

Nowoczesne rozwiązania w konstrukcji węzłów tramwajowych

Modern solutions in the construction of tram junctions



Małgorzata Urbanek

Mgr inż.

Politechnika Krakowska

m.urbanek@kzn.pl



Tomasz Bis

Mgr inż.

Politechnika Krakowska

t.bis@kzn.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono krótki przegląd rozwiązań w konstrukcji węzłów tramwajowych. Autorzy przedstawiają obecnie stosowane rozwiązania oraz nowe rozwiązania konstrukcyjne. Jako rozwiązanie łączące zarówno innowacje w procesie budowlanym, jak i w konstrukcji węzłów, przedstawiono opis technologii Contrack, polegającej na zastosowaniu prefabrykowanych płyt rozjazdowych w procesie zabudowy węzła tramwajowego.

Słowa kluczowe: Rozjazd tramwajowy; Prefabrykowane płyty rozjazdowe; Nawierzchnia tramwajowa

Abstract: The article provides a brief overview of solutions for the construction of tram junctions. The authors present currently used solutions and new construction solutions. As a solution combining both innovations in the construction process and in the construction of nodes, a description of the Contrack technology was presented, consisting of the use of prefabricated turnout plates in the process of building a tram junction.

Keywords: Tram turnout; Prefabricated turnout plates; Tram track

Wstęp

Kluczową rolę w budowie, modernizacji i utrzymaniu torowisk tramwajowych odgrywają rozjazdy, które na skrzyżowaniach i rondach tworzą skomplikowane układy węzłowe. Konstrukcje rozjazdowe wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo, komfort i samą możliwość prowadzenia płynnego ruchu tramwajowego. Generują też istotne koszty w przypadku napraw, remontów czy wymiany; zarówno finansowe, jak i organizacyjne (w postaci komunikacji zastępczej), a także społeczne (przejawiające się w utrudnieniach w skomunikowaniu danego obszaru miasta). Nabiera to szczególnego znaczenia zwłaszcza przy węzłach rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią, gdyż odbija się to nie tylko na ruchu tramwajowym, ale także autobusowym, samochodowym, rowerowym czy pieszym.

Z uwagi na powyższe, bardzo istotna jest z jednej strony wysoka jakość początkowa, trwałość i niezawodność samych węzłów rozjazdowych, a z drugiej strony możliwie krótki czas ich zabudowy czy wymiany. Stąd biorą się poszukiwania technologii, które odpowiadać będą tym wyzwaniom i ograniczą zarówno wydatki samorządów miejskich, liczone w całym cyklu eksploatacji danego fragmentu sieci tramwajowej, jak i uciążliwość wynikającą z operacji związanych z utrzymaniem, remontem lub wymianą układu torowego.

Przegląd aktualnie stosowanych rozwiązań

Obecnie dostępnych jest kilka technologii wykonywania nawierzchni tramwajowych na węzłach rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią, ścieżką rowerową czy przejściami dla pieszych,

czyli takich, po których równocześnie prowadzone są inne rodzaje ruchu niż tylko tramwajowy.

Rozwiązaniem powszechnie wykorzystywanym w infrastrukturze miejskiej jest stosowanie technologii struktur betonowych integrujących nawierzchnię torową i drogową. Systemy prefabrykowanych płyt betonowych [1,2] są nawierzchnią bezpodsypkową, przeznaczoną do torowisk tramwajowych współdzielonych z jezdnią, czyli tzw. nawierzchnią torowo-drogową, torowisk wydzielonych. Technologia ta została stworzona nie tylko aby usprawnić i przyspieszyć budowę czy modernizację torowiska, ale też by umożliwić łatwy demontaż i ponowny montaż szyn, niezbędny w sytuacji pęknięcia szyny lub jej zużycia eksploatacyjnego. Wskazane systemy jako jedyne rozwiązanie technologiczne wytrzymują częsty, ciężki i intensywny ruch tramwajowy i

