

WPLYW WYMIARÓW SKLEJANYCH ELEMENTÓW DREWNIANEJ PRÓBKII BLOKOWEJ NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE SPOINY KLEJOWEJ

Arnold Wilczyński

Katedra Wychowania Technicznego WSP w Bydgoszczy

Jednym z czynników wpływających na wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej są wzajemne proporcje wymiarowe elementów złącza. Zbadano wpływ tych proporcji dla złącza mającego postać drewnianej próbki blokowej dwuciętej. Przedstawiono odpowiednie funkcje regresji, ustalono wymiary elementów próbki, przy których uzyskuje się najwyższe wartości wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej.

WSTĘP

Wytrzymałość na ścinanie spoiny klejowej łączącej elementy drewniane zależy od wielu czynników. Należą do nich rodzaj kleju i drewna, sposób przygotowania kleju i powierzchni drewna, technologia sklejanania, wzajemny układ włókien i przyrostów rocznych w łączonych elementach, grubość spoiny klejowej, temperatura i wilgotność drewna. Niezależnie od tych czynników wyniki oznaczania wytrzymałości spoiny klejowej różnią się w zależności od typu próbki i związanego z tym sposobu jej obciążania, charakteru tego obciążenia, wielkości powierzchni spoiny klejowej i wzajemnych proporcji wymiarowych elementów złącza.

Wpływ ostatniego z wymienionych czynników został dotychczas zbadany w stosunkowo niewielkim stopniu, przy czym większość badań dotyczyła złącza zakładkowego, w którym spoina klejowa poddawana jest ścinaniu poprzez rozciąganie próbki. Jednymi z parametrów wpływających na sposób przenoszenia obciążeń przez spoinę klejową tego złącza są grubość łączonych elementów i długość zakładki, będąca zarazem długością spoiny. Zgodnie z teorią Golanda i Reissnera [1] oraz bazującymi na niej, w odniesieniu do złączeń zakładkowych drewnianych, obliczeniami Rivera [4] rozkład naprężeń ścinających wzdłuż zakładki jest tym bardziej równo-

mierny im większa jest grubość sklejanych elementów oraz im mniejsza jest długość zakładki. Bardziej równomiernemu rozkładowi naprężeń w spoinie powinna odpowiadać większa jej wytrzymałość. Potwierdzają to wyniki badań [2] przeprowadzonych w Aero Research Limited w Anglii, jak również badania Zenktelera i Stolza [8], którzy uwzględniali m.in. wpływ długości zakładki w próbkach jednospoinowych wykonanych według DIN i dwuspoinowych typu IBL, stwierdzając wyraźny wzrost wyników oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej przy zmniejszeniu tej długości.

Również w złączu nakładkowym grubość i długość nakładki (lub nakładek) wpływają na wyniki badania wytrzymałości spoiny. Jak wykazali Walsh, Leicester i Ryan [6], badający wytrzymałość symetrycznego drewnianego złącza nakładkowego, wyniki te wzrastają wraz ze zwiększaniem się grubości i zmniejszaniem się długości nakładek.

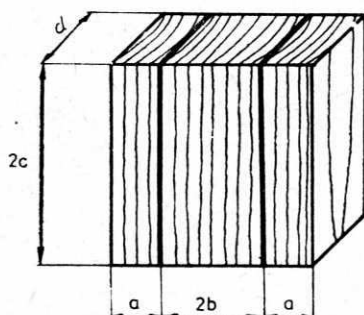
Badano także wpływ na wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej wzajemnych proporcji wymiarowych w próbkach blokowych, czyli próbkach ścinanych poprzez ich ściskanie. Niskanen [3] wyznaczał tą wytrzymałość dla próbek blokowych jednoczętych o różnej długości złącza i stałej grubości sklejanых elementów. Stwierdził, że najwyższe wyniki oznaczania wytrzymałości spoiny uzyskuje się za pomocą próbek, w których długość złącza jest dwukrotnie większa od grubości łączonych elementów. Z kolei Roš [5] przeprowadził badania na próbkach blokowych dwuczętych typu EMPA, określając wpływ długości elementów bocznych przy stałych grubościach tych elementów i części środkowej próbki. Zaobserwował obniżanie się wyników oznaczania wytrzymałości spoiny przy zwiększaniu stosunku długości elementu bocznego do jego grubości ponad wartość podstawową tego stosunku równą 3.

