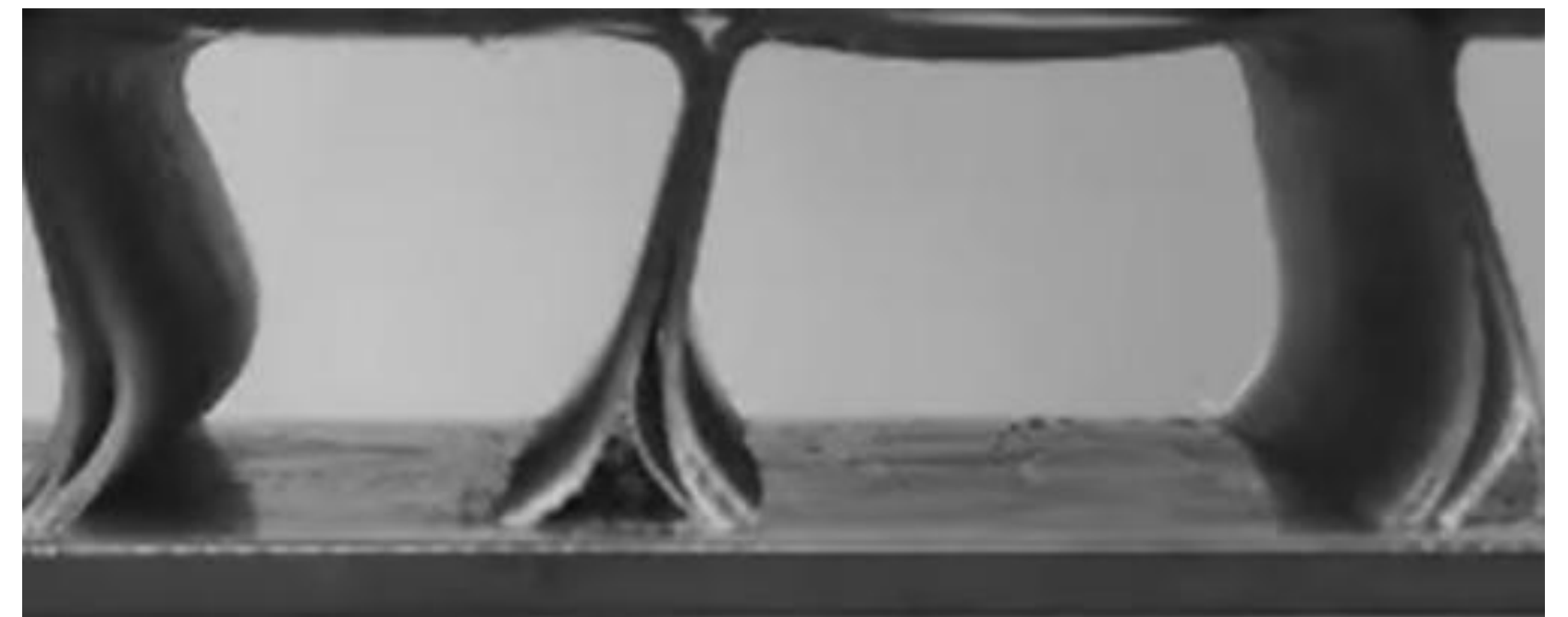
WARIANTY OBLICZEŃ

Analizy numeryczne procesu niszczenia kompozytów wymagają zastosowania odpowiednich modeli materiałowych uwzględniających niszczenie połączenia między kolejnymi warstwami kompozytu. W celu dobrania odpowiedniego typu połączeń wykonano badania testowe następujących modeli:

