



JAN KUBIK, *j.kubik@po.opole.pl*
KAMIL PAWLIK, *k.pawlik@po.opole.pl*
Politechnika Opolska

PORÓWNANIE PEŁZANIA DREWNA PRZED I PO PORAŻENIU PRZEZ MIKROORGANIZMY

CREEP COMPARISON OF WOOD BEFORE AND AFTER INFECTION BY MICROORGANISMS

Streszczenie 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

Abstract A microorganisms change considerably the rheological properties of wood. Comparison of the results of healthy and damaged wood by microorganisms and estimation of the impact of this damage on the process of wood creep is the main objective of the paper

1. Wstęp

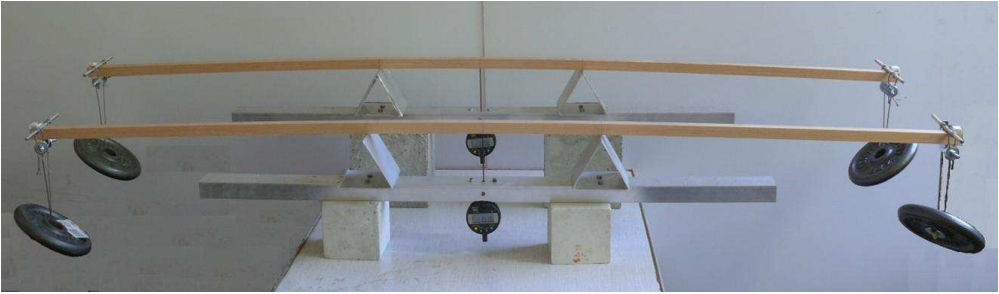
Drewno jest materiałem silnie reologicznym. Zbudowane jest głównie z celulozy i ligniny, które są naturalnymi polimerami. Opis ich właściwości jest więc podobny jak dla polimerów wielkocząsteczkowych. Jest ono jednak bardziej podatne na różnego typu porażenia biologiczne, co powoduje, że w trakcie eksploatacji konstrukcji może dojść do zmiany jego właściwości wywołanej przez mikroorganizmy. Głównie w starych obiektach budowlanych dochodzi często do zawilgocenia i porażenia elementów drewnianych. Stwierdzamy również narastanie w nich odkształceń, które są miarą degradacji drewna. Ocenę tych zmian można dokonać analizując między innymi własności reologiczne drewna.

W dalszej części referatu przedstawimy porównanie wyników badań pełzania dla drewna zdrowego oraz zainfekowanego przez grzyby.

2. Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone na pełzarkach, znajdujących się w laboratorium Katedry Fizyki Materiałów PO, umożliwiających pomiary przy stałym momencie zginającym. Stanowisko pomiarowe przedstawione jest na rysunku 1.

Próbki miały długość 160 cm, a odległość pomiędzy podporami 40 cm. Przekrój belek kwadratowy o boku równym 20 mm. Badania każdej z próbek trwały od 3 do 4 tygodni. Pomiaru ugięcia w początkowym okresie badania były wykonywane po przyłożeniu obciążenia na następnie po upływie 15 minut, 1 godziny i 3 godzin. Kolejne pomiary były dokonywane raz na dobę.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

Próbki pierwszej serii były wykonane ze świeżo ściętego drewna sosnowego. Wilgotność drewna wynosiła $\varphi = 37\%$, a temperatura powietrza w trakcie eksperymentu $T = 20^\circ\text{C}$. Wytrzymałość badanego drewna na zginanie (wyznaczona z eksperymentu) wynosiła $R_{g, sr} = 64,16 \text{ MPa}$, a współczynnik sprężystości $E_k = 14,91 \text{ GPa}$.



Rys. 2. Drewno zainfekowane przez grzyb w ciągu roku

Druga seria badań została wykonana po roku z tego samego drewna lecz zainfekowanego mikroorganizmami. Przed przystąpieniem do badań, próbki te zostały wyczyszczone i owinięte folią w celu zabezpieczenia ich przed wpływem warunków atmosferycznych. W czasie eksperymentu wilgotność drewna wynosiła $\varphi = 35\%$, a temperatura powietrza $T = 20^\circ\text{C}$. Wytrzymałość zainfekowanego drewna na zginanie wynosiła $R_{g, sr} = 53,08 \text{ MPa}$, a współczynnik sprężystości wzdłuż włókien $E_k = 13,19 \text{ GPa}$.

3. Wyniki badań laboratoryjnych

Na podstawie pomierzonych ugięć belek zostały wyznaczone funkcje pełzania. Sposób obliczania wartości funkcji pełzania pokazano w pracy [1].