autobusowy, jednakże możliwe są do stosowania tylko na prostych, ewentualnie łukowych odcinkach torowisk (tory szlakowe). Ze względu na skomplikowane kształty, w warunkach sieci tramwajowych często odpowiadające tylko danemu układowi drogowemu (czyli rozwiązania jednostkowe, niepowtarzalne), a także konieczność zintegrowania układów napędów zwrotnic, zasilania i sterowania, systemów odwodnienia czy ogrzewania rozjazdów; krajowi producenci płyt torowych nie oferują swoich rozwiązań ani dla pojedynczych zwrotnic tramwajowych, ani dla węzłów rozjazdowych. W miejscu, gdzie występują węzły rozjazdowe, stosowana jest najczęściej technologia montażu rozjazdów poprzez ich zakotwienie i podlewanie specjalnymi masami na wcześniej wykonanych monolitycznie (na miejscu) płytach betonowych. Taki sposób montażu wymaga etapowania prac (podziału węzła rozjazdowego) oraz lania betonu w dwóch poziomach: płyta betonowa dolna i płyta betonowa górna (nawierzchniowa). Po wykonaniu dolnej płyty betonowej następuje montaż na niej rozjazdu wraz z regulacją w planie i profilu poprzez spawanie i kotwienie całego układu torowego. Dopiero po wykonaniu tych prac cały układ jest integrowany z nawierzchnią drogową poprzez wykończenie i wyrównanie poziomów przy wykorzystaniu m.in. asfaltu, kostki brukowej lub betonu. Pełen proces prowadzenia prac budowlanych wraz z opisem wad i zalet konstrukcji w systemie prefabrykowanych płyt tramwajowych i systemie wykonywania płyt w tzw. podlewie ciągłym można znaleźć

w artykule: Torowiska tramwajowe – roboty budowlane inż. Grzegorza Dąbrowskiego z 2017 roku[3].

Montaż rozjazdów zlokalizowanych w miejscach, gdzie odbywa się również ruch kołowy i pieszy, cechuje się dużo większą złożonością niż przy nawierzchni bezpodsypankowej w torach szlakowych. Obecnie stosowana metoda montażu niesie za sobą kilka niedogodności:

1. czas wymiany węzłów rozjazdowych – pełna sprawność uzyskiwana jest dopiero po 28 dniach od wylania każdego etapu betonowania (konieczność stężenia i dojrzewania mieszanki);
2. montaż węzła rozjazdowego następuje w różnych warunkach pogodowych i temperaturowych, co ma niebagatelny wpływ na naprężenia i stan całego układu stalowego rozjazdu oraz betonowej podbudowy i obudowy tej konstrukcji,
3. degradacja nawierzchni drogowej w obrębie rozjazdów, która następuje po kilku latach użytkowania ze względu na słabości dotychczas stosowanej technologii w stosunku do ruchu ciężkich autobusów współużytkujących pas drogowy,
4. uniemożliwienie lub znaczące utrudnienie dalszego napawania elementów stalowych w przypadku degradacji (zużycia) rozjazdu,
5. wymiana konstrukcji rozjazdowej wymaga usunięcia wierzchniej warstwy betonu (a często także płyty dolnej) i wykonanie od podstaw czasochłonnnych kotwień i podlewów, co ma olbrzymie znaczenie, ponieważ

zużycie nawierzchni szynowej następuje zwykle dużo szybciej niż nawierzchni betonowej. Oznacza to, że wymiana rozjazdu wymaga usunięcia niekiedy dobrych i zdanych do użytku nawierzchni betonowych (trwałość odpowiednio zmontowanej i utrzymywanej nawierzchni szynowej w rozjazdach to 10-15 lat; trwałość nawierzchni betonowej to 25-30 lat).

