

## PROCES PEŁZANIA DREWNA ZAATAKOWANEGO PRZEZ MIKROORGANIZMY

Kamil PAWLIK  
Politechnika Opolska, Opole

### 1. Wprowadzenie

W obiektach zabytkowych dochodzi często do zawilgocenia i porażenia mikroorganizmami elementów drewnianych. Stwierdzamy również narastanie w nich odkształceń, co powoduje zagrożenie dla użytkowania zabytku. Należy w tym przypadku zainteresować się reologicznymi właściwościami drewna.

Zgnilizna powoduje, że właściwości reologiczne drewna znacznie się zmieniają. Porównanie wyników drewna zdrowego i uszkodzonego przez mikroorganizmy oraz oszacowania wpływu tego typu zniszczeń na proces pełzania drewna jest głównym celem niniejszej pracy.

### 2. Badania eksperymentalne

Eksperyment obejmował dwie serie badań: drewna zdrowego i zaatakowanego przez grzyby. Polegał on na pomiarze przyrostów ugięć belek drewnianych w czasie. Na ich podstawie zostały wyznaczone ich funkcje pełzania. Przebieg badań oraz sposób obliczania wartości funkcji pełzania pokazano w pracy [3].

Do aproksymacji wyników użyto funkcji pełzania w postaci

$$F^{\alpha} = C_{\alpha} + B_{\alpha} (1 - e^{-n_{\alpha} t}). \quad (1)$$

Wyznaczone na podstawie wyników pełzania parametry funkcji (1) przedstawione są w tabeli 1.

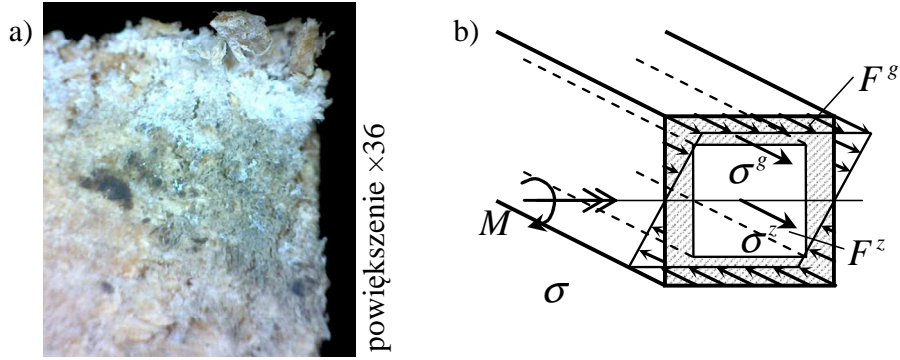
Tabela 1 Parametry funkcji pełzania

Badane drewno	$C_{\alpha} \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right]$	$B_{\alpha} \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right]$	$n_{\alpha} \left[ \frac{1}{h} \right]$
zdrowe	67,06	7,75	$7,33 \times 10^{-3}$
zainfekowane	75,82	43,01	$11,0 \times 10^{-3}$

Jak już wspomnieliśmy, mikroorganizmy atakujące drewno powodują destrukcję jego struktury. Proces ten nie zachodzi jednak z taką samą intensywnością w całym przekroju. Głównie uszkodzona zostaje część zewnętrzna przekroju próbki. W trakcie eksperymentu możemy jednak obliczyć tylko średnią wartość funkcji pełzania dla całego przekroju. Mając jednak wyniki pełzania drewna zdrowego, można analitycznie wyznaczyć funkcję pełzania dla części uszkodzonej.

### 3. Wyznaczanie funkcji pełzania w pręcie porażonym mikroorganizmami

By wyznaczyć funkcję pełzania dla warstwy zainfekowanej rozważymy przypadek warstwowego pręta zginanego. Pozwoli nam to na podstawie wartości funkcji pełzania dla poszczególnych warstw obliczyć jej średnią wartość [1].



Rys. 1. Pręt zginany z uszkodzoną warstwą zewnętrzną (a – zdj. mikroskopowe., b – model)  
Fig. 1. Bent bar with the damaged outer layer (a – microscopic photograph, b – model)

W tym przypadku będą zachodzić następujące zależności:

$$\varepsilon^\alpha = F^\alpha * d\sigma^\alpha \rightarrow d\sigma^\alpha = [F^\alpha]^{-1} * \varepsilon^\alpha, \quad (2)$$

$$\varepsilon^\alpha = \chi z^\alpha, \quad (3)$$

gdzie  $\varepsilon^\alpha$ ,  $z^\alpha$ ,  $F^\alpha$  ( $F^\alpha * [F^\alpha]^{-1} = \delta$ ),  $\chi$  to kolejno odkształcenie, współrzędna środka ciężkości i funkcja relaksacji warstwy  $\alpha$ , oraz krzywizna pręta. Symbol  $*$  oznacza iloczyn splotowy.