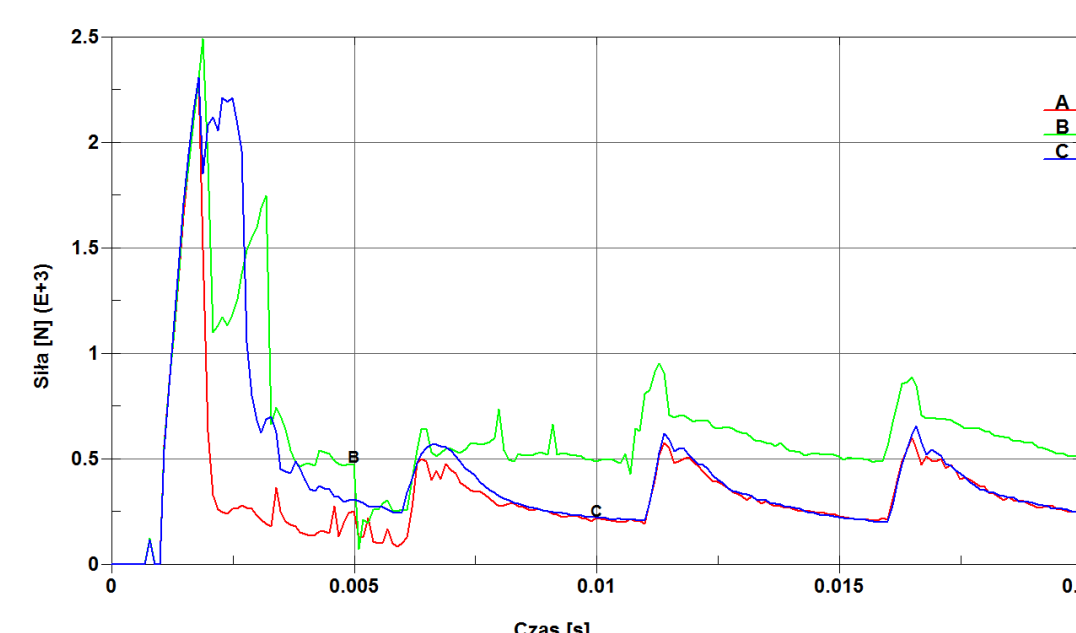
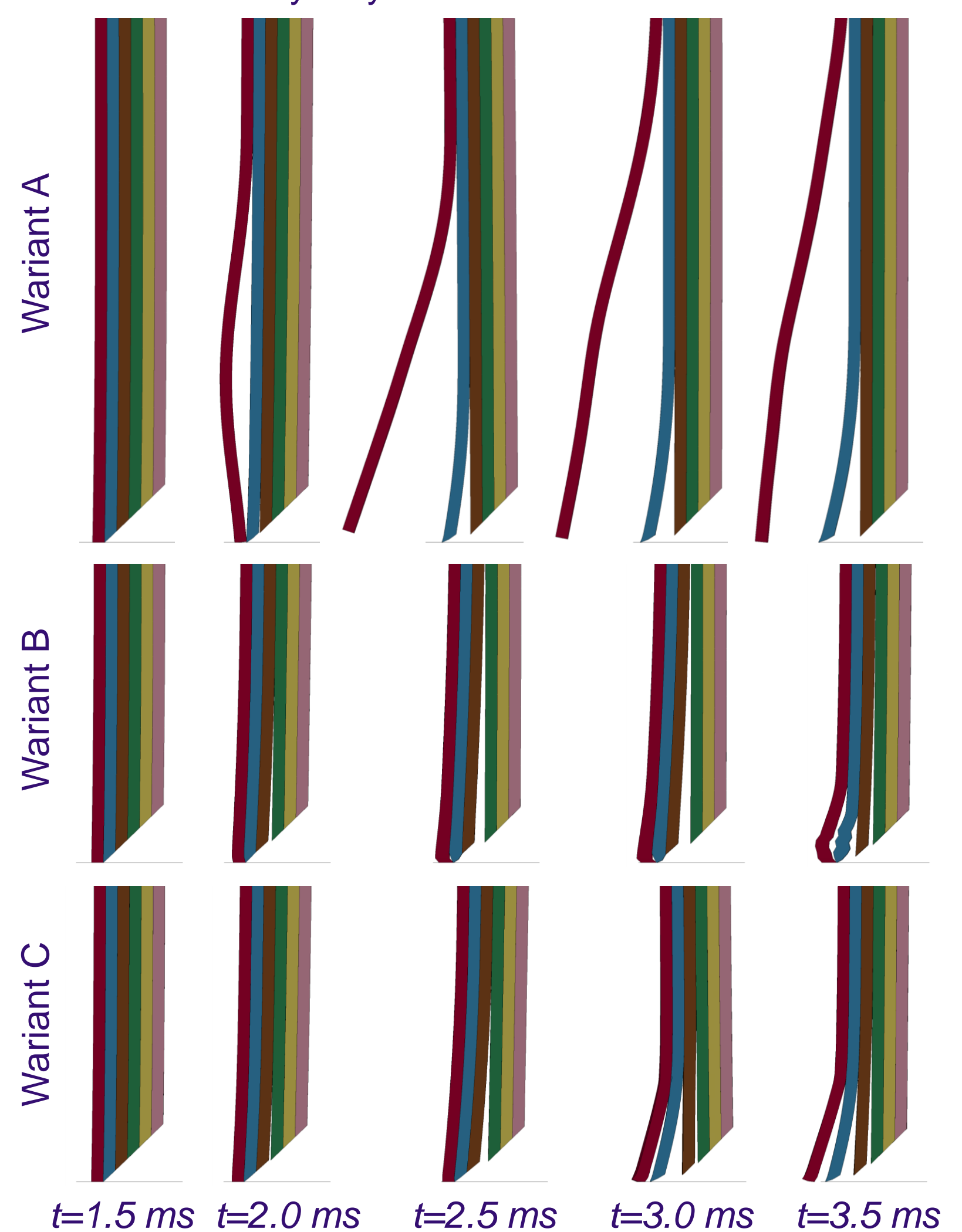
Wariant	Rodzaj połączenia warstw laminatu	Model połączenia
A	Algorytm kontaktu ze zniszczeniem	*Contact Automatic Surface To Surface Tiebreak – option 2
B	Algorytm kontaktu ze zniszczeniem i modelem pęknięcia	*Contact Automatic One Way Surface To Surface Tiebreak – option 9
C	Elementy bryłowe „cohesive” o zerowej grubości	*Mat_Cohesive_General (MAT_186)

WYNIKI BADAŃ

Przykładowe wyniki badań eksperymentalnych pełnych segmentów pokazujące proces delaminacji:



Wyniki badań numerycznych:



Wykres siły nacisku w funkcji czasu pokazuje kolejne momenty, w których dochodzi do kontaktu warstw z podłożem (wzrosty sił), a następnie delaminacji (spadki sił).

WNIOSKI

- Otrzymane wyniki badań umożliwiają porównanie w sposób jakościowy możliwości modelowania laminatów oraz odzwierciedlenia procesu delaminacji.
- W wariacie A, na skutek nie uwzględnienia dodatkowej energii potrzebnej na rozwój pęknięcia, doszło do gwałtownej delaminacji zewnętrznej warstwy kompozytu.
- Wariant B zachowywał się poprawnie jeżeli chodzi o sposób inicjacji delaminacji, natomiast występują problemy z rozdzieleniem węzłów kontaktujących się z ciałem sztywnym.
- Wariant C jest pozbawiony wad występujących w poprzednich przypadkach. Zarówno inicjacja delaminacji jak i dalsze fazy zniszczenia kompozytu przebiegają sposobem zbliżony do tego jaki można zaobserwować podczas testów stanowiskowych.