

# Liny sprężające jako uchwyty transportowe w prefabrykatach betonowych



mgr inż.  
**MIROSLAW BISKUP**  
Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów w Warszawie  
Ośrodek Badań Mostów w Kielcach  
**ORCID: 0000-0002-6240-1892**



mgr inż.  
**ANDRZEJ GAŁAT**  
Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów w Warszawie  
Ośrodek Badań Mostów w Kielcach  
**ORCID: 0000-0001-5728-8998**



mgr inż.  
**ANDRZEJ MATYSEK**  
Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów w Warszawie  
Ośrodek Badań Mostów w Kielcach  
**ORCID: 0000-0001-6530-0336**

W artykule przedstawiono realizację badań wytrzymałościowych nowego rodzaju uchwytów transportowych do prefabrykatów betonowych, które skonstruowano z nieużytecznych odpadów produkcyjnych stalowych lin sprężających. Omówiono uzyskane wyniki badań oraz podano zalecenia dotyczące warunków stosowania uchwytów.

**W** prefabrykacji betonowej, szczególnie w przypadku dużych elementów, stosowane są uchwyty transportowe wykonane ze stalowych prętów gładkich lub, rzadziej, żebrowanych. Jest to rozwiązanie stosowane od dawna i w większości przypadków spełnia swoją funkcję. Jednak znane są przypadki awarii uchwytów prętowych podczas transportu lub montażu prefabrykatu, które zawsze stanowią realne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz stwarzają sytuację awaryjną dla obiektu budowlanego. Przykład takiej sytuacji, gdzie podczas podnoszenia belki mostowej typu

T27 uległ zniszczeniu uchwyt transportowy, przedstawiono na rysunku 1.

Przyczyną awarii uchwytów transportowych nie są zazwyczaj błędy projektowe, lecz nieodpowiedni dobór osprzętu dźwigowego na budowie, co w istotny sposób może wpłynąć na nośność uchwytu, szczególnie w przypadku długich elementów belkowych.

Mając na względzie te doświadczenia, w środowisku producentów strunobetonowych prefabrykatów mostowych powstała koncepcja nowego rodzaju uchwytu transportowego, którego konstrukcją stanowią pętle z lin sprężających. Liny sprężające sto-

sowane w prefabrykacji mostowej mają konstrukcję splotów siedmiodrutowych, w której występuje drut środkowy (prosty) i sześć drutów zewnętrznych owiniętych wokół niego w jednej warstwie oraz w tym samym kierunku i skoku oplotu. Są produkowane w zakresie średnic nominalnych od 15,2 mm do 15,7 mm, ze stali o wytrzymałości 1770 MPa lub 1860 MPa. Dla lin sprężających nie ustanowiono polskiej normy, stosownymi dokumentami odniesienia są krajowe oceny techniczne, zbieżne w swych postanowieniach z projektem normy europejskiej FprEN 10138-3 [2]. Rozważając zastosowanie lin sprężających w uchwytach transportowych, przyjęto założenie, że użycie materiału o wysokiej wytrzymałości znacznie podniesie nośność uchwytu, co z kolei zapewni dużo większy margines błędu podczas operowania prefabrykatem w warunkach budowy.

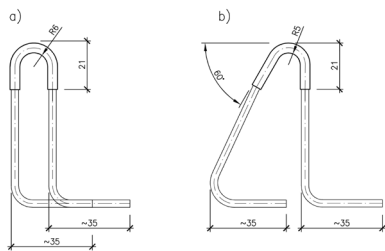
Zastosowanie lin do uchwytów transportowych ma również walory ekonomiczne, ponieważ pozwala na zagospodarowanie odpadów lin stosowanych do sprężania konstrukcji. Podczas produkcji strunobetonowych belek mostowych około 10% stali sprężającej stanowi odpad produkcyjny.

## Koncepcja konstrukcji linowych uchwytów transportowych

Przyjęto założenie, że pojedynczą linię lub wiązkę kilku lin można ukształtować w podobny sposób jak tradycyjne uchwyty prętowe, wykorzystując do tego celu stalowe rury. Zadaniem rury jest nadanie odpowiedniej



Rys. 1. Zniszczony uchwyt transportowy belki strunobetonowej T27



Rys. 2. Ukształtowanie ramion uchwytów: a) równoległe, b) skośnie



Rys. 3. Próbkę pojedynczych lin przygotowane do badań

geometrii uchwytu w miejscu zgięcia lin oraz zapewnienie współpracy poszczególnych lin w przypadku uchwytów wielolinowych. Prawidłowe kotwienie w betonie mają zapewnić zagięcia lin na końcach ramion uchwytu, co w połączeniu z dużą efektywnością mechanicznego kotwienia lin w betonie (linia śrubowa) pozwala zakładać niezawodność tej metody. Przyjęto wstępnie dwa warianty kształtu uchwytu: jeden o ramionach równoległych, a drugi o ramionach skośnych (rys. 2.).