Do aproksymacji wyników użyto funkcji pełzania jak dla modelu standardowego w postaci

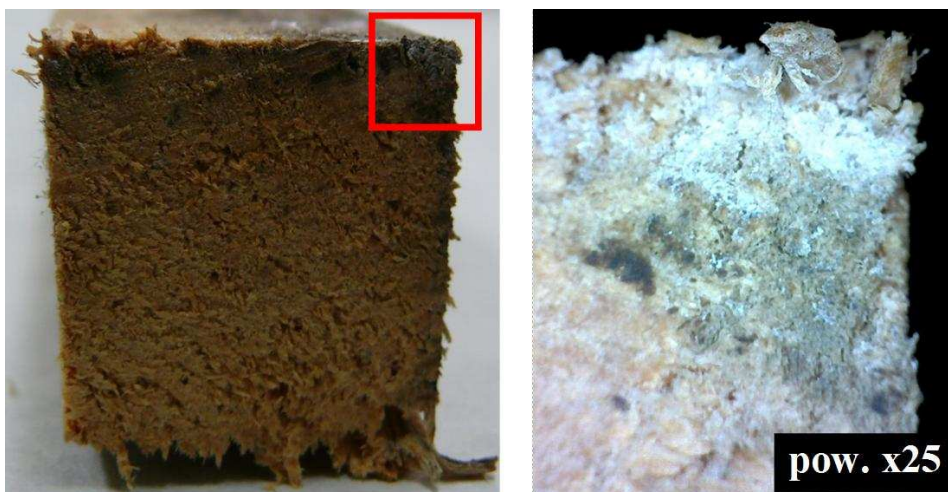
$$F^\alpha = C_\alpha + B_\alpha \left(1 - e^{-n\alpha t}\right) \quad (1)$$

Średnie wartości parametrów równania (5) dla poszczególnych serii badań otrzymane z aproksymacji przedstawione są w tablicy 1.

Tablica 1. Wyznaczone średnie parametry funkcji pełzania

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

Należy jednak zauważyć, że proces niszczenia struktury nie zachodzi z taką samą intensywnością w całym przekroju. Głównie uszkodzona zostaje część zewnętrzna przekroju próbki o powierzchni A_g .



Rys. 3. Przekrój zainfekowanego drewna

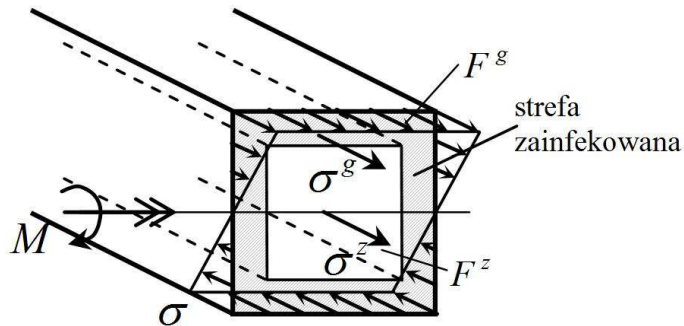
W trakcie eksperymentu możemy jednak obliczyć tylko średnią wartość funkcji pełzania dla całego przekroju, czyli łącznie pełzanie zdrowego i zainfekowanego drewna. Mając jednak wyniki pełzania drewna zdrowego, można analitycznie wyznaczyć funkcję pełzania dla części uszkodzonej. W tym celu należy przeanalizować przypadek pręta warstwowego. Analiza takiego pręta została przeprowadzona w pracy [2, 3]. Funkcję pełzania dla warstwy uszkodzonej można obliczyć ze wzoru:

$$\left[F^g \right]^{-1} = \frac{\left[F^0 \right]^{-1} I^0 - \left[F^z \right]^{-1} I^z}{I^g}, \quad (2)$$

gdzie F^0 , F^g , F^z , I^0 , I^g , I^z to kolejno funkcje pełzania całego przekroju, warstwy zainfekowanej i warstwy zdrowej oraz odpowiadające im momenty bezwładności.

Przyjmując, że strefa zainfekowana przez grzyb ma grubość 3 mm, momenty bezwładności wynoszą kolejno

$$I^0 = 1,33 \text{ cm}^2, \quad I^g = 1,01 \text{ cm}^2, \quad I^z = 0,32 \text{ cm}^2. \quad (3)$$



