

Obciążenie wielokrotnie zmienne a nośność stref podporowych mostowych belek drewnianych

Dr inż. Agata Lachiewicz-Złotowska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, dr inż. Zofia Gil, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

W kraju i za granicą powstaje wiele obiektów usługowych i hal sportowych z drewna klejonego. Konstrukcje te stosuje się również do kładek dla pieszych i obiektów mostowych na pełne obciążenia drogowe [1, 2]. Są to głównie konstrukcje typu belkowego, które oprócz obciążeń stałych, znajdują się pod wpływem obciążeń zmiennych. Najbardziej nęralgicznym miejscem w takich belkach są strefy podporowe, zwłaszcza strefy docisku miejscowego w poprzek włókien.

Według normy [3], przy ścisaniu prostopadłym do włókien należy spełnić następujący warunek:

$$\sigma_{c,90} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \quad (1)$$

w którym:

$k_{c,90}$ – współczynnik, który uwzględnia możliwość zwiększenia wytrzymałości, kiedy długość obciążonego odcinka, wynikająca z rozkładu siły, jest mała,

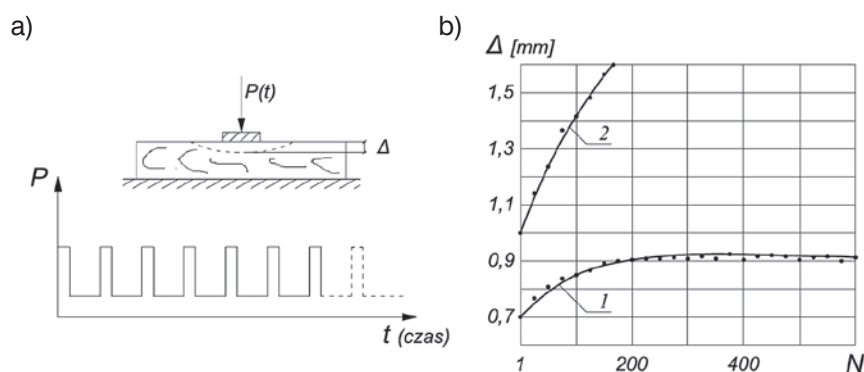
$f_{c,90,d}$ – obliczeniowa wytrzymałość drewna na ściskanie prostopadłe do włókien.

Wzór (1) został wyprowadzony przy założeniu, że rozkład naprężeń ściskających σ_y na powierzchni oparcia belki jest równomierny. W rzeczywistości, z uwagi na ugięcie belki i obrót przekrojów podporowych, w strefie docisku po-

wstaje koncentracja naprężeń ściskających σ_y , a pole docisku może zmniejszyć się nawet o połowę. Poza naprężeniami σ_y , w strefach podporowych belek występują również naprężenia σ_x i τ_{xy} , czyli panuje tam złożony stan naprężeń. Naprężenia te mogą doprowadzić do powstania poziomych spękań drewna, a co za tym idzie – zmniejszenia nośności stref podporowych od oddziaływania sił tnących [4]. Poza tym, z uwagi na nierównomierny rozkład naprężeń ściskających σ_y , w miejscach ich koncentracji drewno odkształca się nieliniowo z naruszeniem pierwotnej struktury. W związku z tym, w strefach docisku w poprzek włókien po odciążeniu mogą powstawać odkształcenia trwałe.

Przy obciążeniach zmiennych w każdym materiale występuje zja-

wisko zmęczeniowe. Z wytrzymałością zmęczeniową związana jest trwałość zmęczeniowa oraz zniszczenie zmęczeniowe. Przez pojęcie trwałości rozumie się zdolność do długotrwałego przenoszenia obciążeń o zmiennej wartości, natomiast przez zniszczenie zmęczeniowe – tworzenie się defektów w strukturze materiału prowadzących do zniszczenia w wyniku powtarzalnego przykładania obciążeń. Norma [3] nie zawiera żadnej informacji dotyczącej wpływu tego typu obciążeń na wytrzymałość $f_{c,90,d}$. Natomiast w konstrukcjach drewnianych odkształcenia trwałe wywołane obciążeniem zmiennym mają tendencję do sumowania się. Na rysunku 1 przedstawiono za pracą [5] wyniki badań elementów drewnianych obciążonych siłą skupioną w poprzek włókien.



