

dr inż. Aleksy Łodo¹⁾*dr inż. Jarosław Michalek¹⁾mgr inż. Stanisław Wójcik²⁾

Żelbetowe i strunobetonowe słupy trakcji kolejowej

Reinforced concrete and pre-tensioned prestressed concrete columns of railway overhead lines

DOI: 10.15199/33.2015.06.12

(Artykuł przeglądowy)

Streszczenie. W artykule podano ogólną charakterystykę żelbetowych słupów trakcji kolejowej w Polsce. Przedstawiono krajowe strunobetonowe słupy z betonu wirowanego typu ETG i ETGw przeznaczone do budowy konstrukcji wsporczych trakcji kolejowej na żelbetowych fundamentach palowych.

Słowa kluczowe: słupy strunobetonowe, trakcja kolejowa.

Abstract. In the paper general description of reinforced concrete columns of railway overhead lines in Poland was given. Domestic pre-tensioned prestressed spun concrete columns of ETG and ETGw type for supporting structures of railway overhead line on reinforced concrete pile foundations were presented.

Keywords: Pre-tensioned prestressed columns, railway overhead line.

Obecnie w Polsce sieć trakcyjna zawieszona jest na konstrukcjach wsporczych wykonanych z betonu zbrojonego lub ze stali. Z punktu widzenia pełnionych funkcji na szlaku wyróżnia się słupy kotwowe, krzyżowe, przelotowe i kotwienia środkowego. Wśród żelbetowych słupów trakcyjnych są dwuteowe typu STŻ (stosowane od połowy lat sześćdziesiątych XX w. jako słupy przelotowe) i prostokątne ŻK (stosowane od lat siedemdziesiątych XX w. jako słupy przelotowe, krzyżowe i kotwowe z możliwością prowadzenia na nich linii potrzeb nietrakcyjnych). Na linii kolejowej Jelenia Góra – Szklarska Poręba eksploatowane są ponemieckie wirowane słupy żelbetowe z lat trzydziestych XX w., które wykorzystano przy ponownej elektryfikacji tej linii.

Stan techniczny większości konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej jest niezadowalający. Słupy STŻ i ŻK wykazują uszkodzenia na wysokości wskutek zbyt małej otuliny betonowej zbrojenia. Słupy stalowe ulegają korozji najczęściej w miejscu połączenia z fundamentami (wpływ destrukcyjny prądów błądzących i drgań słupów podczas przejazdu pociągów). Konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej w Polsce utwierdzone były w betonowych fundamentach monolitycznych lub prefabrykowanych. Od ok. dwudziestu lat na modernizowanych liniach kolejowych stosowane są żelbetowe fundamenty palowe (po raz pierwszy

w 1996 r. na torze doświadczalnym w Węglewie k. Żmigrodu zamontowano kilkanaście prototypowych strunobetonowych słupów wirowanych typu ETG wykonanych w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej – fotografii 1 i 2 [1]).



Fot. 1. Słupy ETG (VI – VII 1996 r.)

Photo. 1. ETG columns (1996.06. – 1996.07)



Fot. 2. Słupy trakcyjne typu ETG na torze doświadczalnym w Węglewie

Photo. 2. Overhead line columns of ETG type on experimental track in Węglewo

Strunobetonowe słupy trakcyjne z betonu wirowanego

Pierwsze strunobetonowe słupy trakcyjne typu ET-1 i ET-2 (długości 9,5 m) z betonu wirowanego zostały zamontowane w betonowych fundamentach blokowych na szlaku kolejowym Wrocław – Poznań w rejonie stacji Wrocław Osobowice (1995 r.) i na torze doświadczalnym w Węglewie (1996 r.). Na tym torze zamontowano także strunobetonowe słupy trakcyjne typu ETG długości 8,2 m z głowicami stalowymi na włoskich palach fundamentowych oraz na palach słowackich. Po 20 latach eksploatacji słupy ET i ETG nadal mają gładką powierzchnię bez oznak wymywania zaczynu cementowego z betonu [1].

Zamontowane słupy typu ETG nie wykazują uszkodzeń w strefie połączenia zbrojenia z głowicą stalową. W dwóch słupach ETG (kotwowy i krzyżowy) są widoczne ugięcia i rysy prostopadłe o rozwarciu do 0,1 mm w strefie 1,0 ÷ 3,0 m od podstawy (głowicy). Uważamy, że odkształcenia tych słupów wynikają ze zbyt małej odległości między słupem krzyżowym i kotwowym (wystąpił duży kąt odgięcia przewodów nośnych i jezdnych) oraz małego promienia łuku toru, na którym te słupy zamontowano [1].

