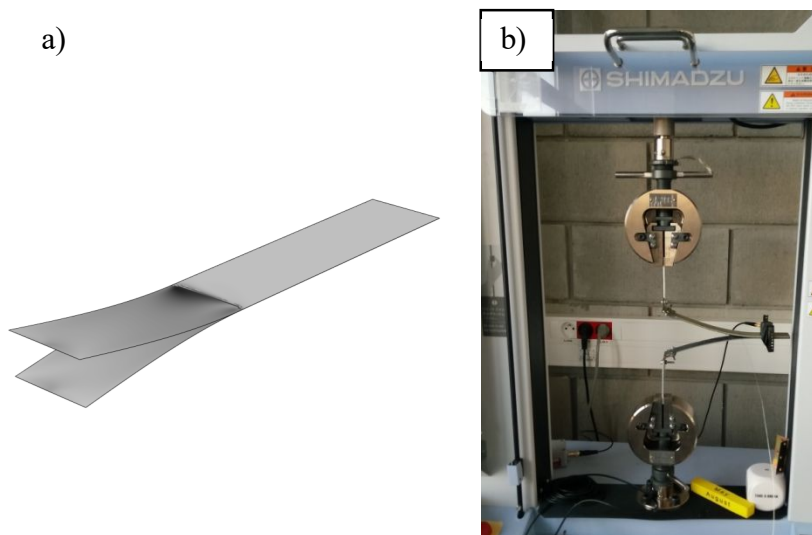


Celem prowadzonych badań jest weryfikacja stosowalności znormalizowanych prób doświadczalnych wyznaczania odporności na rozwarstwianie, czyli delaminację laminatów kompozytowych stosowanych w różnych gałęziach techniki – w lotnictwie, transporcie, do produkcji łodzi, czy sprzętu sportowego. Badaniom poddane zostaną pewne szczególne układy warstw laminatów wzmacnianych włóknami, wykazujące tzw. sprzężenia mechaniczne. Mianowicie, w niektórych przypadkach konfiguracji warstw możliwe jest wywołanie skręcania elementu poprzez jego zginanie, albo zginania przez rozciąganie itd. Powodem podjęcia tematu badań jest fakt, iż zbiór możliwych sprzężeń i konfiguracji warstw jest równie obszerny (tysiące przypadków), co słabo zbadany. Obowiązujące normy badania odporności na rozwarstwianie mają zastosowanie zasadniczo do laminatów o jednokierunkowym układzie włókien, nie wykazujących sprzężeń. Z tego powodu konieczna jest weryfikacja znormalizowanych procedur obliczeniowych z myślą o ich dostosowaniu do laminatów sprzężonych.

Jedną z podstawowych metod badawczych, służących osiągnięciu celów projektu jest komputerowa metoda elementów skończonych (MES). Wykorzystany zostanie program obliczeniowy pod nazwą ABAQUS/CAE, w którym można modelować rozwój pęknięć międzywarstwowych (delaminacji). Ponieważ obliczenia są skomplikowane i czasochłonne, muszą być prowadzone na tzw. stacji obliczeniowej o dużej mocy: kilka procesorów, zestaw dysków twardych w konfiguracji RAID i ponadprzeciętna ilość pamięci RAM. Tak skonfigurowany komputer pozwala na prowadzenie wydajnych obliczeń równoległych – symulacji rozwoju delaminacji w kompozycie (rys. 1a).

Wyniki obliczeń MES zostaną zweryfikowane doświadczalnie za pomocą znormalizowanych testów rozdierania, ścinania, bądź skręcania próbek wykonanych z laminatów sprzężonych, w których niewielkie początkowe rozwarstwienie będzie już istniało. Wskutek obciążania na maszynie wytrzymałościowej (rys. 1b) nastąpi przyrost długości rozwarstwienia. Na podstawie pomiarów siły obciążającej próbkę i przemieszczenia uchwytów maszyny obliczona zostanie odporność na rozwarstwianie, czyli delaminację danego kompozytu.



Rys. 1 Model MES rozwarstwiającej się belki laminatowej (a) oraz badanie próbki z laminatu kompozytowego na maszynie wytrzymałościowej (widoczny czujnik EA)

Badaniom wytrzymałościowym będzie towarzyszyć zapis sygnału tzw. emisji akustycznej (EA), pozwalający na uchwycenie początku wzrostu delaminacji. Sformułowanie „akustyczna” jest tradycyjne, gdyż faktyczny zakres rejestrowanych częstotliwości to 100 do 1000 kHz. Należy podkreślić, że dzięki analizie częstotliwości sygnału EA można odróżnić pęknięcie matrycy laminatu od pęknięcia włókien wzmocnienia itp., nawet gdy te zjawiska występują wewnątrz próbki i są niewidoczne gołym okiem.