Rys. 1. Schemat (a) i wyniki (b) badań elementów drewnianych na docisk w poprzek włókien obciążeniem wielokrotnie zmiennym

Krzywa 1 odpowiada maksymalnemu obciążeniu, przy którym naprężenia σ_y nie przekraczały wartości $f_{c,90,d}$, natomiast krzywa 2 odzwierciedla przebieg odkształceń przy $\sigma_y > f_{c,90,d}$. Wartość $f_{c,90,d}$ określano na podstawie badań doraźnym obciążeniem statycznym.

Ustalono, że w zależności od wielkości powierzchni docisku, wytrzymałość $f_{c,90,d}$ przy obciążeniu wielokrotnie zmiennym zmniejsza się o 5–20%. Po przekroczeniu zredukowanej wartości $f_{c,90,d}$ następuje niekontrolowane zmiążdżenie i rozwarstwienie drewna w strefie docisku. Uzyskane doświadczalnie wartości przyrostów odkształceń trwałych w zależności od liczby cykli N aproksymują się wzorem:

$$U = U_1 + P_{\max} [U_{\infty} (1 - \exp(-kN))] \quad (2)$$

gdzie:

P_{\max} – maksymalne obciążenie cyklu,

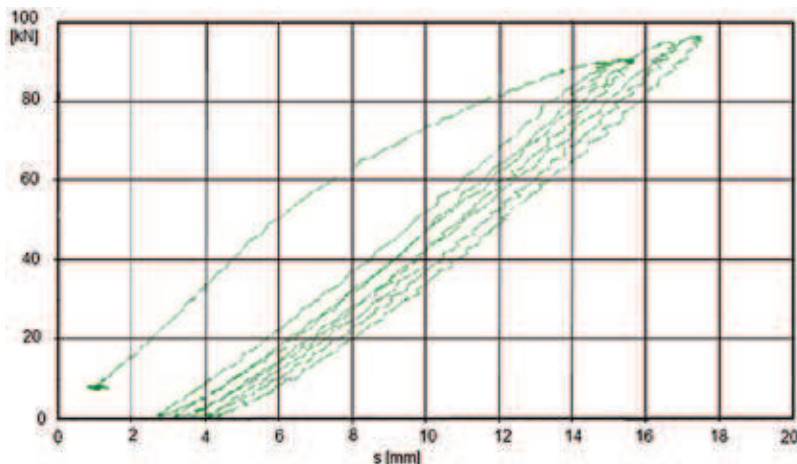
N – liczba cykli,

U_1 – wartość odkształceń trwałych wywołanych pierwszym cyklem obciążenia $N=1$,

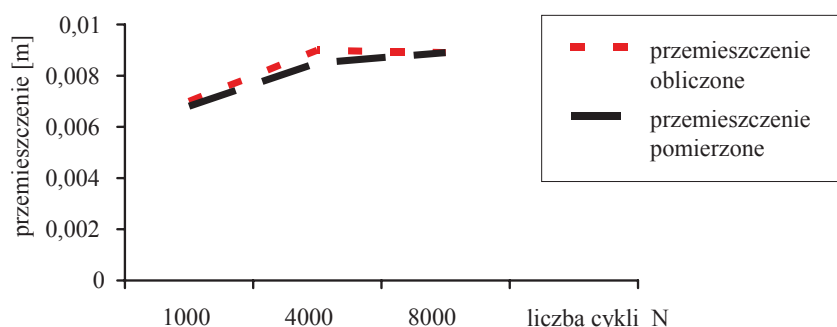
U_{∞} – graniczna wartość odkształceń względnych przy $N = \infty$,

k – współczynnik doświadczalny uwzględniający kształt krzywej.