### Przebieg i wyniki badań wytrzymałościowych

Ze względu na nietypowe zastosowanie lin sprężających, wykraczające poza zakres ich przeznaczenia oraz zakres normowych metod badawczych [3], opracowano program badań wytrzymałościowych mający na celu praktyczną weryfikację przyjętych założeń. Ogólne rozwiązania w zakresie metodyki badań przyjęto w oparciu o opracowanie IBDiM z początku lat 90. [4], które dotyczyło badań prętowych uchwytów transportowych do prefabrykatów betonowych. Zakres przewidzianych badań obejmował próbki pojedynczych lin umieszczonych w odcinku rury stalowej i zgiętych o kąt 180° oraz badania żelbetonowych elementów próbnych, w których uchwyt wykonano z dwóch lub trzech tak ukształtowanych lin. We wszystkich badaniach zastosowano liny sprężające o średnicy nominalnej 15,7 mm w klasie wytrzymałości 1860 MPa, dla których charakterystyczna wartość siły zrywającej wynosi 279 kN [2].

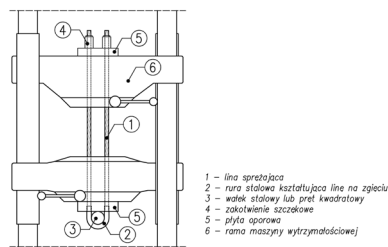
Na pierwszym etapie wykonano badania wytrzymałościowe ośmiu próbek pojedynczych lin, z czego w pięciu przyłożenie siły w miejscu zgięcia realizowano za pośred-

nictwem wałka  $\varnothing 70$  mm, w dwóch wałka  $\varnothing 50$  mm, a w jednym przypadku użyto pręta kwadratowego 40 x 40 mm. Próbkę lin przygotowane do badań przedstawiono na rysunku 3., natomiast schemat stanowiska badawczego pokazano na rysunku 4.

Uzyskane wyniki badań (tabela 1.) pozwoliły na określenie nośności pojedynczej pętli liny w warunkach zbliżonych do obciążenia hakiem zawiesi dźwigowych (w przypadku zastosowania wałka o średnicy 70 mm), jak również ocenę wpływu na nośność zastosowania mniejszych wymiarów i innego kształtu elementu wywierającego siłę w pętli.

Nośność charakterystyczna próbek z wałkiem o średnicy 70 mm wyniosła 454 kN, co stanowi ponad 160% nośności prostoliniowego odcinka liny w próbie rozciągania osiowego. Zmniejszenie powierzchni przyłożenia siły do pętli powoduje obniżenie jej nośności. Spadek siły niszczącej po zmniejszeniu średnicy wałka o około 30% wyniósł około 10%, natomiast w skrajnym przypadku zastosowanie pręta kwadratowego o ostrych krawędziach spowodowało zmniejszenie siły nawet o 60%. Typową postać zniszczenia liny podczas badań przedstawiono na rysunku 5.

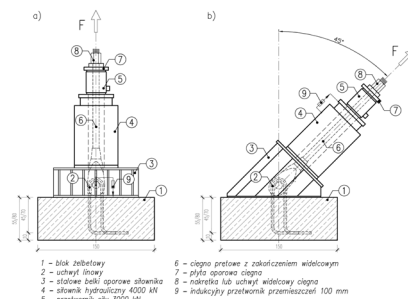
Drugi etap badań dotyczył elementów próbnych wykonanych w formie żelbetonowych prostopadłościaków o wymiarach 65 x 150 x 55 cm oraz 65 x 150 x 80 cm, w których zabetonowano uchwyt linowy o różnej konstrukcji. Użyto betonu projektowanej klasy C25/30 (B30) zbrojonego stalą gatunku B500B. Zakres badań obejmował po dwa elementy próbne z uchwytami skonstruowanymi z dwóch i trzech lin, każdy w układzie ramion równoległych oraz skośnych. W przypadku uchwytów dwulinowych zastosowano elementy próbne o wysokości 55 cm, natomiast uchwyt trzylinowy kotwione były w elementach o wysokości 80 cm. W obu przypadkach końce ramion uchwytów znaj-