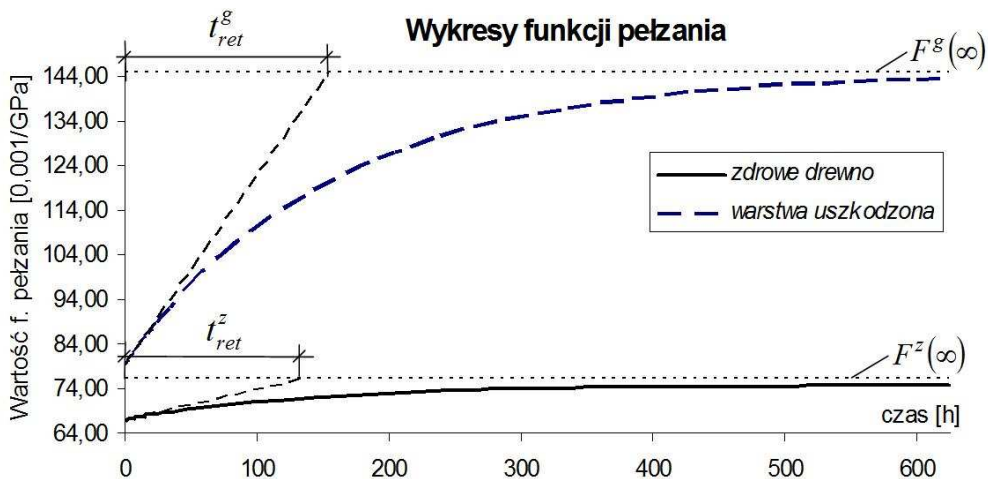
Rys. 4. Model zginanego pręta warstwowego

Wykorzystując wzór (2), po przeprowadzeniu analizy, która przedstawiona została w pracy [4], przy wartościach parametrów jak powyżej funkcja pęczania warstwy zniszczonej przez mikroorganizmy wynosi

$$F^g(t) = D_1 + D_2(1 - e^{-at}) + D_3(1 - e^{-bt}) \left[\frac{10^{-3}}{\text{GPa}} \right], \quad (4)$$

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

Wykresy funkcji pęczania dla zdrowego drewna i warstwy uszkodzonej przedstawione są na rysunku 5.



Rys. 5. Wykresy funkcji pęczania

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

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow 0_+} F^z(t) &= 67,06 \left[\frac{10^{-3}}{GPa} \right], & \lim_{t \rightarrow 0_+} F^g(t) &= 79,09 \left[\frac{10^{-3}}{GPa} \right], \\ \lim_{t \rightarrow +\infty} F^z(t) &= 74,81 \left[\frac{10^{-3}}{GPa} \right], & \lim_{t \rightarrow +\infty} F^g(t) &= 144,93 \left[\frac{10^{-3}}{GPa} \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

Z porównania powyższych wartości funkcji otrzymamy

$$\text{– dla } t \rightarrow 0_+ \quad \frac{\lim_{t \rightarrow 0_+} F^g(t)}{\lim_{t \rightarrow 0_+} F^z(t)} = \frac{79,09}{67,06} = 1,18, \quad (6)$$

$$\text{– dla } t \rightarrow +\infty \quad \frac{\lim_{t \rightarrow +\infty} F^g(t)}{\lim_{t \rightarrow +\infty} F^z(t)} = \frac{144,93}{74,81} = 1,98. \quad (7)$$

Obliczając czasy retardacji ze wzoru

$$t_{ret}^\alpha = \frac{F^\alpha(\infty) - F^\alpha(0)}{\dot{F}^\alpha(0)} \quad (8)$$

uzyskamy kolejno

$$t_{ret}^z = 136,43[h], \quad t_{ret}^g = 154,81[h]. \quad (9)$$

Z porównań (8) i (9) 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 na wzrost właściwości reologicznych takiego materiału.

4. Wnioski

1. Podane wyniki pokazują, że degradacja materiału wywołana przez mikroorganizmy ma ogromny wpływ na procesy pełzania drewna. Może to doprowadzić do znacznego zwiększenia deformacji konstrukcji, które uniemożliwią prawidłową jej eksploatację. Fakt zmiany właściwości reologicznych w konstrukcjach drewnianych, które mogą być narażone na infekcję mikroorganizmami, powinien być uwzględniony na etapie projektowania, a bezwzględnie przy ocenie stanu technicznego np. zabytkowych konstrukcji drewnianych, w których takie zjawiska są na porządku dziennym.
2. Narastanie deformacji elementów konstrukcji drewnianych przy stałym obciążeniu może stanowić miarę jej uszkodzeń przez mikroorganizmy.

Literatura

1. Pawlik K.: Wyznaczanie parametrów funkcji pełzania drewna w ujęciu losowym, RIB KIB PAN, z. 7, Opole, 2007.
2. Pawlik K.: Proces pełzania drewna zaatakowanego przez mikroorganizmy, RIB KIB PAN, z. 10, Opole, 2010.
3. Kubik J., Mechanika konstrukcji warstwowych, Wyd. TiT, Opole, 1993.
4. Pawlik K., Reologiczne właściwości drewna budowlanego, Rozprawa doktorska, Politechnika Opolska, 2010.