W kraju badania zmęczeniowe belek z drewna klejonego prowadzone są w Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy. Badano belki o długości 200 cm i przekroju poprzecznym $b = 8$ cm, $h = 20$ cm z tarcicy sosnowej i grubości lameli 2 cm. Belki zostały wykonane w zakładach Andrewex w Cierpicach pod Toruniem. Do wykonania próby czteropunktowego zginania, przy obciążeniu statycznym i dynamicznym wykorzystano maszynę wytrzymałościową Instron 8502. Odległość między podporami wynosiła 180 cm, odległość od podpory do siły 40 cm. W miejscu przyłożenia sił zastosowano podkładki stalowe o szerokości belki i długości 10 cm. Siła P podczas badania zmieniała się sinusoidalnie



Rys. 2. Wykres zależności siła – przemieszczenie dla pierwszych cykli obciążenia

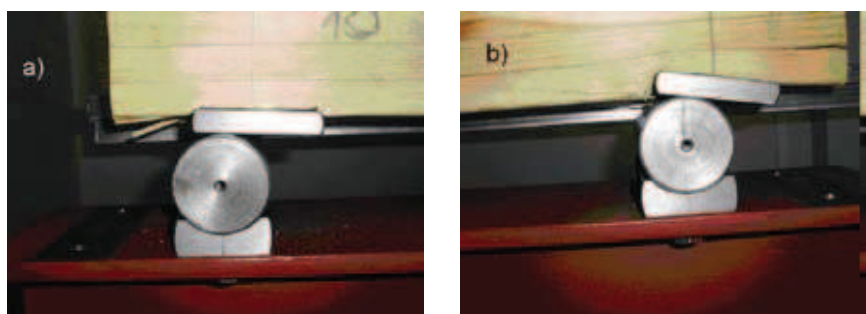


Rys. 3. Propagacja wgniecień nad podporami przy obciążeniu wielokrotnie zmiennym z badań – linia ciągła i wzoru (2) – linia przerywana

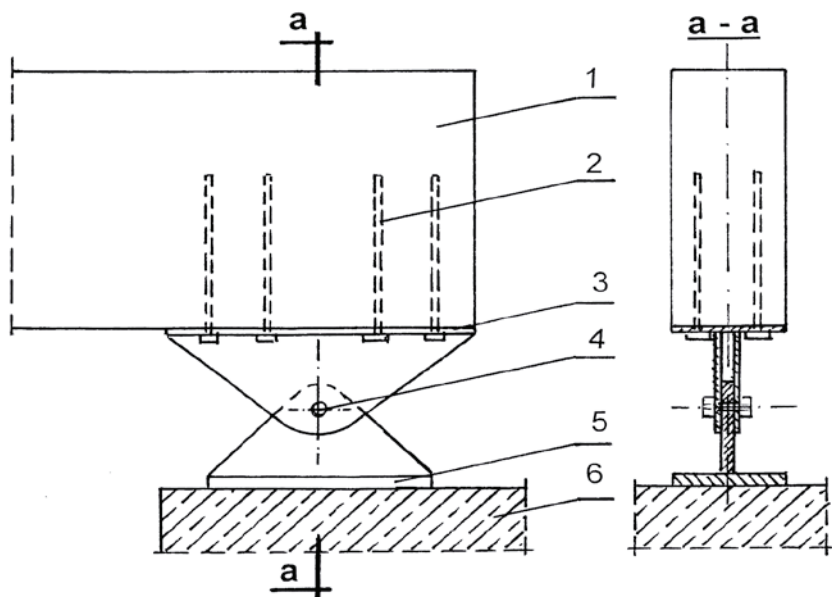
z częstotliwością 0,25 Hz, współczynnik asymetrii cyklu wynosił $\rho = 0,1$. Zarejestrowany początkowy przebieg ugięcia jednej z belek pokazano na rysunku 2. Natomiast na rysunku 3 pokazano całkowity przebieg ugięć aż do zniszczenia stref podporowych belki.

Ustalono, że przyrost ugięć ze zwiększeniem liczby cykli N był związany głównie z odkształceniami trwałymi stref podporowych.