Innowacyjne rozwiązania dla węzłów tramwajowych

Poszukiwanie rozwiązań dla szybkiej, sprawnej i cechującej się wysoką jakością początkową zabudowy węzłów rozjazdowych spowodowało powstanie innowacyjnych technologii w postaci prefabrykowanych płyt rozjazdowych. Zastosowanie technologii prefabrykowanych płyt torowych na szlaku nasuwa potrzebę kontynuacji tego rozwiązania również na węzle rozjazdowym w celu uzyskania trwałego i wykonanego w jednolitym standardzie torowiska.

Jedno z pierwszych zastosowań płyt prefabrykowanych dla rozjazdów tramwajowych miało miejsce w 2008 roku we Frankfurcie. Zastosowano wówczas technologię łączącą betonowe płyty prefabrykowane, w których osadzona została konstrukcja rozjazdu zamocowana ostatecznie w technologii ciągłego podparcia szyny. Warstwę górną, integrującą drogę szynową z kołową, stanowiła nawierzchnia asfaltowa [4]

Również w ramach prac prowadzonych przez zespół składający się



1. Montaż i zabudowa rozjazdu w płycie prefabrykowanej – Frankfurt 2008 [4]

między innymi z producentów części stalowej rozjazdów, zrealizowano za budowę rozjazdu w płycie prefabrykowanej zlokalizowanego przy Rue Baeck w Brukseli [5].

Rozwiązania te nie znalazły powszechnego zastosowania. Powodu takiej sytuacji należy upatrywać w tym, że rozjazdy tramwajowe charakteryzują się, w przeciwieństwie do rozwiązań np. kolejowych, dużą zmiennością geometrii. Każdy z nich jest wyrobem indywidualnym. Drugą barierą był fakt, że rozwiązania stanowiły efekt współpracy producenta płyt betonowych oraz producenta rozjazdów – brakowało więc skutecznego integratora technologii, godzącego często nieprzystające wprost do siebie wymogi produkcji części betonowej oraz stalowej. Jasnym jest bowiem, że aby możliwa była produkcja tego typu rozjazdów na zasadach prefabrykacji, należy opracować swoisty mix technologiczny, łączący ze sobą prefabrykację płyty betonowej, produkcję części stalowej rozjazdu, integrację napędu i sterowania zwrotnicą oraz sposób ich montażu w zakładzie producenta (zalewanie żywicami). Dodatkowo, ze względu na gabaryty (rozjazd podzielony na minimum 3 bloki o maksymalnych wymiarach każdej płyty betonowej 2,2-3,4 x 3/4/6 m i masie nie przekraczającej 25 ton, ważne jest opracowanie technologii dostawy oraz zabudowy takiego rozjazdu.

Rozwiązanie ukierunkowane na innowacje w konstrukcji i w procesie budowlanym

Dotychczasowe metody zabudowy węzłów tramwajowych powodowały długotrwałe utrudnienia w ruchu. Najbardziej czasochłonnym elementem tego procesu jest wiązanie warstw betonu, które w sprzyjających warunkach trwa do 28 dni. Do tego należy także doliczyć tzw. okna pogodowe. Przez cały ten czas w obszarze budowy musi zostać wstrzymany ruch, a zarządcy zmuszeni są do organizacji komunikacji zastępczej. Generuje to wysokie koszty – także społeczne. Objazdy, zwężenia ulic, prowadzenie ru-



2. Montaż i zabudowa rozjazdu w płycie prefabrykowanej – Bruksela [5]

chu wahadłowego i inne utrudnienia, a przede wszystkim czas bezpowrotne tam tracony, dotyczą wszystkich użytkowników infrastruktury miejskiej - zarówno mieszkańców, jak i gości, ale też podmioty gospodarcze

Główne kategorie oddziaływań społecznych inwestycji infrastruktury transportowej (ze szczególnym uwzględnieniem torowisk tramwajowych) zostały szczegółowo opisane w Niebieskiej Księdze dla Sektora Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach [6]. Jak wskazuje CUPT [7], Niebieskie Księgi (JASPERS) [8] są głównym źródłem metodologii szczegółowych analiz kosztów i korzyści w sektorze transportu. Oszczędności czasu trwania prac przy zastosowaniu technologii, która skupia się nie tylko na innowacji wyrobu, ale również na jego logistyce, zabudowie i utrzymaniu, pojawiają się nie tylko w trakcie kompleksowej przebudowy węzłów, ale również podczas każdego remontu rozjazdu.

