

Kasztanowiec Benedykt – niebezpieczne zginanie górnego odcinka przewodnika drzewa

1. Wstęp

Górny odcinek przewodnika drzewa, do którego mocowana jest najwyższa lina stalowa od wielkiego konara jest obciążony dużym momentem zginającym. W celu szacunkowego zobjektywizowania zagrożenia przeprowadzono poniższą analizę i obliczenia.

2. Materiały:

- Zakładka na stronie Opactwa: <http://www.benedyktyni.net/kasztanowiec>
- Dokument w punkcie 4.1.1. b), a w nim, w szczególności punkt: 3.3.3.

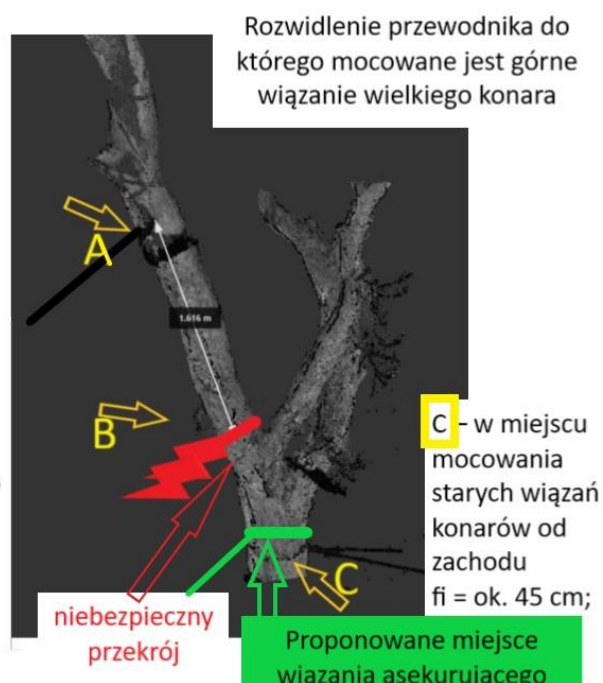
3. Analiza – szczegółu A

Na drzewie są zamocowane od wielu lat liny stalowe, jedna z nich podtrzymuje największy konar i jest mocowana do przewodnika, który ma stosunkowo małą średnicę, a co najgroźniejsze, lina jest mocowana w odległości 1,6 m od miejsca rozwidlenia, więc jest bardzo duży moment zginający. Wykonałem obliczenia naprężeń w tym zagrożonym przekroju. Przyjąłem kilka założeń, np.:

A - Miejsce mocowania górnego wiązania wielkiego konara
 $f_i = \text{ok. } 32 \text{ cm}$;

B - przy rozwidleniu
 $f_i = \text{ok. } 34 \text{ cm}$;
 odległość do rozwidlenie (A - B) – ok. 1,6 m;

C - w miejscu mocowania starych wiązań konarów od zachodu
 $f_i = \text{ok. } 45 \text{ cm}$;



1.1. Dane na temat drewna kasztanowca¹

1.1.1. Obliczenia naprężeń dopuszczalnych dla zginania

- a) Przy założeniu obciążenia siłą statyczną²

¹ Franciszek Krzysik, Nauka o drewnie, Warszawa PWN 1954.

² Obliczenia w punkcie a) wykonał Pan Dr hab. inż. Piotr Rapp

Ciężar objętościowy drewna kasztanowca w drzewie rosnącym wynosi $G_w = 910 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy drewna o wilgotności 15% wynosi $G_{15} = 550 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy drewna o wilgotności 0% wynosi $G_0 = 510 \text{ kg/m}^3$

Wilgotność drewna w drzewie rosnącym wynosi

$$W = \frac{G_w - G_0}{G_w} = \frac{910 - 510}{910} \cdot 100\% = 44\%.$$

Wytrzymałość doraźna na zginanie drewna kasztanowca o wilgotności 15 % wynosi

$$R_{15} = 640 \text{ kG/cm}^2 = 64 \text{ MPa}.$$

Jeśli naprężenia w elemencie osiągają wielkość wytrzymałości doraźnej, to element ulega zniszczeniu.