Uznając stan badań dotyczących wpływu geometrii złącza na wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej za niezadowalający postanowiono przeprowadzić badania na próbkach blokowych dwuczętych o prostym kształcie, łatwiejszych do wykonania niż próbki typu EMPA. Wcześniejsze badania teoretyczne autora [7] wskazują na wpływ wymiarów tego typu próbki na rozkłady naprężeń w spoinie klejowej, zatem należy się również spodziewać, że wymiary te powinny wpływać na wyniki oznaczania wytrzymałości spoiny klejowej.

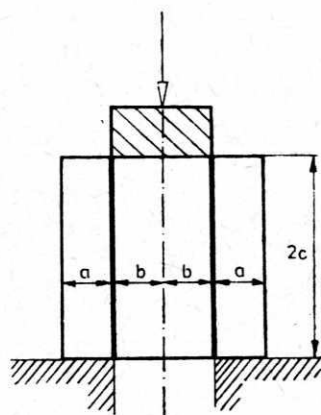
CEL I ZAKRES BADAŃ

Przedmiotem badań jest próbka blokowa dwuczęta przedstawiona na rysunku 1. Składa się ona z trzech elementów sklepanych równoległobokowo płaszczyznami stycznymi – środkowego o szerokości $2b$ i bocznych o szerokościach a . Na rysunku 2 pokazano sposób obciążenia próbki wywołujący ścinanie spoin klejowych o długościach $2c$ i szerokościach d .

Celem badań jest określenie wpływu zmiennej geometrii próbki, a konkretnie wpływu wymiarów a i $2c$ na wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej.



Rys. 1. Próbka blokowa dwucięta
Fig. 1. Double shear test specimen



Rys. 2. Schemat obciążenia i podparcia próbki
Fig. 2. Scheme of loading and bearing of test specimen

Przyjęto stałą szerokość $2b$ środkowej części próbki równą 20 mm oraz następujące wartości zmiennych parametrów a/b i c/b :

$$a/b = 0,5; 1 \text{ i } 2, \quad c/b = 1; 1,5; 2; 2,5 \text{ i } 3.$$

W celu wyeliminowania wpływu wielkości powierzchni spoiny klejowej przyjęto stałą wartość tej powierzchni dla wszystkich próbek. Wynosi ona:

$$2 \times 2c \times d = 1600 \text{ mm}^2.$$

W związku z powyższymi ustaleniami wymiary próbek mają wartości podane w tabeli 1.

Tabela 1

Wymiary (w mm) próbek o różnych proporcjach a/b i c/b
Dimensions (in mm) of test specimens of different ratios
 a/b i c/b

a/b	0,5					1					2				
c/b	2	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
a	5					10					20				
$2b$	20														
$2c$	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
d	40	27	20	16	13	40	27	20	16	13	40	27	20	16	13

Jako surowiec na próbki przyjęto drewno buka (*Fagus sylvatica* L.) oraz, w celach porównawczych, także drewno sosny (*Pinus silvestris* L.). Ze względu na charakter badań ograniczono się do zastosowania jednego gatunku kleju, mianowicie kleju poliocetanowinylowego Wikol.