Rys. 4. Schemat stanowiska do badań próbek pojedynczych lin



Rys. 5. Typowa postać zniszczenia liny



Rys. 6. Schemat stanowiska do badań uchwytów: a) przyłożenie siły pod kątem 0° do pionu, b) przyłożenie siły pod kątem 45°

dowały się w odległości 10 cm od spodu betonu. Dla każdego z wariantów wykonywano badania, przykładając obciążenie pod kątem 0° i 45° w stosunku do osi pionowej uchwytów. Łącznie zbadano 16 elementów próbnych. Schematy stanowisk badawczych wraz z wyposażeniem przedstawiono na rysunku 6.

Tabela 1. Wyniki badań próbek pojedynczych lin

Nr próbki	Sposób przyłożenie obciążania w miejscu zgięcia liny	Siła niszcząca [kN]	Średnia wartość siły niszczącej [kN]	Charakterystyczna wartość siły niszczącej [kN] ( $p = 0,95$ ) <sup>1)</sup>
1	2	3	4	5
1	wałek $\varnothing 70$ mm	460	468	454
2		465		
3		470		
4		470		
5		475		
6	wałek $\varnothing 50$ mm	420	425	-
7		430		
8	pręt 40 x 40 mm	185	-	-

1) Wartość charakterystyczna jest dolną granicą statystycznego przedziału tolerancji, który na poziomie ufności  $1-\alpha = 0,75$  zawiera co najmniej 95% wartości większych od dolnej granicy



Rys. 7. Widok stanowiska do badań z obciążeniem przyłożonym pod kątem 0° do pionu



Rys. 8. Widok stanowiska do badań z obciążeniem przyłożonym pod kątem 45°

Na rysunkach 7. i 8. pokazano zdjęcia z realizacji badań.

Badania realizowano w jednym cyklu obciążenia, siłę zwiększano jednostajnie aż do momentu uzyskania maksymalnej siły zrywającej. W tabelach 2. i 3. zestawiono wyniki badań elementów próbných, które zawierają wartości sił niszczących uchwytów oraz analizy statystyczne średnich sił niszczących pojedynczą linę w uchwycie. Wartości charakterystyczne sił niszczących pojedyncze liny ustalono dla uchwytów o określonym kształcie, uwzględniając wyniki próby zarówno uchwytów dwulinowych, jak i trzylinowych.

We wszystkich badanych elementach próbných zniszczenie nastąpiło na skutek zerwania drutów w linach, nie stwierdzono natomiast uszkodzeń betonu, poza drobnymi ubytkami na jego powierzchni w bezpośrednim sąsiedztwie uchwytu. Wyniki nie wykazują wyraźnej zależności pomiędzy kształtem uchwytu a jego nośnością. Ze względu na możliwość nierównomiernego przenoszenia obciążenia przez wszystkie liny w uchwycie spodziewano się mniejszych wartości średnich sił zrywających linę w uchwytach trójlinowych niż dwulinowych. Zależność taka rzeczywiście wystąpiła, ale tylko w połowie badanych elementów. W przypadku uchwytów o ramionach równoległych obciążanych siłą pod kątem 0° oraz uchwytów o skośnych ramionach obciążanych pod kątem 45° uzyskano zbliżone wyniki, z czego w tych pierwszych wystąpiły istotne różnice sił niszczących pomiędzy elementami o takiej samej liczbie lin w uchwycie. Wartości średnie oraz charakterystyczne w odniesieniu do średniej siły niszczącej pojedynczą linę były zbliżone, bez względu na kształt uchwytu i warunki obciążania. Wartości charakterystyczne średniej siły zrywającej pojedynczą li-

Tabela 2. Wyniki badań elementów próbných przy obciążeniu siłą pod kątem 0° do pionu

Nr próby	Konstrukcja uchwytu		Siła niszcząca uchwyt [kN]	Siła niszcząca dla pojedynczej liny [kN] (kol. 4/kol.3)	Średnia siła niszcząca dla pojedynczej liny [kN]	Charakterystyczna wartość siły niszczącej pojedynczą linę (p = 0,95) [kN] 1)
	Kształt	Liczba lin				
1	2	3	4	5	6	7
1	Ramiona równoległe	2	973	487	436	313
2			795	398		
3		3	1190	397		
4			1389	463		
5	Ramiona skośne	2	934	467	423	320
6			887	444		
7		3	1171	390		
8			1173	391		