Wytrzymałość drewna o wilgotności $n\%$ można oszacować na podstawie wzoru

$$R_n = \frac{R_{15}}{1 + 0,03(n - 15)}.$$

Stąd wytrzymałość doraźną na zginanie drewna o wilgotności $n = 44\%$ w drzewie rosnącym szacnie się jako

$$R_{44} = \frac{640}{1 + 0,03(44 - 15)} = 342 \text{ kG/cm}^2 = 34,2 \text{ MPa}.$$

Obecnie obliczenia konstrukcji drewnianych wykonuje się metodą stanów granicznych. Obliczenie nośności konara drzewa, który nie jest konstrukcją budowlaną można wykonać metodą naprężeń dopuszczalnych. W tej metodzie naprężenia w elemencie od ciężaru własnego i sił zewnętrznych nie powinny przekroczyć *naprężenia dopuszczalnego*, które jest równe wytrzymałości doraźnej podzielonej przez współczynnik bezpieczeństwa $s = 6$. W rozważanym przypadku naprężenie dopuszczalne jest równe

$$\sigma_{dop} = \frac{R_{44}}{s} = \frac{342}{6} = 57 \text{ kG/cm}^2 = 5,7 \text{ MPa}.$$

- b) W obliczeniach nie uwzględniono czynników dodatkowo obniżających naprężenia dopuszczalne tj:
- sił dynamicznych i pracy zmęczeniowej
 - **obciążenia z ciężaru** konara (przewodnika) i naporu wiatru rozpatrywanego fragmentu przewodnika
- c) Istnieje też czynnik (pozytywny) zwiększający naprężenia dopuszczalne, czyli drewno reakcyjne, ale jego ocena ilościowa jest „tajemnicą”

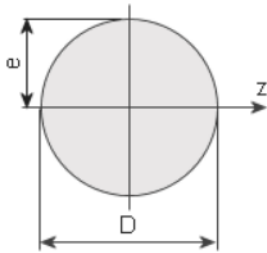
1.1.2. Naprężenia zginające w przekroju A

d) Dane

- średnica = 32 cm (od średnicy 34 odjęto 2 cm na grubość kory)
- ramię siły = 1,6 m;
- siła w linie = 3 t (w przybliżeniu prostopadła do zginanego przewodnika);³

³ Przyjęte na podstawie analizy w dokumencie: [Kasztanowiec Benedykt – wzmocnienia mechaniczne – asekuracja starych lin stalowych największego konara.](#)

— wskaźnik wytrzymałości dla przekroju kołowego $W_z = 3.216 \times 10^{-3} \text{ m}^3$



Położenie środka ciężkości:

$$e = D / 2$$

Moment bezwładności:

$$J = \pi D^4 / 64$$

Wskaźnik wytrzymałości na zginanie:

$$W = \pi D^3 / 32$$

Pole powierzchni:

$$F = \pi D^2 / 4$$

Zginanie względem osi poziomej "z" zaznaczonej na rysunku. Oś przechodzi przez środek koła.

Wskaźniki W oblicza się ze wzoru: $W = J / e$

gdzie e - odległość punktów skrajnych od osi obojętnej "z"

— Naprężenia zginające $\sigma_z = \frac{Mg}{W_z}$

— a po podstawieniu wartości: $30000 \text{ N} \times 1,6 \text{ m} / 3.216 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 14,9 \text{ MPa}$

4. Wnioski

- Mimo, że obliczenia są szacunkowe nasuwa się oczywisty wniosek, że istnieje poważne zagrożenie złamania w rozpatrywanym przekroju. Naprężenia zginające = 15 MPa, a dopuszczalne ok. 6 MPa
- W obliczeniach nie uwzględniono wpływu ciężaru konara (przewodnika), i związanego z nim naporu wiatru, które dodatkowo obniżają wytrzymałość
- Nie znany jest ilościowo, pozytywny wpływ, wynikający z istnienia drewna reakcyjnego

Z wdzięcznością
brat Paweł
zakrystian@benedyktyni.net