OPIS BADAŃ

W celu zapewnienia możliwie małego rozrzutu właściwości fizyko-mechanicznych drewna wszystkie próbki, zarówno bukowe jak i sosnowe, wykonano z surowca pochodzącego z jednego pnia bukowego i jednego sosnowego. W pierwszej kolejności z pni wycięto bale grubości 60 mm zachowując promieniowy kierunek cięcia i eliminując drewno przyrzeniowe. Po pocięciu ich na odcinki długości 800 mm przechowywano je pod wiatą przez okres roku, a następnie przez 8 tygodni w laboratorium, sprowadzając wilgotność drewna do poziomu 7%. W drugim etapie z bali wycięto w kierunku stycznym deseczki i ostrugano je obustronnie w celu uzyskania wymiarów 5, 10 i 20 mm z dokładnością do 0,1 mm. W tym samym dniu deseczki te sklejono w trzywarstwowe zestawy o wymiarach $60 \times (30 - 60) \times 800$ mm, stosując ściski stolarskie, które zaciskano z taką siłą, aby nastąpiło wyciśnięcie kleju na całej długości sklejania. Po 24 godzinach zestawy te obrobiono, uzyskując elementy o długości 800 mm i o grubościach 13, 16, 20, 27 i 40 mm. Wreszcie elementy te pocięto na próbki o określonych długościach $2c$. Po selekcji wykluczającej próbki z wadami i nieprawidłowościami co do układu włókien i słoii rocznych względem ich krawędzi, wytypowano do badań po 20 próbek o danych stosunkach a/b i c/b .

Dokonując rozkroju poszczególnych łąt, składając zestawy, a następnie wycinając z nich próbki przestrzegano zasady: każda partia próbek o określonych proporcjach a/b i c/b powinna być wykonana z surowca pochodzącego z różnych miejsc pnia, takich samych jak pozostałe 14 partii. Uzyskuje się dzięki temu zbliżone średnie właściwości drewna w różnych grupach próbek.

Po wykonaniu próbki sezonowano przez 4 tygodnie w laboratorium utrzymując wilgotność drewna na poziomie 7%, a następnie przystąpiono do badań.

Próbki umieszczano w specjalnie do tych badań wykonanym przyrządzie zapewniającym pokrywanie się osi stempla dociskowego szerokości 20 mm z osią symetrii podpór i próbek. Badania przeprowadzono za pomocą 10-tonowej maszyny wytrzymałościowej przy zakresie obciążeń do 20 kN dla próbek sosnowych i do 40 kN dla próbek bukowych, stosując prędkość swobodnego przesuwu głowicy równą 5 mm/min. Wytrzymałość na ścinanie spoiny klejowej obliczano za pomocą wzoru:

$$R_t = \frac{P}{2 \cdot 2cd}$$

odczytując wartość P siły niszczącej z dokładnością do 0,1 kN podczas badania próbek sosnowych i 0,2 kN przy badaniu próbek bukowych oraz mierząc wysokość $2c$ i szerokość d próbki odpowiednio z dokładnościami 0,1 mm i 0,01 mm.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki badań zestawiono w tabeli 2. Należy dodać, że w przypadku próbek bukowych zniszczenie połączenia klejowego następowało prawie wyłącznie wewnątrz warstwy kleju, natomiast dla próbek sosnowych wyłącznie w drewnie. W tym drugim

przypadku należy więc raczej mówić o wytrzymałości na ścinanie drewna, a nie spoiny klejowej.

Maksymalne błędy pomiaru wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej, obliczone za pomocą wzoru

$$\delta R_t = \left[\left| \frac{\Delta P}{P} \right| + \left| \frac{\Delta c}{c} \right| + \left| \frac{\Delta d}{d} \right| \right] \cdot 100\%$$

przy uwzględnieniu dokładności pomiarowych ΔP , Δc i Δd podanych w opisie badań, nie przekraczają 1,4%. Wartości bezwzględne tych błędów są dla wszystkich przypadków geometrycznych próbek mniejsze od odchyień standardowych wartości średnich tych wytrzymałości.

