

dr inż. Aleksy Łodo\*  
mgr inż. Piotr Kozioł\*  
mgr inż. Piotr Organek\*

# Forma do produkcji strunobetonowych słupków sadowniczych

*Form for the production of prestressed concrete posts for orchard plantations*

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono krajowe doświadczenia zdobyte podczas produkcji strunobetonowych słupków sadowniczych na torze naciągowym będącym równocześnie formą samonośną. Stalowa forma samonośna o długości nominalnej 64,0 m i szerokości 3,5 m pozwala na produkcję ponad 500 słupków strunobetonowych dziennie.

**Słowa kluczowe:** strunobetonowe słupki sadownicze, forma samonośna.

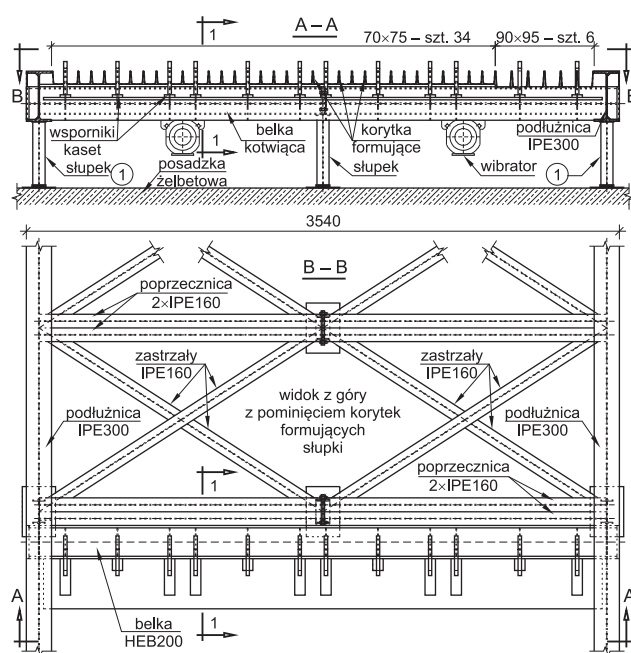
**Abstract.** In the following article, the experience gained in the domestic production line of prestressed concrete posts for orchard plantations are presented. The prestressed concrete posts production runs at the 64 meter long and 3,5 meter width stress bench which is also self-supporting battery mould. The production efficiency is over 500 posts per day.

**Keywords:** prestressed concrete posts for orchard plantations, self-supporting form.

W uprawach karłowatych jabłoni i gruszy niezbędne jest podtrzymanie rosnących w szpalerach drzewek przed niszczącym działaniem wiatru. Konstrukcję podtrzymującą drzewka można wykorzystać do zawieszenia specjalnych siatek chroniących owoce przed gradem, intensywną iluminacją słoneczną i żerującym pająkiem. Konstrukcję nośną systemu ochronnego tworzą rzędy słupków drewnianych, betonowych lub stalowych o wysokości 4 m nad poziomem terenu [1 ÷ 3], ustawionych w rozstawie 6 ÷ 8 m. Obecnie coraz częściej stosowane są w sadach słupki strunobetonowe, charakteryzujące się dużą odpornością na warunki atmosferyczne oraz większą nośnością i mniejszą masą w porównaniu ze słupkami żelbetowymi przy zachowaniu stosunkowo niskich kosztów wyrobu [4].

## Konstrukcja nośna toru naciągowego

W Polsce od kilku lat do budowy konstrukcji podtrzymujących drzewka i siatki przeciwgradowe stosowane są słupki strunobetonowe importowane z Włoch, a od 2012 r. również krajowe o przekrojach trapezowych 70 × 75 mm i 90 × 95 mm. Produkowane są one w Cielądzu na torze naciągowym w postaci samonośnej formy bateryjnej długości 64,0 m i szerokości 3,5 m (rysunek 1). Deklarowana przez producenta siła naciągu strun na torze wynosi  $P_n = 320$  T czyli 3140 kN [5]. Główny układ nośny konstrukcji toru naciągowego i formy bateryjnej stanowią dwie podłużnice IPE300 biegnące po obu stronach toru oraz korytka (rysunek 1). Po stronie biernej toru podłużnice spięte są belką oporową HEB200 + 2 × IPE160 (rysunek 1) o przekroju pokazanym na rysunku 2, której celem jest przekazanie siły  $P_n$  na podłużnice i korytka. Po stronie czynnej toru obciążenie ze strun przekazuje się na podłużnice przez belkę skrzynkową i dwa siłowniki hydrauliczne. W celu zwiększenia sztywności poziomej konstrukcji toru naciągowego, podłużnice połączone co 1,2 m poprzecznkami 2 × IPE160, na których ułożonych