1) Wartość charakterystyczna jest dolną granicą statystycznego przedziału tolerancji, który na poziomie ufności  $1-\alpha = 0,75$  zawiera co najmniej 95% wartości większych od dolnej granicy

nę w uchwycie wyniosły od 313 kN do 368 kN i były większe od charakterystycznej nośności liny w próbie rozciągania osiowego.

### Wnioski

Uzyskane wyniki badań i obserwacji wykazały, że możliwe jest zastosowanie zgiętej do kąta 180° liny sprężającej jako elementu konstrukcji uchwytu transportowego w prefabrykacjach betonowych. Rozwiązanie to wymaga wprowadzenia lin do stalowej rury, która umożliwi odpowiednio ukształtowanie uchwytu oraz zapewni lepszą ich współpracę w przypadku uchwytów wielolinowych. Nośność tak uformowanej liny jest o około 60% większa od jej nośności charakterystycznej na rozciąganie w przypadku pojedynczej liny, natomiast w przypadku uchwytu wielolinowego różnica wyniosła co najmniej 40%. W uchwytach wielolinowych nie występuje tak duża powtarzalność wyników, jak w przypadku pojedynczej liny, w związku z czym charakterystyczne wartości średniej siły zrywającej pojedynczą linę w uchwycie wyniosły od 313 kN do 368 kN, co i tak w najgorszym przypadku stanowi 113% nośności charakterystycznej liny podczas statycznej próby rozciągania osiowego. W żadnym wariancie badanych elementów betonowych nie stwierdzono problemów ze skutecznością kotwienia lin w betonie.

Uchwytów transportowych wykonanych z lin wielodrutowych posiadają wiele zalet, które tworzą realną alternatywę dla tradycyjnych uchwytów prętowych. Należy wymienić między innymi bardzo dobrą skuteczność kotwienia w betonie, małą wrażliwość na obciążenia działające pod kątem w stosunku do osi pionowej uchwytu oraz brak efektu nagłego zniszczenia (zniszczenie jest sygnalizowane zrywaniem pojedynczych drutów).

### Zalecenia do projektowania uchwytów

Powyższe spostrzeżenia pozwoliły na sformułowanie zaleceń do projektowania tego typu uchwytów, które bazują na sprawdzonych w trakcie badań rozwiązaniach konstrukcyjnych oraz opisanej wzorem (1) zależności dopuszczalnego obciążenia roboczego uchwytu ( $W_r$ ) od normatywnej siły charakterystycznej zrywającej linę ( $F_m$ ):

$$W_r = n \frac{2 \cdot F_m}{Z_p \cdot g} \cdot k_r \cdot k_z \quad (1)$$

gdzie:

$W_r$  – dopuszczalne obciążenie robocze uchwytu,

$n$  – liczba lin w uchwycie,

$F_m$  – charakterystyczna wartość siły zrywającej linę [2],

$Z_p$  – współczynnik bezpieczeństwa równy 5,

$g$  – przyspieszenie ziemskie 9,81 m/s<sup>2</sup>,

$k_r$  – współczynnik uwzględniający wpływ nierównomierności obciążenia lin w uchwycie, równy 0,8 (dla jednej liny  $k_r = 1$ ),

$k_z$  – współczynnik bezpieczeństwa uwzględniający incydentalne przypadki podnoszenia pod kątem większym niż 45°, równy 0,8.

W tabeli 4. pokazano zalecane wymiary oraz podano dopuszczalne obciążenie robocze uchwytu ( $W_r$ ) na przykładzie uchwytów składających się od 1 do 3 lin o średnicy 15,7 mm w klasie wytrzymałości 1860 MPa.