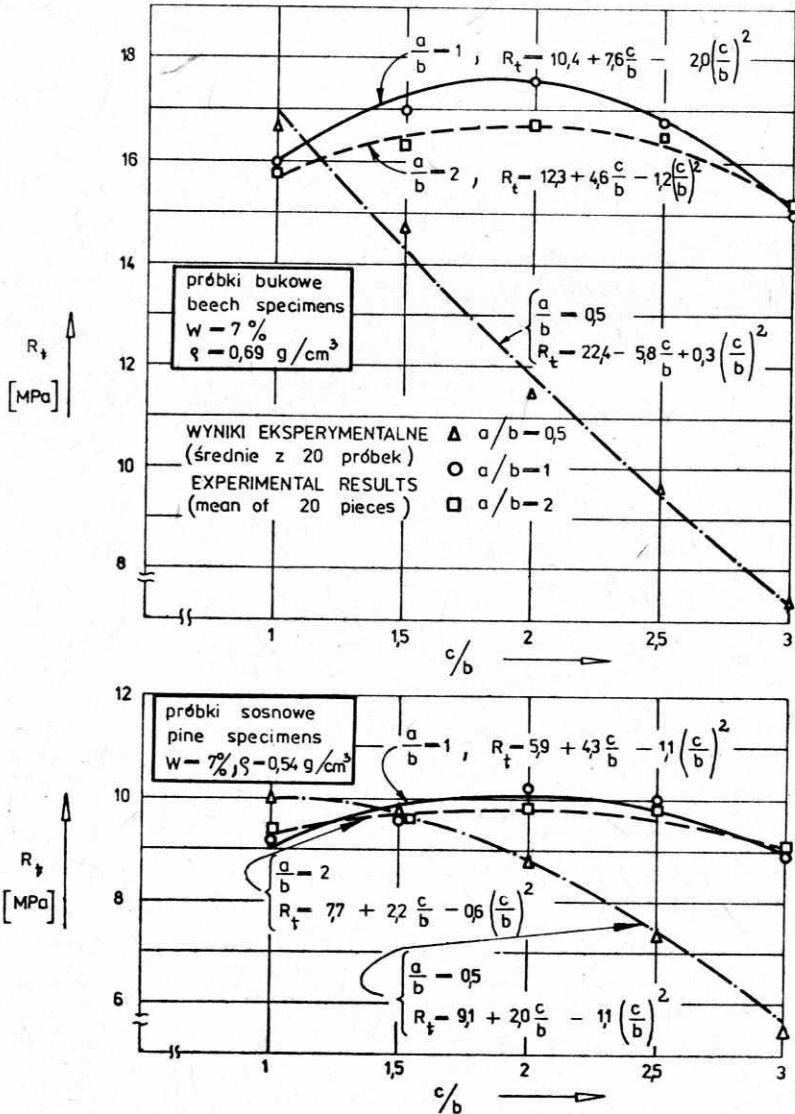
Tabela 2

Wartości średnie (z 20 próbek) wytrzymałości na ścinanie R_t spoiny klejowej oraz wartości współczynników zmienności v i odchyień standardowych $S_{\bar{R}_t}$ wartości średnich
Average values (from 20 specimens) of glue lines shearing strength R_t and values of variation coefficients v and standard deviations $S_{\bar{R}_t}$ of average values

a/b	c/b	Próbki bukowe Beech specimens			Próbki sosnowe Pine specimens		
		\bar{R}_t	v	$S_{\bar{R}_t}$	\bar{R}_t	v	$S_{\bar{R}_t}$
		MPa	%	MPa	MPa	%	MPa
0,5	1	16,7	11,7	0,4	10,0	11,1	0,2
	1,5	14,7	9,3	0,3	9,7	9,4	0,2
	2	11,5	6,1	0,2	8,8	8,0	0,2
	2,5	9,6	7,3	0,2	7,4	8,2	0,1
	3	7,4	7,3	0,1	5,5	6,6	0,1
1	1	16,0	9,1	0,3	9,2	8,6	0,2
	1,5	17,0	9,3	0,3	9,6	9,1	0,2
	2	17,6	8,5	0,3	10,2	8,0	0,2
	2,5	16,8	7,7	0,3	10,0	7,5	0,2
	3	15,0	6,5	0,2	8,9	7,7	0,1
2	1	15,8	7,0	0,2	9,4	10,2	0,2
	1,5	16,3	9,0	0,3	9,6	9,6	0,2
	2	16,7	9,6	0,4	9,8	11,0	0,2
	2,5	16,5	9,2	0,3	9,8	8,7	0,2
	3	15,2	7,3	0,2	9,1	8,3	0,2