Pozytywne doświadczenia z eksploatacji strunobetonowych słupów trakcyjnych z betonu wirowanego przyczyniły się do zainteresowania się tym tematem krajowego producenta żerdzi, dla którego w 2009 r. wykonano projekt słupów ETG [2] oraz badania typu [3, 4] zgodnie z wymaganiami normy wyrobu [6]. Słupy trakcyjne ETG i ETGw z betonu wirowanego (tabela)

¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

²⁾ Strunobet – Migacz Sp. z o.o.

^{*} Autor do korespondencji:

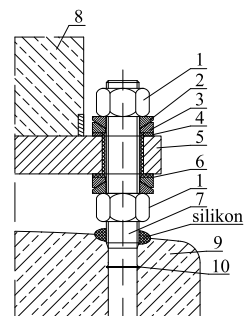
e-mail: aleksy.lodo@pwr.edu.pl

Dane techniczne słupów trakcyjnych typu ETG i ETGw

Technical data of overhead line columns of ETG and ETGw types

Oznaczenie słupa	ETG-1	ETGw-1	ETG-2	ETGw-2	ETG-3	ETGw-3	
Długość L [m]	8,2	9,2	8,2	9,2	8,2	9,2	
Rozmiar głowicy $A_1 \times B_1$ [mm]	440 × 320		505 × 365		555 × 375		
Rozstaw otworów mocujących $A_2 \times B_2$ [mm]	320 × 190		385 × 225		435 × 255		
Wielkość śrub mocujących	M30		M36		M42		
Średnica otworów montażowych [mm]	∅43		∅49		∅55		
Średnica przy wierzchołku d_w [mm]	177	162	233	218	233	218	
Średnica przy podstawie d_p [mm]	300		356		356		
Cięgna sprężające ∅7,5 mm [szt.]	8		12		14		
Zastępcza siła wierzchołkowa	znamionowa P_k [kN]	6,4	5,7	8,0	7,1	12,0	10,6
	niszcząca P_n [kN]	11,6	10,3	14,3	12,7	21,6	19,0
Masa nominalna m [kg]	875	940	1150	1240	1200	1310	

posadawiane są na prefabrykowanych palach żelbetonowych za pomocą głowic stalowych (rysunek i fotografia 3) kompatybilnych z głowicami słupów stalowych. Aktualne rozwiązanie głowicy słupów ETG i ETGw (fotografia 3) zostało zastrzeżone wzorem użytkowym PL [5]. W symbolach handlowych słupów trakcyjnych ETG i ETGw część literowa ETG oznacza typ słupa (Elektroenergetyczny, Trakcyjny z Głowicą stalową), a cyfry po kresce – funkcję słupa (1 – słup przelotowy, 2 – krzyżowy i kotwienia środkowego, 3 – kotwowy). Słup podwyższony o 1,0 m w stosunku do słupa ETG w oznaczeniu ma literę w. Znamionową siłę wierzchołkową P_k określa się jako zastępczą siłę charakterystyczną przyłożoną w odległości 0,2 m od wierzchołka słupa.



Szczegół połączenia głowicy słupa ETG (ETGw) ze śrubą fundamentu palowego: 1 – nakrętka; 2 – podkładka kulista wypukła; 3 – podkładka stożkowa; 4 – podkładka izolacyjna; 5 – głowica stalowa; 6 – tulejka izolacyjna; 7 – śruba fundamentu palowego; 8 – słup wirowany; 9 – pal żelbetonowy; 10 – połączenie zgrzewane śruby ze zbrojeniem

Detail of joint of ETG (ETGw) column head and pile foundation bolt



Fot. 3. Połączenie słupa ETG z fundamentem palowym

Photo. 3. Joint of ETG column and pile foundation

Otwór znajdujący się wewnątrz słupów ETG wykorzystano do przeprowadzenia przewodu uszynienia AFL 95 mm², który w dolnej części połączono z głowicą. Słupy ETG i ETGw wyposażone są w tuleje gwintowane M8 do montażu znaków regulacji osi toru. Trwałość 50-letnia słupów ETG zapewniona jest klasą betonu C40/50 i 25 mm otuliną strun.