Rys. 1. Konstrukcja nośna toru po stronie biernej

jest 40 korytek z blachy grubości 4 mm. Korytka w części górnej połączone są między sobą i podłużnicami spoinami przerywanymi, natomiast dna sczepiono z poprzecznkami spoinami pachwinowymi. W strefach końcowych toru po stronie biernej i czynnej poprzecznice skratowano dwuteownikami IPE160 (3 pola skrajne – widok B-B na rysunku 1).

Tor ustawiony jest na posadzce żelbetowej za pomocą słupków IPE140 o wysokości 0,475 m w rozstawie 2,40 m. W strefie końcowej toru połączenie słupków z posadzką umożliwia przemieszczenia podłużne toru, a uniemożliwia przemieszczenia pionowe i poziome poprzeczne. Natomiast w strefie środkowej toru słupki połączone są nieprzesuwnie względem posadzki.

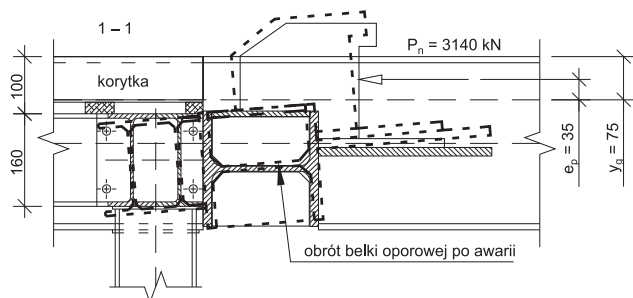
Konstrukcja formy wymusza współpracę korytek z podłużnicami i belkami poprzecznymi przy przenoszeniu siły sprę-

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

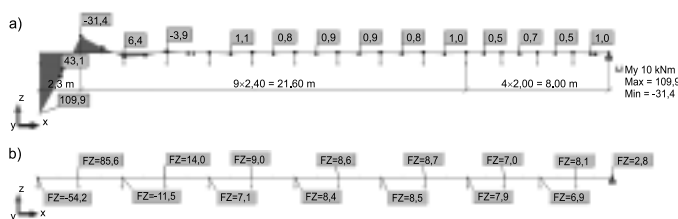
żającej  $P_n$  od naciągu technologicznego strun na mimośrodku  $e_p = 35$  mm względem środka ciężkości  $y_g = 75$  mm przekroju poprzecznego podłużnic ( $2 \times$  IPE300) i 40 korytek. Momenty zginające  $M_p = e_p \cdot P_n = 0,035 \cdot 3140 = 109,9$  kNm (rysunek 2) na końcach toru, będące wynikiem mimośrodkowego przyłożenia siły sprężającej  $P_n = 3140$  kN względem podłużnic i korytek, powodują zginanie podłużnic  $2 \times$  IPE300 i współpracujących z nimi 40 korytek. Szybko się wygaszają (rysunek 3a) wskutek specjalnego połączenia słupków 1 (rysunek 1) z posadzką. Momenty skręcające belkę oporową byłyby znacznie większe w przypadku braku podparcia jej w części górnej przez korytka, co uwidoczniło się podczas awarii (rysunek 2). Obliczenia przedstawione na rysunku 3 wykonano dla następujących danych:

- rozstaw podpór pod podłużnicami jak na rysunku 3a;
- $I_x \cong 2,75 \cdot 10^3$  m<sup>4</sup> – moment bezwładności  $2 \times$  IPE300 i 40 korytek;
- $y_g = 0,075$  m – położenie środka ciężkości podłużnic i korytek.