Zastosowanie odpowiedniej technologii na etapie przebudowy lub remontu powinno znaleźć również odzwierciedlenie w oszczędnościach w całym okresie technicznej eksploatacji inwestycji w infrastrukturę szynową. Nawierzchnia przebudowywana lub poddana remontowi z wykorzystaniem innowacyjnych technologii, powinna odpowiadać podstawowym potrzebom zarządców sieci tramwajowych, czyli w porównaniu ze „starymi” technologiami winna być mniej podatna na zużycie, bardziej niezawodna i wymagająca mniej operacji utrzymaniowo-remontowych, ekonomiczniejsza pod kątem LCC (Life Cycle Cost) i zliczenia wszystkich kosztów pośrednich, a w końcu bardziej trwała.

W odpowiedzi na stawiane powyżej wymagania zespół badawczo-rozwo-

jowy przy Grupie KZN Biezanów (skupiający ekspertów materiałowych w zakresie betonu i stali, produkcyjnych z zakresu wykonywania płyt betonowych i konstrukcji rozjazdowych, specjalistów z zakresu logistyki i doświadczonych inżynierów budownictwa szynowego) podjął wyzwanie opracowania technologii obejmującej proces projektowania, logistyki, zabudowy prefabrykatu rozjazdu tramwajowego, a także jego bezpiecznej wymiany. Konieczne stało się znalezienie rozwiązania, które pozwoli przyspieszyć zabudowę węzłów tramwajowych, jednocześnie znacznie ograniczając ilość operacji budowlanych i samej pracy ludzkiej wykonywanej na placu budowy i redukując wpływ czynników zewnętrznych na ostateczną jakość wykonania (np. warunki atmosferyczne wpływające na proces wiązania mieszanki betonowej).

Wypracowana technologia prefabrykowanych rozjazdów tramwajowych (nazwa handlowa CONTRACK) pozwala na:

- skrócenie czasu wymiany węzłów rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią (brak konieczności uzyskania parametrów wytrzymałościowych jak w przypadku wykonania podbudowy i nawierzchni z betonu, brak konieczności kotwienia i kilkukrotnych mobilizacji związanych z wykonaniem poliuretanowej strefy okołoszynowej),
- brak konieczności demontażu sieci trakcyjnej (wymagane jedynie wyłączenie napięcia elektrycznego),
- zwiększenie zakresu stosowania prefabrykacji w torowiskach tramwajowych o węzły rozjazdowe – obecnie coraz popularniej stosowana technologia płyt prefabrykowanych – występuje wyłącznie



3. Prototypowa zabudowa rozjazdu w płytach prefabrykowanych w Bytomiu

na torach szlakowych, a w miejscu, gdzie występują węzły rozjazdowe, w dalszym ciągu stosuje się technologię podlewu ciągłego i betonu wylewanego na mokro, co jest czasochłonne,

- znaczne wydłużenie żywotności nawierzchni drogowej w obrębie węzłów rozjazdowych,
- umożliwienie szybkiej wymiany elementów rozjazdów w przypadku ich zużycia uniemożliwiającego dalsze napawanie elementów stalowych, bez konieczności ingerencji w płyty (wycięcie elementów rozjazdów wraz z masą zalewową i zabudowa w ich miejsce nowych). Czas wymiany tych elementów jest bardzo krótki i może być prowadzony w systemie weekendowym,
- Zachowanie ciągłości stosowanych technologii w przypadku zabudowy płyt prefabrykowanych na prostych odcinkach przyległych – zastosowanie płyt prefabrykowanych na całej długości odcinka, wraz z rozjazdami, zapewnia zachowanie tych samych parametrów w zakresie sztywności i trwałości nawierzchni,

Wypracowana w tym zespole technologia Contrack umożliwia integrację stalowej konstrukcji rozjazdu z dedykowanymi doń prefabrykowanymi płytami betonowymi przy użyciu materiału poliuretanowego do ciągłego, sprężystego mocowania szyn, w ściśle kontrolowanych warunkach warszta-

towych. W prefabrykacjach osadzone są także napędy zwrotnicowe i prowadzone są kanały kablowe umożliwiające ich zasilanie i sterowanie. Prefabrykowane płyty Contrack posiadają również zabudowane skrzynki odwodnieniowe, zintegrowane z kanałami odprowadzającymi wodę opadową, jak również umiejscowienie i podłączenie systemów elektrycznego sterowania i ogrzewania zwrotnic. Konstrukcja umożliwia ponadto prowadzenie rewizji stanu prefabrykatu jak i wszystkich ww. elementów (oraz ich naprawy czy wymiany) w całym cyklu użytkowania, bez naruszania struktury żelbetowej płyty.

Ważnym aspektem jest również szybkie i sprawne wprowadzenie innowacji na sieć tramwajową. Zabudowa prototypowego rozwiązania miała miejsce w maju 2023 r. w Bytomiu na skrzyżowaniu ulic Powstańców Śląskich i Piekarskiej (sieć zarządzana przez Tramwaje Śląskie), co umożliwiło zdobycie niezbędnych doświadczeń i wprowadzenie korekt do procesów towarzyszących: logistyka, zabudowa i późniejsze utrzymanie.

Podsumowanie

Ważnym aspektem zarówno w projektowaniu nowych linii tramwajowych, jak i w modernizacji już istniejących, jest stosowanie rozwiązań innowacyjnych, zyskujących przewagę poprzez swoją kompleksowość. Pomijanie kosztów organizacyjnych i społecznych czy też brak liczenia kosztów w całym

cyklu eksploatacji danego elementu infrastruktury w przygotowywaniu inwestycji może spowodować, że wybierane będą rozwiązania generujące utrudnienia i kosztochłonne, a bardzo dobre produkty pozostaną niedostępne dla użytkowników infrastruktury miejskiej. Sprawne wdrożenie ówczesnych rozwiązań w konstrukcji węzłów rozjazdowych opartych na ich pełnej prefabrykacji to szansa na wymierne oszczędności uzyskiwanych w ramach realizacji inwestycji w infrastrukturę tramwajową polskich miast. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Prefa – <https://prefa.pl/oferta/torowiska-tramwajowe/bg-system-blokowo-gumowy/>
- [2] Tines- <https://tinesrail.com/produkty-i-systemy/prefabrykaty/>
- [3] Dąbrowski G., (2017), Torowiska tramwajowe - roboty budowlane, Inżynier http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_technologie,artykul,torowiska_tramwajowe__roboty_budowlane__pelna_wersja_artykulu_,10247
- [4] Katalog HUMES- Light rail solutions © March 2014 Holcim (Australia) Pty Ltd ABN 87 099 732 297.
- [5] Van Leuven, A., (2007), New concepts for turnouts in urban rail transit infrastructures. Project funded by the European Community. https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20120321_104058_30614_PUBLISHABLE%20FINAL%20ACTIVITY%20REPORT.pdf
- [6] Niebieska Księga. Nowa Edycja. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, JASPERS, sierpień 2015
- [7] Centrum Unijnych Projektów Transportowych, <https://www.cupt.gov.pl> – metodologie szczegółowe.
- [8] Niebieska Księga. Nowa Edycja. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, JASPERS, sierpień 2015