Do konstruowania uchwytów można stosować liny o innych średnicach i klasach wytrzymałości, obliczając dopuszczalne obciążenie robocze ( $W_r$ ) według podanej powyżej zależności, która pomimo uwzględnie-

Tabela 3. Wyniki badań elementów próbnych przy obciążeniu siłą pod kątem 45°

Nr próby	Konstrukcja uchwytu		Siła niszcząca uchwyt [kN]	Siła niszcząca dla pojedynczej liny [kN] (kol. 4/kol.3)	Średnia siła niszcząca dla pojedynczej liny [kN]	Charakterystyczna wartość siły niszczącej pojedynczą linę ( $p = 0,95$ ) [kN] <sup>1)</sup>
	Kształt	Ilość lin				
1	2	3	4	5	6	7
1	Ramiona równoległe	2	892	446	421	338
2			900	450		
3		3	1190	397		
4			1177	392		
5	Ramiona skośne	2	895	448	428	368
6			848	424		
7		3	432	144 <sup>2)</sup>		
8			1232	411		

<sup>1)</sup> Wartość charakterystyczna jest dolną granicą statystycznego przedziału tolerancji, który na poziomie ufności  $1-\alpha = 0,75$  zawiera co najmniej 95% wartości większych od dolnej granicy

<sup>2)</sup> Stwierdzono uszkodzenia mechaniczne drutów w linach, odrzucono próbę w analizach statystycznych

Tabela 4. Zalecenia dotyczące doboru uchwytów z lin o średnicy 15,7 mm (1860 MPa)

Zalecane wymiary rur stalowych do kształtowania uchwytów:

- uchwyt z jedną liną – rura 20/1,4 mm,
- uchwyt z dwoma linami – rura 38/2,6 mm,
- uchwyt z trzema linami – rura 42,4/2,6 mm,

Rury ze stali o granicy plastyczności min. 235 MPa.

Liczba lin w uchwycie (n)	$F_m$ [kN]	$W_r$ [t]	Zalecana długość kotwienia $L_k$ [mm]
1	27	9	> 300
2		14	> 450
3		21	> 650

nia stosownego współczynnika bezpieczeństwa jest ważna w zakresie kątów podnoszenia od 0° do 45°. Dobór średnicy wewnętrznej rury stalowej powinien zapewniać jej optymalne wypełnienie. W zależności od indywidualnych potrzeb dopuszczalne są zmiany w zakresie wymiarów geometrycznych uchwytów. Inne długości kotwienia należy przyjmować na podstawie indywidualnych analiz, nie zaleca się natomiast zmniejsza-

nia promienia gięcia lin. Przyjęte stałe w zależności określającej dopuszczalne obciążenie robocze uchwytu powinny być stosowane obligatoryjnie.

Niniejsze zalecenia mogą stanowić podstawę do opracowania indywidualnych rozwiązań wytwórcy w zakresie konstruowania uchwytów transportowych dla prefabrykatów betonowych jako alternatywy dla typowych rozwiązań katalogowych lub projektowych.

#### Literatura

- [1] Opinia techniczna odnośnie do uszkodzenia uchwytu transportowego belki strunobetonowej na budowie mostu przez rzekę Mierzawa w miejscowości Mierzawa, IBDiM, Kielce 2015.  
 [2] FprEN 10138-3 Prestressing stels. Part 3: Strand.  
 [3] PN-EN-ISO 15630-3 Stal do zbrojenia i sprężania betonu. Metody Badań. Część 3: Stal do sprężania.  
 [4] Skawiński M., Zając Z., Badania uchwytów prefabrykowanych belek mostowych, „Prace IBDiM” Nr 4/92, Warszawa 1992.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.3585

#### PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Biskup Mirosław, Gałat Andrzej, Matysek Andrzej, 2020. Liny sprężające jako uchwyty transportowe w prefabrykacjach betonowych. „Builder” 09 (278). DOI: 10.5604/01.3001.0014.3585

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono realizację badań wytrzymałościowych nowego rodzaju uchwytów transportowych do prefabrykatów betonowych, które skonstruowano z nieużytecznych odpadów produkcyjnych stalowych lin sprężających. Omówiono uzyskane wyniki badań oraz podano zalecenia dotyczące warunków stosowania uchwytów.

**Słowa kluczowe:** liny sprężające, badania wytrzymałościowe, uchwyty transportowe, prefabrykaty z betonu

#### Abstract: PRESTRESSING STRANDS AS TRANSPORT HANDLES OF PRECAST CONCRETE ELEMENTS

The article presents the course of tensile tests of a new type of transport handles for precast concrete elements, which were made from use of production waste from steel prestressing strands. The test results have been discussed and recommendations regarding the conditions of using such handles have been given.

**Key words:** prestressing strands, tensile tests, transport handles, precast concrete