Słupy ETG i ETGw zbrojone są podłużnie cięgnami sprężającymi z drutów ∅7,5 mm ze stali Y 1670C. Druty spęcone są na jednym końcu i kotwione w głowicy stalowej. Połączenie części strunobetonowej słupa z głowicą stalową wzmocnione jest stalą zwykłą. Zbrojenie poprzeczne słupów wykonywane jest z drutu gładkiego ∅3,5 mm o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 500$ MPa.

W słupach trakcyjnych typu ETG i ETGw o przewidywanym okresie użytkowania min. 30 lat w środowisku XC4 (korozja wywołana karbonatyzacją) minimalna grubość otuliny strun od zewnątrz powinna wynosić

$c_{min} = 20$ mm, a od wewnątrz kanału podłużnego min. 15 mm [6 – 7]. Wartości te można stosować w prefabrykacjach produkowanych zgodnie z kryteriami podanymi w rozdziale 6 normy [7]. Ze względu na konieczną trwałość słupów trakcyjnych w warunkach zamrażania/rozmarzania (klasa ekspozycji XF1 lub XF2) nasiąkliwość betonu nie powinna przekraczać 5%.

W wirowanych słupach trakcyjnych wykonanych z betonu klasy \geq C40/50 o nasiąkliwości poniżej 5% i 50-letnim okresie

użytkowania, minimalna grubość otuliny zgodnie z warunkami alternatywnymi punktu A.2 normy [7] wynosi:

■ dla stali sprężającej: $c_{min} = 25$ mm (np. otulina nominalna $c_{nom} = 30^{+10}_{-5}$ mm);

■ dla stali zwykłej (w tym spirala): $c_{min} = 15$ mm (np. $c_{nom} = 20^{+10}_{-5}$ mm).

Zmniejszenie grubości minimalnej otuliny strun do $c_{min} = 20$ mm w wirowanych słupach trakcyjnych ETG i ETGw o projektowanym okresie użytkowania 50 lat jest możliwe, jeśli producent uzyska beton wirowany klasy \geq C50/60 o nasiąkliwości poniżej 4% (warunki alternatywne punktu A.2 normy [7]). Osiągnięcie betonu wirowanego o takich cechach jest możliwe, o czym świadczą wyniki badań przeprowadzone przez nas bezpośrednio u wytwórcy żerdzi wirowanych.

Podsumowanie

Strunobetonowe słupy ETG i ETGw charakteryzują się łatwym i szybkim montażem na typowych palach żelbetonowych stosowanych na PKP PLK S.A., długą żywotnością bez konserwacji, opływowym kształtem zmniejszającym hałas wywołany zawirowaniem powietrza podczas przejazdu pociągu, łatwym montażem osprzętu do pomocy obejm oraz możliwością podwieszenia LPN. Liczne zalety słupów typu ETG sprawiły, że są one coraz częściej stosowane w modernizowanych liniach kolejowych (np. linia 61 Kielce – Częstochowa, linia 17 Łódź – Widzew, linia 132 Opole – Groszowice, linia 11 Skierniewice – Sierakowice i linia 406 Szczecin – Skolwin).

Fotografie i rysunek – Autorzy

Literatura

- [1] Kubiak J., Łodo A., Michałek J.: Strunobetonowe słupy trakcyjne z betonu wirowanego, Przegląd Budowlany 5/2010, s. 75 – 82.
- [2] Kubiak J., Łodo A., Michałek J.: Projekt wirowanych słupów trakcyjnych typu ETG o długościach 8,2 i 9,0 m. Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Raport serii U nr 43/2009.
- [3] Kubiak J., Łodo A., Michałek J.: Badania wirowanych słupów trakcyjnych typu ETG. Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Raport serii SPR nr 51/2009.
- [4] Kubiak J., Łodo A., Michałek J., S. Wójcik: Badania wdrożeniowe strunobetonowych słupów wirowanych trakcji kolejowej, Materiały Budowlane 3/2013, s. 19, 20 i 61.
- [5] Wzór użytkowy PL 66304 Y1 Strunobet-Migacz Sp. z o.o.: Słup strunobetonowy trakcji kolejowej, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, 17.02.2011 r.
- [6] PN-EN 12843:2008 Prefabrykaty z betonu. Maszty i słupy.
- [7] PN-EN 13369:2013-09 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.

Otrzymano 14.04.2015 r.