W celu stwierdzenia, czy wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej zależą od parametru c/b sprawdzono za pomocą testu t Studenta istotność różnic między średnimi wytrzymałościami odpowiadającymi parametrom $c/b=1$ i 2 oraz $c/b=2$ i 3 dla poszczególnych stosunków a/b . Poza jednym przypadkiem – próbek sosnowych o parametrze $a/b=2$, przy porównywaniu wytrzymałości odpowiadającej stosunkom $c/b=1$ i 2 – różnice średnich wytrzymałości okazały się istotne przy ryzyku błędu nie przekraczającym 5%. Podobne testy, dotyczące różnic średnich wytrzymałości próbek o parametrach $a/b=0,5$ i 1 oraz $a/b=1$ i 2, przeprowadzone dla poszczególnych stosunków c/b , wykazały nieistotność tych różnic między przypadkami $a/b=1$ i 2 i to dla wszystkich stosunków c/b , zarówno dla próbek bukowych jak i sosnowych.

Tak więc, spośród parametrów a/b i c/b istotniejszy jest wpływ na wyniki badania wytrzymałości na ścinanie spoiny tego drugiego parametru. Wpływ ten opisano matematycznie, dopasowując do wyników eksperymentalnych funkcje regresji w postaci wielomianów drugiego stopnia. Funkcje te, obliczone metodą najmniejszych kwadratów, przedstawiono na rysunku 3. Otrzymane parabole są dobrze dopasowane do punktów empirycznych, o czym świadczą wartości współczynników korelacji krzywoliniowej mieszczące się w przedziale 0,90 - 0,99.



Rys. 3. Wpływ parametru geometrycznego c/b próbki na wyniki badania wytrzymałości R_t spoiny klejowej na ścinanie

Fig. 3. Effect of the geometric parameter c/b of the specimen on test results of the shearing strength R_t of glue line

Jak wynika z tabeli 2 i rysunku 3 zarówno dla próbek bukowych jak i sosnowych najwyższe wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej uzyskuje się za pomocą próbek o parametrach $a/b=1$ i $c/b=2$. Jednocześnie, ze względu na niewielkie różnice tych wyników dla próbek określonych parametrami

$$a/b=1-2 \quad \text{i} \quad c/b=1,5-2,5$$

można uznać powyższe wartości jako racjonalne, z wytrzymałościowego punktu widzenia, proporcje wymiarowe złącza konstrukcyjnego ukształtowanego i obciążonego podobnie jak rozpatrywana próbka blokowa.

Warte zaznaczenia są wysokie wartości wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej otrzymywane przy jej oznaczaniu za pomocą próbek bukowych. Dla przytoczonych, racjonalnych wartości a/b i c/b wynoszą one od 16,3 do 17,6 MPa. Biorąc dodatkowo pod uwagę łatwość wykonania zastosowanych w badaniach próbek, można polecić je do badania spoin klejowych charakteryzujących się dużą wytrzymałością na ścinanie.

WNIOSKI

Na podstawie wyników badań i ich analizy można sformułować następujące wnioski:

1. Grubość i długość sklejanych elementów rozpatrywanej próbki blokowej dwuciętej wpływają na wyniki badania wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej, przy czym istotniejszy jest wpływ drugiego z wymienionych czynników.

2. Najwyższe wyniki oznaczania wytrzymałości na ścinanie spoiny uzyskuje się za pomocą próbek, w których grubość i długość elementów bocznych określone są parametrami $a/b=1$ i $c/b=2$.

3. Jako korzystne pod względem wytrzymałościowym można przyjąć następujące proporcje wymiarowe złącz ukształtowanych i obciążonych podobnie jak rozpatrywana próbka blokowa: $a/b=1-2$, $c/b=1,5-2,5$.