Z obliczeń wynika, że moment pochodzący od mimośrodkowego przyłożenia siły naciągu strun wygasza się w trzech skrajnych polach (rysunek 3a). Największa wartość reakcji wyrwywającej na podporach skrajnych 1 wynosząca 54,2 kN (rysunek 3b) przekazywana jest na posadzkę zbrojoną. W pierwszych dwóch polach skrajnych po stronie czynnej toru zaprojektowano i wykonano wzmocnione podłużnice (fotografia 1). Po stronie biernej toru nie zastosowano wzmocnienia podłużnic IPE300 (fotografia 2) i prawdopodobnie z tego powodu dostawca toru naciągowego podczas rozruchu technologicznego w 2012 r. obniżył siłę nominalną  $P_n = 3140$  kN do wartości  $P_{m0} = 2260$  kN (o ok. 28%).



Rys. 2. Poprzeczna belka oporowa w strefie kotwienia biernego (linią przerywaną zaznaczono skręcenie belki podczas awarii)



Rys. 3. Schemat belki wieloprzęsłowej do obliczeń nośności toru naciągowego: a) wykres momentów zginających  $M_x$  [kNm]; b) wartości reakcji podporowych  $F_z$  [kN]

### Awaria toru naciągowego

Po roku eksploatacji toru ze zredukowaną siłą naciągu  $P_{m0} = 2260$  kN nastąpiła awaria toru po stronie biernej [5] wskutek ścięcia spoin łączących dna korytek z belką oporową, a po wyłączeniu ze współpracy korytek – skręcenie bel-

ki oporowej (rysunek 2). W efekcie, kasety z zakotwionymi ciągnami uniosły się do góry o ok. 15 mm, uniemożliwiając uzyskanie otuliny ciągn  $c_{min} = 10$  mm (rysunek 2).

Na podstawie analizy przyczyn awarii toru naciągowego [5] stwierdzono, że była ona wynikiem wadliwego zaprojektowania przekroju poprzecznego belki oporowej HEB200 +  $2 \times$  IPE160 (rysunek 2) i połączenia jej spoinami pachwinowymi z dnami korytek. W wyniku wielokrotnego zginania tych spoin nastąpiło zniszczenie połączenia.

Znaczna część siły sprężającej z ciągn przemieściła się przez belkę oporową na zastrzały  $2 \times$  IPE160, które uległy uplastycznieniu. Przeciążona belka oporowa, bez wsparcia w przenoszeniu siły  $P_{m0}$  na korytka i zastrzały, uległa deformacji plastycznej.

Naprawa toru po stronie biernej polegała na odtworzeniu połączeń korytek z belką oporową i wzmocnieniu połączenia belki oporowej z podłużnicami. Nie wzmocniono podłużnic po stronie biernej toru. Nośność użytkowa toru pozostała na poziomie  $P_{m0} = 2260$  kN [5] zatwierdzonym przez producenta toru podczas rozruchu technologicznego.

### Podsumowanie

Produkcja strunobetonowych słupków sadowniczych na samonośnym torze naciągowym w formach bateryjnych pozwala osiągać dużą wydajność i bardzo dobrą jakość produktu, jeśli wszystkie elementy konstrukcyjne toru i technologia produkcji są ze sobą spójne. Wykonując projekt konstrukcji toru naciągowego, należy pamiętać o aspektach projektowych (właściwa nośność elementów konstrukcyjnych dostosowana do profilu produkcji) i technologicznych (realizacja naciągu strun, proces układania i wiązania betonu, wibrowanie, rozformowywanie i cięcie elementów na określone długości), gdyż jakość gotowego wyrobu w dużej mierze zależy od jakości wykonania formy i przemyślanego procesu produkcyjnego.

### Literatura

[1] Wasiaak A.: Siatki przeciwgradowe na drewnie czy betonie? Sad Nowoczesny nr 8/2011, s. 35.  
 [2] Krupa T.: Kilka słów o siatkach i foliach. Sad Nowoczesny nr 9/2012, s. 36 – 39.  
 [3] Werner T.: Słupy ze sprężonego betonu. Sad Nowoczesny nr 8/2011, s. 42 – 43.  
 [4] Martini S.: Technologic line for stressing poles, Contec srl, Brenta – Padua, 2013.  
 [5] Łodo A., Kozioł P., Organek P.: Awaria formy samonośnej do produkcji strunobetonowych słupków sadowniczych w Cielądzu. Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Raport serii U nr 7/2014, Wrocław 2014.



Fot. 1. Strona czynna toru naciągowego z silownikami i wzmocnionymi podłużnicami



Fot. 2. Strefa kotwienia biernego strun z zaparkowanym urządzeniem rozformowującym i tnącym słupki