Maksymalne naprężenia w poprzek włókien nad podporami wynosiły od 4,6 MPa do 5,8 MPa. Stwierdzono dwa mechanizmy zniszczenia stref podporowych: poprzez ich wgniecie (fot. 1a) oraz wgniecie z rozwarstwieniem drewna (fot. 1b). Według normy [3], wytrzymałość charakterystyczna drewna klejonego w zależności od jego klasy wynosiła od 5,3 MPa do 6,3 MPa, natomiast w aktualnych nor-



Fot. 1. Wgniecie i rozwarstwienia stref podporowych badanych belek



Rys. 4. Proponowany sposób oparcia belki mostowej z drewna klejonego: 1 – belka z drewna klejonego, 2 – wkręty stalowe z łebkami przyspawanymi do płyty oporowej, 3 – górna płyta oporowa, 4 – przegub, 5 – dolna płyta oporowa, 6 – fragment przyczółka żelbetowego

mach [6] zredukowano je prawie dwukrotnie. Dla stref podporowych belek mostowych, z uwagi na wyżej wymienione zjawiska zmęczeniowe, wytrzymałość tę należałoby jeszcze zmniejszyć co najmniej o 20%. Powoduje to jednak pewne problemy podczas projektowania tych stref, gdyż ich długość przy rozpiętości belek powyżej 24 m może przekraczać 1,0 m (w mostach dla ruchu kołowego), a co za tym idzie, konieczność rozbudowy łożyska podporowego. Nośność strefy podporowej na docisk w poprzek włókien można zwiększyć stosując różnego ro-

dzaju zabiegi konstrukcyjne, które zostały szczegółowo opisane w pracy [7]. Trzeba również brać pod uwagę nierównomierny rozkład naprężeń $f_{c,90,d}$ przy bezpośrednim oparciu belek na podporach. Wynika to z obrotu strefy podporowej podczas ugięcia belki. W tym przypadku oparcie belek drewnianych powinno być wykonane jak dla stalowych lub żelbetowych belek mostowych – poprzez łożyska przegubowe. Z uwagi na znikomo małe odkształcenia termiczne drewna, łożyska te nie muszą posiadać możliwości swobody przemieszczeń poziomych,

lecz powinny zapewniać swobodę ruchu obrotowego. Ewentualne rozwiązanie takiego podparcia belek drewnianych przytoczono na rysunku 4. Aby zredukować długość płyty oporowej, reakcja oporowa przekazywana jest nie bezpośrednio na dolną krawędź belki, a poprzez specjalne wkręty stalowe [8], których łebki przyspawano do płyty oporowej. W tym przypadku reakcja oporowa jest przekazywana poprzez gwinty wkrętów po wysokości przekroju belki. Zwiększa to również nośność strefy podporowej belki drewnianej na ścinanie, gdyż wkręty pracują również jako zbrojenie poprzeczne.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Biliszczuk J., Mosty z drewna klejonego, WKiŁ 1989
- [2] Mielczarek Z., Orłowicz R., Trendy rozwoju współczesnych kładek drewnianych. Projektowanie budowa i estetyka kładek dla pieszych, Kraków 2003
- [3] PN-B-03150:2000. Konstrukcje drewniane. Obliczanie statyczne i projektowanie.
- [4] Lachiewicz-Złotowska A., Orłowicz R., Zachowanie się stref przypodporowych dźwigarów łukowych i belkowych z drewna klejonego. Czasopismo Techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008
- [5] Orłowicz R., Wytrzymałość drewna na docisk w poprzek włókien przy obciążeniu zmiennym. Derewoobratywjuszczaja promyszlennost', Moskwa, 3/1989
- [6] PN-EN 1194 Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo
- [7] Orłowicz R., Lachiewicz-Złotowska A., Zwiększenie nośności stref podporowych belkowych dźwigarów drewnianych. Przegląd Budowlany, 2/2008
- [8] Vollgewindeschrauben. Bauen mit Holz, 4/2011

www.przeglądbudowlany.pl/archiwum



Archiwum od ręki
 archiwalne spisy treści
 na stronach www