Moment zginający warstwy  $\alpha$  wynosi

$$dM^\alpha = \int_{F^\alpha} d\sigma^\alpha z^\alpha dF^\alpha = \int_{F^\alpha} [C^\alpha]^{-1} * \chi (z^\alpha)^2 dF^\alpha = [C^\alpha]^{-1} I^\alpha * \chi, \quad (4)$$

sumaryczny moment w zginanym przekroju będzie więc wynosił

$$dM = \sum_\alpha dM^\alpha = \sum_\alpha \int_{F^\alpha} d\sigma^\alpha z^\alpha dF^\alpha = \sum_\alpha \int_{A^\alpha} [F^\alpha]^{-1} * \chi (z^\alpha)^2 dA^\alpha = \sum_\alpha I^\alpha [F^\alpha]^{-1} * \chi. \quad (5)$$

W równoważnym pręcie jednorodnym zachodzi  $dM = I^0 [F^0]^{-1} * \chi$ . Porównując tę relację ze wzorem (5), po przekształceniach otrzymamy równanie, które pozwoli nam wyznaczyć funkcję pełzania uszkodzonej warstwy w formie

$$[F^g]^{-1} = \frac{[F^0]^{-1} I^0 - [F^z]^{-1} I^z}{I^g}, \quad (6)$$

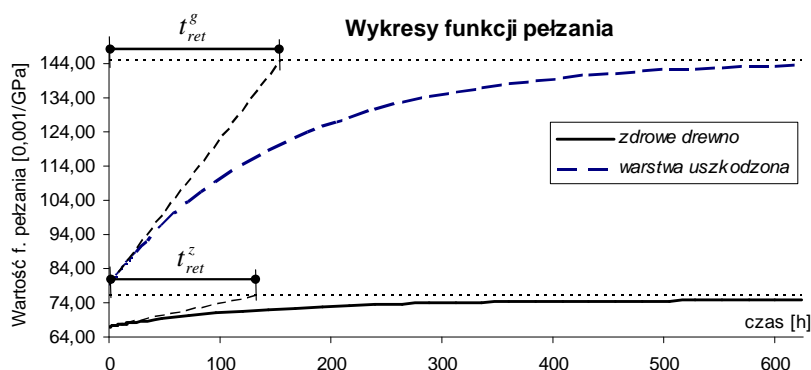
gdzie  $F^0$ ,  $F^z$ ,  $I^0$ ,  $I^z$  to kolejno funkcje pełzania całego przekroju i poszczególnych warstw  $\alpha$  oraz odpowiadające im momenty bezwładności.

Wstawiając do wzoru (6) funkcje pełzania przedstawione w punkcie 2 i przyjmując, że warstwa zainfekowana przez grzyb ma grubość 3mm, po przekształceniach otrzymamy funkcję pełzania dla warstwy uszkodzonej w formie [2]

$$F^1(t) = D_1 + D_2(1 - e^{-at}) + D_3(1 - e^{-bt}) \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right], \quad (7)$$

gdzie  $D_1 = 79,09$ ,  $D_2 = 58,11$ ,  $D_3 = 7,73$   $a = 6,17 \cdot 10^{-3} [h^{-1}]$ ,  $b = 8,67 \cdot 10^{-3} [h^{-1}]$ .

Wykresy funkcji pełzania dla zdrowego drewna i warstwy uszkodzonej przedstawione są na rysunku 2.



Rys. 2. Wykresy funkcji pełzania zdrowego i zniszczonego drewna  
Fig. 2. Diagrams of creep functions for sound and damaged wood

Obliczymy teraz wartości funkcji pełzania zdrowego drewna i warstwy uszkodzonej w czasach  $t \rightarrow 0_+$  i  $t \rightarrow +\infty$

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow 0_+} F^z(t) &= 67,06 \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right], & \lim_{t \rightarrow 0_+} F^g(t) &= 79,09 \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right], \\ \lim_{t \rightarrow +\infty} F^z(t) &= 74,81 \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right], & \lim_{t \rightarrow +\infty} F^g(t) &= 144,93 \left[ \frac{10^{-3}}{GPa} \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Obliczając czasy retardacji ze wzoru

$$t_{ret}^{\alpha} = \frac{F^{\alpha}(\infty) - F^{\alpha}(0)}{\dot{F}^{\alpha}(0)} \quad (9)$$

uzyskamy kolejno

$$t_{ret}^z = 136,43[h], \quad t_{ret}^g = 154,81[h]. \quad (10)$$

Z porównania obliczonych wartości (8) wynika, że wartość początkowa funkcji pełzania drewna uszkodzonego zwiększyła się o 18%, natomiast końcowa wartość wzrosła prawie dwukrotnie. Czas retardacji zainfekowanego drewna także wzrósł, co wskazuje, że proces pełzania w takim materiale jest dużo bardziej intensywny.

#### 4. Wnioski

Powyższe wyniki pokazują, że degradacja materiału wywołana przez grzyby ma ogromny wpływ na procesy pełzania drewna. Końcowa wartość funkcji pełzania wzrosła aż dwukrotnie, w porównaniu do drewna zdrowego. Może to powodować, iż konstrukcja drewniana w czasie eksploatacji może zachowywać się całkiem inaczej niż to przewidywał projektant. Fakt ten należy więc uwzględnić w projektowaniu konstrukcji drewnianych, które mogą być narażone na infekcję mikroorganizmami.

#### Literatura

- [1] Kubik J., Mechanika konstrukcji warstowych, Wyd. TiT, Opole, 1993.
- [2] Pawlik K., Reologiczne właściwości drewna budowlanego, Rozprawa doktorska, Politechnika Opolska, 2010.
- [3] Pawlik K., Wyznaczanie parametrów funkcji pełzania drewna w ujęciu losowym, RIB KIB PAN, z. 7, Opole, 2007.

#### THE CREEP PROCESS OF WOOD ATTACKED BY MICROORGANISMS

##### Summary

The results of creep test for wood attacked by fungus are presented in the paper. They show that destruction caused by microorganisms intensifies rheological processes. Also values of the creep parameters for wood damaged by fungus are estimated