4. Wysokie wartości wytrzymałości na ścinanie spoiny klejowej uzyskiwane za pomocą zastosowanych w badaniach bukowych próbek blokowych dwuciętych i łatwość wykonania tych próbek wskazują na ich przydatność do badania wytrzymałości spoin klejowych w drewnie.

Praca wpłynęła do Redakcji w styczniu 1986 r.

LITERATURA

1. Goland M., Reissner E.: The Stresses in Cemented Joints. *Journal of Applied Mechanics* 1944, R. 11, nr 1, s. 17 - 27.
2. Kollmann F.: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Bd. 2, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1955.
3. Niskanen E.: On the Distribution of Shear Stress in a Glued Single Shear Test Specimen of Finnish Birch Timber. The State Institute for Technical Research, Finland 1957, Publikation 36.

4. River B. H.: A Method for Measuring Adhesive Shear Properties. Adhesives Age 1981, nr 12, s. 30 - 33.
5. Roš M.: Die Melocol-Leime der CIBA Aktiengesellschaft, Basel. Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zurich 1945, Bericht 152 (cyt. za: Zenkteler M.: Technologia klejenia drewna. Warszawa 1968).
6. Walsh P. F., Leicester R. H., Ryan A.: The Strength of Glued Lap Joints in Timber. Forest Products Journal 1973, R. 23, nr 5, s. 30 - 33.
7. Wilczyński A.: Rozkład naprężeń w spoinie klejowej symetrycznej tarczy drewnianej sklejonej z trzech części, poddanej ścinaniu poprzez ściskanie. 1984, maszynopis, Katedra Wychowania Technicznego WSP Bydgoszcz.
8. Zenkteler M., Stolz J.: Zależność wyników badania wytrzymałości spoin klejowych w drewnie od typu próbki. Prace Komisji Technologii Drewna PTPN 1973, t. 1, z. 2, s. 3 - 25.

EFFECT OF DIMENSIONS OF ADHERENDS OF WOODEN BLOCK TEST SPECIMEN ON GLUE LINE SHEAR STRENGTH

Summary

Effect of dimensions of members of block double shear test specimen on test results of glue line shear strength was investigated. Test specimen, having the shape of a rectangular prism, were prepared from beech and pine wood using polyvinylacetate glue. Thickness and length of side adherends were changed, whereas the thickness of middle adherend and the size of glue line surface were not changed. Dependence of glue line shear strength upon the length of side adherends was presented by means of regression functions. Highest test results of this strength were obtained by means of test specimens, in which ratios of the thickness and length of side adherends to the thickness of middle adherend were 0.5 and 1, respectively. High values of strength obtained by means of beech specimens, used in these investigations, and the simplicity of their preparation indicate the usefulness of these test specimens for tests of shear strength of glue line.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ СКЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕВЕСНОГО, БЛОЧНОГО ОБРАЗЦА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ КЛЕЕВОГО ШВА

Резюме

Исследовано влияние размеров элементов блочного, двухсрезового образца на результаты определения сопротивления сдвигу клеевого шва. Образцы, которые характеризуются параллелепидной формой, были получены из древесины бука и сосны с использованием поливинилацетатного клея. Изменялась толщина и длина боковых элементов образца, при этом сохранялась постоянная толщина её средней части и площадь клеевого шва. Зависимость сопротивления сдвигу клеевого шва от длины боковых элементов представлена с помощью функции регрессии. Наибольшие численные результаты при определении сопротивления сдвигу клеевого шва получены при использовании образцов, в которых отношения толщины и длины к толщине средней части были равны соответственно 0,5 и 1. Боль-

шие численные значения сопротивления сдвигу, полученные с помощью использованных в исследованиях образцов из бука, а также простота их изготовления показывают, что они пригодны для исследования сопротивления сдвигу клеевых швов.

Adres autora:

dr inż. Arnold Wilczyński

Katedra Wychowania Technicznego WSP
ul. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz