

Podtorza wrocławskich torów tramwajowych

Subgrades of Wrocław tram tracks



Jacek Makuch

dr inż.

Politechnika Wroclawska, Wydział
Budownictwa Lądowego i
Wodnego; Katedra Mostów i Kolei

jacek.makuch@pwr.edu.pl

Streszczenie: W artykule określono przyczyny dużej różnorodności stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych podtorzy torów tramwajowych. Zaproponowano definicję pojęcia podtorza toru tramwajowego. Przeanalizowano obowiązujące wymogi dotyczące projektowania podtorzy torów tramwajowych wynikające z przepisów i normatywów. Dokonano przeglądu i porównania rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w przypadku podtorzy nowobudowanych lub modernizowanych torów tramwajowych we Wrocławiu na przestrzeni ostatnich 25 lat. W podsumowaniu przedstawiono pozytywne i negatywne dokonujących się przemian oraz wykazano potrzebę nowelizacji przepisów.

Słowa kluczowe: Tor tramwajowy; Podtorze

Abstract: In article the reasons of large diversification in tram track subgrade constructional solutions in use were determined. The definition of tram track subgrade was proposed. Obligatory rules of tram track subgrade design were analysed. Review and comparison of tram track subgrade constructional solutions used in Wrocław during last 25 years were made. In summary positives and negatives of taking place transformations were presented and the necessity of obligatory rules revision was demonstrated.

Keywords: Tram track; Subgrade

W przypadku infrastruktury linii kolei klasycznej zagadnienia projektowania, budowy i utrzymania podtorza są w naszym kraju dobrze rozpoznane. Zapisy dotyczące podtorza pojawiają się w rozporządzeniach „kolejowych” [1], ponadto PKP posiada własne wielostronicowe instrukcje (kiedyś D-4, obecnie Id-3) poświęcone wyłącznie zagadnieniom podtorza. W przypadku infrastruktury tras tramwajowych sytuacja jest diametralnie odmienna. Wytyczne „tramwajowe” [2] i tramwajowa norma „odbiorowa” [3] zawierają jedynie krótkie zapisy dotyczące nasypów, przekopów, drenaży i warstw filtracyjnych. W efekcie polskie miasta posiadające sieci tramwajowe wypracowały własne, niekiedy odmienne, udoskonalone i sprawdzone przez siebie rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne w tym zakresie.

Inną przyczyną dużego stopnia zróżnicowania podtorzy torów tramwajowych jest to, że o ile na kolei przeważa-

nie stosuje się tory klasyczne (szyny na poprzecznych podkładach i podsypce) będące rozwiązaniami w znacznym stopniu zunifikowanymi, to w tramwajach dużą popularność zdobyły rozwiązania bezpodsypkowe, z całą gamą różnorodnych konstrukcji oferowanych przez szereg firm. Nie bez znaczenia jest również fakt, iż tory tramwajowe występują często jako wbudowane w jezdnię, a przez to posiadają konstrukcję bardziej zbliżoną do rozwiązań stosowanych w drogach kołowych, a nie w kolejach.

Kolejnym powodem różnic występujących w rozwiązaniach podtorzy torów tramwajowych są szeroko pojęte zmiany jakie dokonały się na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat:

- w poprzednim systemie gospodarczym stosowano niekiedy rozwiązania charakteryzujące się niskim poziomem trwałości i niezawodności, co leżało w interesie firm wykonujących roboty budowlane, gdyż

dzięki temu udawało się im utrzymać niezmiennie wysoki poziom popytu na oferowane przez siebie usługi - obecnie dzięki wymogom udzielania gwarancji praktyki nie są już spotykane,

- wzrost świadomości ekologicznej - powszechnie już przy okazji inwestycji takich jak budowa lub modernizacja tras transportowych dąży się do ograniczania drgań i hałasu generowanych do otoczenia przez pojazdy.

Nie można również nie wspomnieć o zjawisku jakim okazał się renesans komunikacji tramwajowej na świecie, w efekcie czego do naszego kraju zawitały nowoczesne rozwiązania, stosowane jak dotąd tylko za granicą.

Wymienione powyżej przyczyny spowodowały, że konstrukcje podtorzy tramwajowych na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat podlegały nieustannym modyfikacjom.

Definicja pojęcia „podtorze toru tramwajowego”

Wspomniany w poprzednim rozdziale artykułu niedostatek uregulowań w formie przepisów jak również wykazana różnorodność stosowanych rozwiązań skutkują brakiem definicji pojęcia jakim jest „podtorze toru tramwajowego”.

W niniejszym artykule przyjęto, że terminem tym określać się będzie warstwa konstrukcyjne i elementy znajdujące się poniżej nawierzchni toru, czyli:

- pod warstwą podsypki otaczającej podkłady - w przypadku torów klasycznych,
- pod warstwą podbudowy betonowej - w przypadku torów bezpodsypkowych.

Wytyczne projektowania i budowy

W wytycznych „tramwajowych” [2] w rozdziale 4.2 części drugiej (poświęconej projektowaniu torów) zaleca się w przypadku nieprzepuszczalnego podłoża (o współczynniku filtracji mniejszym niż 10 m/dobę) projektowanie warstwy filtracyjnej z piasku o grubości co najmniej 10 cm, w pochyleniu poprzecznym od 2% do 3% oraz drenaży podłączonych do sieci kanalizacyjnej albo jeśli tory przebiegają przez tereny pozbawione kanalizacji - do rowów odwadniających i studni chłonnych. W rozdziałach 2.4 i 2.5 części trzeciej (poświęconej budowie torów) podane są tolerancje geometryczne wykonania koryta torowiska, warstwy filtracyjnej i drenaży, określony jest wskaźnik zagęszczenia podłoża (gruntu na dnie koryta) - co najmniej 0,95 zagęszczenia maksymalnego, natomiast w kwestii budowy nasypów i przekopów podane jest odwołanie do wycofanej już normy PN-68/B-06050 (Roboty ziemne budowlane. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze).

W tramwajowej normie „odbiorowej” [3] znajdują się podobne sformułowania, momentami bardziej doprecyzowane:

- w przypadku warstwy filtracyjnej mowa jest o piasku gruboziarnistym wg norm PN-B-11112:1996 (Kruszywa mineralne. Kruszywa ła-

mane do nawierzchni drogowych) albo PN-B-11113:1996 (Kruszywa mineralne. Kruszywa naturalne do nawierzchni drogowych. Piasek) - obecnie wycofanych i zastąpionych przez PN-EN 13043:2004 (Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu),

- w przypadku wskaźnika zagęszczenia - ma być on określony metodą normalną według normy PN-B-04481:1988 (Grunty budowlane. Badania próbek gruntu) - obecnie wycofanej.

„Opcja zero” - czyli nawierzchnia na podłożu

Najtańszym, ale i najmniej trwałym sposobem budowy i modernizacji torów tramwajowych jest zastosowanie nawierzchni bezpośrednio na podłożu, czyli układanie podsypki (w torach klasycznych) albo podbudowy betonowej (w torach bezpodsypkowych) na dnie wykorytowanego wykopu. Z wiadomych przyczyn rozwiązanie takie było popularne w „czasach pionierskich” - tuż po drugiej wojnie światowej, kiedy to budowano przedłużenia istniejących tras tramwajowych: do Pafawagu (1948), Leśnicy (1949), Oporowa, Kleciny i Parku Pd. (1950).

Niestety po rozwiązaniu takie sięgano także znacznie później, nawet po okresie transformacji ustrojowej, przykładowo:

- remont toru między pętlami „Grabiszyńska-cmentarz” a „Oporów” (1995),
- remont przejazdu drogowego przez tory na pl. Orłąt Lwowskich (1995).

„Tylko piasek” - czyli podtorze jednowarstwowe bez odwodnienia

Po nieco chaotycznym okresie „pionierskim” nastąpił czas stabilizacji, okres „budowania gospodarki socjalistycznej” sięgający lat 70-tych poprzedniego stulecia. Niemalże wszystkie projekty budowy i modernizacji torów tram-

wajowych we Wrocławiu u schyłku tego okresu opracowywało niejako „z urzędu” jedno z wrocławskich biur projektów - Biproskim. W projektach tych, zarówno pod podsypką (w torach klasycznych) jak i pod podbudową betonową (w torach bezpodsypkowych) pojawiała się jedynie warstwa piasku o grubości 10 cm ułożona poziomo, na dnie wykorytowanego wykopu, bez spadków poprzecznych i jakichkolwiek elementów odwodnienia. W opisach technicznych (niemalże jak mantra) powtarzany był zapis: „ponieważ podłoże pod torowiskiem jest gruntem przepuszczalnym, nie przewiduje się drenażu” [4]. Przykładowe realizacje według tego rozwiązania to:

- Al. Hallera od ul. Powstańców Śl. do ul. Beyzyma (1993),
- ul. Bałtycka (1993),
- ul. Piłsudskiego od pl. Legionów do ul. Świdnickiej (1994),
- pętla Leśnica (1996).

W kilku innych projektach doprecyzowano, iż warstwą w podtorzu ma być piasek gruboziarnisty:

- ul. Legnicka / ul. Niedźwiedzia (1994),
- ul. Jagiełły / ul. Dmowskiego (1995),
- Al. Hallera od ul. Beyzyma do ul. Grabiszyńskiej (1997-98), (fot. 1).

W projekcie modernizacji torów w ul. Powstańców Śl. od ul. Świdnickiej do hotelu Wrocław (1996) zrealizowanym przez inne biuro projektów pojawia się termin ubity piasek.

Schyłek ery opisywanego rozwiązania, to realizacje:

- ul. Kwidzyńska - tory zabudowane na przejazdach poprzecznych (1999-2000),
- ul. Skargi (2001),
- ul. Sienkiewicza i Grunwaldzka (2006-08),

w przypadku których zwiększono grubość warstwy do 15 cm oraz zastosowano piasek stabilizowany cementem o R28 wynoszącym od 1,5 do 2,5 MPa - w pierwszym przypadku, a 1,5 MPa - w dwóch ostatnich.

Jako swego rodzaju nawiązanie do opisywanego rozwiązania można potraktować konstrukcje zastosowane całkiem niedawno:



1. Rozwiązanie typu „tylko piasek”, pod klasyczne tory niezabudowane (Al. Hallera, 1997)

- w 2014 na ul. Krupniczej, gdzie pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano kruszywo naturalne stabilizowane cementem o $R_m = 2,5$ MPa o grubości 30 cm,
- w 2016 roku na przebudowywanym skrzyżowaniu ul. Dyrekcyjnej i Borowskiej, gdzie pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano kruszywo stabilizowane cementem o $R_m = 2,5$ MPa o grubości 25 cm (w węźle rozjazdowym) albo dwa razy po 15 cm (w ul. Dyrekcyjnej).

„Kanapka” - czyli więcej niż jedna warstwa, na razie nadal bez odwodnienia

W 1995 roku podczas przebudowy ul. Ruskiej i Mikołaja, pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano podtorze składające się z kilku warstw:

- tłucznia 31,5/63 o grubości 15 cm,
- piasku (warstwy odcinającej) - dwa razy po 15 cm,
- stabilizacji istniejącego podłoża na głębokość 15 cm.

Co prawda w projekcie pojawiła się adnotacja, że ostatnie 30 cm konstrukcji od spodu należy zastosować jedynie w przypadku złych warunków gruntowych, w rzeczywistości jednak rozwiązaniem tym objęto całość modernizowanych torów. Wymienione warstwy ułożono w pochyleniu poprzecznym 2,75 %, jednakże bez zapewnienia od-

bioru wody z najniższego punktu.

W 1997 roku podczas przebudowy ul. Świdnickiej na odcinku od ul. Piłsudskiego do ul. Podwale pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano poziomo:

- kruszywo łamane o grubości 30 cm,
- piasek (warstwa odsączająca) o grubości 20 cm.

W latach 1998-99 podczas przebudowy ul. Piłsudskiego (od ul. Świdnickiej) i ul. Małachowskiego pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano poziomo:

- pospółkę o grubości 10 cm,
- tłuczeń kamienny 32/65 o grubości 20 cm,
- piasek średnioziarnisty o grubości 15 cm.

W 1999 roku podczas przebudowy ul. Nowy Świat pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano:

- warstwę odsączającą z pospółki o grubości 15 cm,
- warstwę wzmacniającą z gruntu niewysadzinowego o grubości 35 cm.

Podobnie jak w przypadku ul. Ruskiej i Mikołaja powyższe warstwy wykonano ze spadkiem poprzecznym (tu akurat 2 %), ale bez zapewnienia odbioru wody z najniższych punktów.

Niemalże analogiczne rozwiązanie powtórzono w latach 2002-03 podczas przebudowy ul. Wyszyńskiego, z tą tylko różnicą, że grubość warstwy gruntu niewysadzinowego zmniejszono do 25 cm.

Wracając do roku 1999 - podczas

przebudowy ul. Kołłątaja na długości odcinka o dobrych warunkach gruntowych, pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano poziomo:

- kliniec o grubości 20 cm,
- pospółkę o grubości 15 cm.

W latach 1999-2000 podczas modernizacji pętli Kowale pod podsypką tłuczniovą torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano poziomo:

- kliniec 5/25 kl.II gat.1 o grubości tylko 5 cm (warstwa klinująca),
- piasek gruboziarnisty o grubości 20 cm.

„Kanapka” jak poprzednio, ale z odwodnieniem

W latach 1994 - 95 podczas przebudowy ul. Grabiszyńskiej na odcinku od pl. Srebrnego do Straży Pożarnej pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano podtorze z drenażem, składające się z warstw:

- pospółki o grubości 10 cm,
- tłucznia 32/65 o grubości 20 cm,
- piasku średnioziarnistego o grubości od 15 cm, z pochyleniem dna 4 % do osi międzytorza, gdzie umieszczono dren o średnicy 100 mm, w zasypce z tłucznia 32/65.

Podobne rozwiązanie zastosowano w 1998 roku podczas modernizacji linii tramwajowej wzdłuż ul. Lotniczej pomiędzy domem handlowym „Astra” a ul. Metalowców (fot.2).

W latach 2010 - 12 podczas budowy odcinków linii „tramwaju plus” na Kozanów i do stadionu EURO 2012 pod podbudową torów tramwajowych w postaci rusztu z betonu zbrojonego zastosowano:

- kliniec 4/31,5 z cementem (warstwa stabilizująca) o grubości tylko 6 cm,
- kliniec 4/31,5 o grubości od 17,5 do 32,5 cm, z pochyleniem dna 4 % albo 5,3 % do osi międzytorza, gdzie umieszczono dren w postaci rury perforowanej o średnicy 100 mm, w zasypce żwirowej, a pod nim:

- o piasek o grubości 5 cm - w przypadku podłoża nie wymagającego



2. Rozwiązanie typu „kanapka” z odwodnieniem, pod klasyczne tory niezabudowane (ul. Lotnicza, 1998)

wzmocnienia,

- o stabilizację chemiczną podłoża na głębokość 15 albo 30 cm - w miejscach niewystarczającej nośności podłoża.

W projekcie realizacyjnym podano, że według deklaracji wykonawcy uzyskane zostaną następujące wartości wtórnego modułu odkształcenia:

- 180 MPa - na warstwie klinca,
- 120 MPa - na warstwie piasku albo stabilizowanego podłoża.

„Kanapka” z geosyntetykiem, z odwodnieniem lub bez

W 1996 roku podczas przebudowy ul. Powstańców Śl. od hotelu Wrocław do Al. Hallera pod podsypką tłuczniową torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano:

- warstwę żwiru o grubości od 25 cm, z pochyleniem dna 4 % do osi międzytorza, gdzie umieszczono



3. Rozwiązanie typu „kanapka” z geosyntetykiem bez odwodnienia, pod tory zabudowane (ul. Kołłątaja, 1999)

- dren o średnicy 150 mm, w zasypce żwirowej,
- geowłókninę,
- stabilizację istniejącego podłoża starym tłuczniem na głębokość 20 cm.

Trzy lata później, w 1999 roku podczas przebudowy dwutorowej linii tramwajowej o klasycznej konstrukcji w ul. Różyckiego i Paderewskiego, na dnie wykorytowanego wykopu również umieszczono geowłókninę, nad nią zaś tylko warstwę piasku o grubości 10 cm, co stanowiło swoisty powrót do jednego z wcześniej opisanych rozwiązań („tylko piasek”). Wzdłuż ul. Różyckiego dno wykopu wykonano nietypowo - w jednostronnym spadku do drenu umieszczonego niesymetrycznie po północnej stronie torowiska, natomiast wzdłuż ul. Paderewskiego typowo - w dwustronnych spadkach do drenu w osi międzytorza.

Również w roku 1999, podczas opisywanej dwa rozdziały wcześniej przebudowy ul. Kołłątaja (fot.3), ale tym razem na długości odcinka o złych warunkach gruntowych, pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano poziomo:

- kliniec o grubości 20 cm, o wtórnym module odkształcenia E2 (mierzonym na jego powierzchni) wynoszącym 120 MPa,
- pospółkę o grubości 15 cm,
- geowłókninę otuloną od góry i dołu warstwami piasku o grubości 5 cm.

Dodatkowo, w miejscach najgorszych warunków gruntowych (wymagających wymiany piasków gliniastych w stanie plastycznym), pod geowłókniną zastosowano:

- piasek różnoziarnisty o grubości 15 cm,
- stabilizację wapnem podłoża do głębokości 20 cm.

Po bardzo podobne rozwiązanie sięgnięto w 2005 roku podczas modernizacji ul. Sienkiewicza na odcinku od ul. Ukrytej do ul. Suchardy również z tramwajowymi torami zabudowanymi. Różnice polegały na tym, że warstwa klinca miała nieco mniejszą grubość wynoszącą 15 cm, zamiast geowłókniny zastosowano geotkaninę, natomiast

w miejscach najgorszych warunków gruntowych (namuły gliniaste w stanie plastycznym) przewidziano dodatkowo na samym spodzie warstwę wzmacniającą z gruntu niewysadzinowego CBR > 20 % o grubości 30 cm.

Z kolei w latach 2006-07 podczas przebudowy pl. Powstańców Wlkp., w torach zabudowanych zastosowano kolejną modyfikację opisywanego rozwiązania - powrócono do większej grubości warstwy kłińca wynoszącej 20 cm, za to zrezygnowano zupełnie z warstwy pospółki i dodatkowego wzmacniania w miejscach najgorszych warunków gruntowych - gdyż takie nie występowały.

W latach 1999-2000 podczas modernizacji linii tramwajowej wzdłuż ul. Toruńskiej i Kwidzyńskiej (fot.4) pod podsypką tłuczniovą torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano:

- warstwę kłińca 5/25 kl.II gat.1 o grubości tylko 5 cm (warstwa klinująca),
- warstwę piasku gruboziarnistego o grubości od 10 cm, z pochyleniem dna 4 % do osi międzytorza (niesymetrycznie - ze względu na fundamenty słupów trakcyjnych), gdzie umieszczono dren w zasypce piaskowej,
- geowłókninę o włóknach ciągłych i wytrzymałości na rozciąganie $\geq 9,5$ kN/m.

W 2000 roku podczas przebudowy ul. Grabiszyńskiej przy pl. Pereca, pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano:

- kliniec o grubości 20 cm,
- pospółkę o grubości od 20 cm, z pochyleniem dna 4 % do osi międzytorza, gdzie umieszczono dren o średnicy 100 mm w zasypce filtracyjnej,
- geowłókninę otuloną od góry i dołu warstwami piasku o grubości 5 cm.

Konstrukcja ta była modyfikacją opisanego już rozwiązania (Kołtąta - dla złych warunków gruntowych) polegającą na zastosowaniu spadków dna koryta i dodaniu drenażu.

W 2003 roku podczas przebudowy dwutorowej linii tramwajowej w ul. Oławskiej od pl. Dominikańskiego do



4. Rozwiązanie typu „kanapka” z geosyntetykiem i odwodnieniem, pod klasyczne tory niezabudowane (ul. Kwidzyńska 2000)

ul. Krasieńskiego pod podsypką tłuczniovą torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano:

- kliniec 4/31,5 o grubości 20 cm,
- pospółkę o grubości od 15 cm, z pochyleniem dna 4 % na zewnątrz torów, gdzie umieszczono drenaż o średnicy 100 mm z polietylenu twardego, w zasypce z kłińca, na podsypce piaskowej zagęszczonej o grubości 5 cm,
- geowłókninę polimerową igłowaną o wytrzymałości na rozciąganie > 46 kN/m.

W 2004 roku podczas modernizacji linii tramwajowej w ul. Osobowickiej na odcinku przebiegającym pod nowo-budowanym mostem Milenijnym, pod podsypką tłuczniovą torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano:

- kliniec 4/31,5 o grubości od 15 cm do 30 cm, z pochyleniem dna 4 % albo 5,1 % do osi międzytorza (niesymetrycznie - ze względu na fundamenty słupów trakcyjnych), gdzie umieszczono drenaż o średnicy 100 mm z rur perforowanych PCV, w zasypce filtracyjnej,
- geowłókninę otuloną od góry i dołu warstwami piasku o grubości 5 cm,
- w miejscach niewystarczającej nośności podłoża - dodatkowo wymiana gruntu albo stabilizacja chemiczna do głębokości 30 cm.

Analogiczne rozwiązanie - zarówno w torach klasycznych, jak i z podbudową

betonową (na poprzecznych przejazdach drogowych) zastosowano:

- w 2006 roku podczas przebudowy linii tramwajowej w ul. Żmigrodzkiej, tyle tylko że bez dodatkowej wymiany albo stabilizacji gruntu,
- w 2008 roku podczas przebudowy linii tramwajowej w ul. Lotniczej na odcinku od ul. Metalowców do pętli Pilczyce, wraz z tą pętlą.

Analogiczny typ rozwiązania przewidziano również w projekcie dla nowo-budowanych odcinków linii „tramwaju plus” na Kozanów i do stadionu EURO 2012. Jedynymi różnicami były:

- większa o 5 cm grubość warstwy kłińca, czyli od 20 do 35 cm,
- wymiana albo stabilizacja gruntu w jednej albo dwóch warstwach (15 albo 30 cm).

Ostatecznie do realizacji skierowano nieco zmodyfikowany wariant tej konstrukcji (bez geowłókniny), co opisano w poprzednim rozdziale.

„Kanapka” z niesortem jako warstwą szczelną, z odwodnieniem lub bez

W latach 2008-09, podczas przebudowy ul. Grabiszyńskiej na odcinku od pl. Srebrnego do kościoła Św. Elżbiety, pod podbudową betonową tramwajowych torów zabudowanych zastosowano poziomo:

- kruszywo kamienne łamane o ciągłym uziarnieniu 0/63 (czyli niesort) o grubości 20 cm,
- geotkaninę,



5. Rozwiązanie typu „kanapka” z niesortem jako warstwą szczelną i drenażem w międzytorzu, pod klasyczne tory niezabudowane (ul. Grabiszyńska 2015)

- grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym - dwa razy po 15 cm.

W latach 2014-15 podczas przebudowy dwutorowej linii tramwajowej między pętlami „Grabiszyńska-cmentarz” a „Oporów” (fot.5) pod podsypką tłuczniową torów tramwajowych o klasycznej konstrukcji zastosowano:

- warstwę niesortu 0/31,5 o grubości 20 cm, w pochyleniu 3 % do osi międzytorza, gdzie umieszczono dren o średnicy 130 mm z rur PEHD dwuściennych, karbowanych, perforowanych (górna połowa przekroju) w otulinie z geowłókniny, w zasypce ze żwiru 5/10, na geotkaninie i podsypce piaskowej o grubości 5 cm,
- geotkaninę separacyjną o wytrzymałości na rozciąganie co najmniej 40 kN/m, a pod nią:
 - o piasek o grubości 5 cm - w przypadku podłoża nie wymagającego wzmocnienia (G1),
 - o warstwę gruntu stabilizowanego o wytrzymałości 2,5 MPa i grubości 15 cm - w miejscach niewystarczającej nośności podłoża (G3).

Na długości drenażu co około 50 m zastosowano studzienki PCV o średnicy 315 mm z włazem, teleskopem i dnem.

Analogiczne rozwiązania w 2015 roku zastosowano podczas przebudowy pętli tramwajowej Oporów, z tą tylko różnicą, że w przypadku pojedynczych torów drenaże umieszczono w ich osi.

Przekopy i nasypy, korytka ściekowe

Z uwagi na fakt, iż przeważająca większość wrocławskich torowisk prowadzona jest w poziomie istniejących ulic, dlatego ich podtorza głównie przebiegają w przekopie. Nie jest to jednak klasyczny przypadek przekopu (z rowami i skarpami), gdyż niweleta główki szyny pozostaje w poziomie terenu. Głębokość korytowania wynika z całkowitej wysokości zastosowanej konstrukcji i waha się od około 60 cm w przypadku rozwiązań jednowarstwowych („tylko piasek”) do nawet 120 cm - w przypadku rozwiązań wielowarstwowych („kanapka”).

Klasyczne przekopy - z obniżeniem niwelety torów tramwajowych poniżej przylegającego terenu stosowane są rzadko. Na przestrzeni ostatnich 25 lat po rozwiązaniu takie sięgnięto jedynie:

- w 2008 roku podczas przebudowy ul. Lotniczej przed pętlą Pilczyce (nowe tory tramwajowe przeprowadzono bezkolizyjnie pod estakadą drogową prowadzącą ruch kołowy w kierunku centrum),
- w latach 2011-12 podczas budowy trasy „tramwaju plus” na Kozanowie między ulicami Gwarecką i Nadrzeczną (za „białym” kościołem).

W obu wymienionych powyżej przypadkach, z uwagi na brak przestrzeni w przekroju poprzecznym, zamiast klasycznych rowów bocznych zastosowano żelbetowe korytka ściekowe.

Nasypy - z wyniesieniem niwelety

torów tramwajowych powyżej przylegającego terenu również stosowane są rzadko. W analizowanym okresie, po rozwiązaniu takie sięgnięto również tylko w kilku przypadkach:

- w 1996 roku podczas przebudowy pętli Leśnica (nowa pętla zlokalizowana została częściowo w innym miejscu, w obniżeniu terenu),
- w 2011 roku podczas budowy zintegrowanego węzła przesiadkowego „PKP Stadion” w ciągu ulic Lotniczej i Kosmonautów (dojazdy na wiadukt kolejowy poprowadzono częściowo innym przebiegiem),
- w latach 2011-12 podczas budowy nowej krańcówki trasy „tramwaju plus” na ul. Gwareckiej (w miejscu ogródków działkowych, w obniżeniu terenu) oraz dojazdów do nowego mostu tramwajowego nad rzeką Ślężą w ciągu ul. Pilczyckiej (zmiana wymogów dotyczących migracji zwierząt - wyższa skrajnia).

Elementy ochrony przed propagacją drgań

Wibroizolatory w torach tramwajowych występują głównie w nawierzchni, choć jedna z ich możliwych postaci - maty wibroizolacyjne, mogą występować na styku nawierzchni i podtorza. We Wrocławiu rozwiązanie takie zastosowano:

- w 2005 roku na skrzyżowaniach ul. Sienkiewicza i Wyszyńskiego oraz Sienkiewicza i Piastowskiej,
- w 2007 roku na pl. Powstańców Wlkp.,
- w 2014 roku na ul. Curie-Skłodowskiej, Krupniczej i Nowowiejskiej.

Inną formą ochrony przed propagacją drgań jest stosowanie po bokach nawierzchni i podtorza żelbetowych elementów ekranujących o kształcie litery „L” albo odwróconego „T” (Warszawa, Katowice, Praga). Niestety we Wrocławiu jak dotąd nie skorzystano z takiego rozwiązania.

Podsumowanie

Analizując modyfikacje, jakim na przestrzeni ostatnich 25 lat podlegały przedstawione w artykule rozwiązania konstrukcyjne podtorzy wrocławskich

torów tramwajowych, można zauważyć następujące słuszne tendencje:

- zwiększanie liczby warstw podtorza, a w efekcie obniżanie rzędnej dna robót ziemnych,
- rezygnacja z piasku na rzecz kruszyw o większych ziarnach: niesortu, kłińca, pospółki,
- coraz szersze stosowanie odwodnień (również w torach zabudowanych), geosyntetyków (filtracja, separacja, wzmocnienie), stabilizacji podłoża i elementów ochrony przed propagacją drgań.

Niestety dają się zauważyć również pewne błędy w projektowaniu:

- stosowanie pochyleń spodów warstw - ale bez odbioru wody,
- warstwy filtracyjne z niesortu,
- stosowanie geotkanin (separacja) pod niesortem,
- stosowanie geowłóknin (filtracja) bez spadku i odbioru wody.

Dość kłopotliwą praktyką jest używanie w projektach i na budowach różnych

miar zagęszczenia podłoża i wbudowanych warstw:

- wtórnego modułu odkształcenia (E2),
- kalifornijskiego wskaźnika nośności CBR,
- wskaźnika zagęszczenia według wycofanej normy PN-B-04481:1988,
- grup nośności podłoża (G1 - G4) według załącznika 4 rozporządzenia „drogowego” [5].

Kolejnym utrudnieniem zarówno dla projektantów jak i pracowników budowlanych, utrzymaniowych oraz instytucji zarządzających infrastrukturą są stare, nieaktualne i niespójne przepisy, wytyczne i dokumenty normatywne.

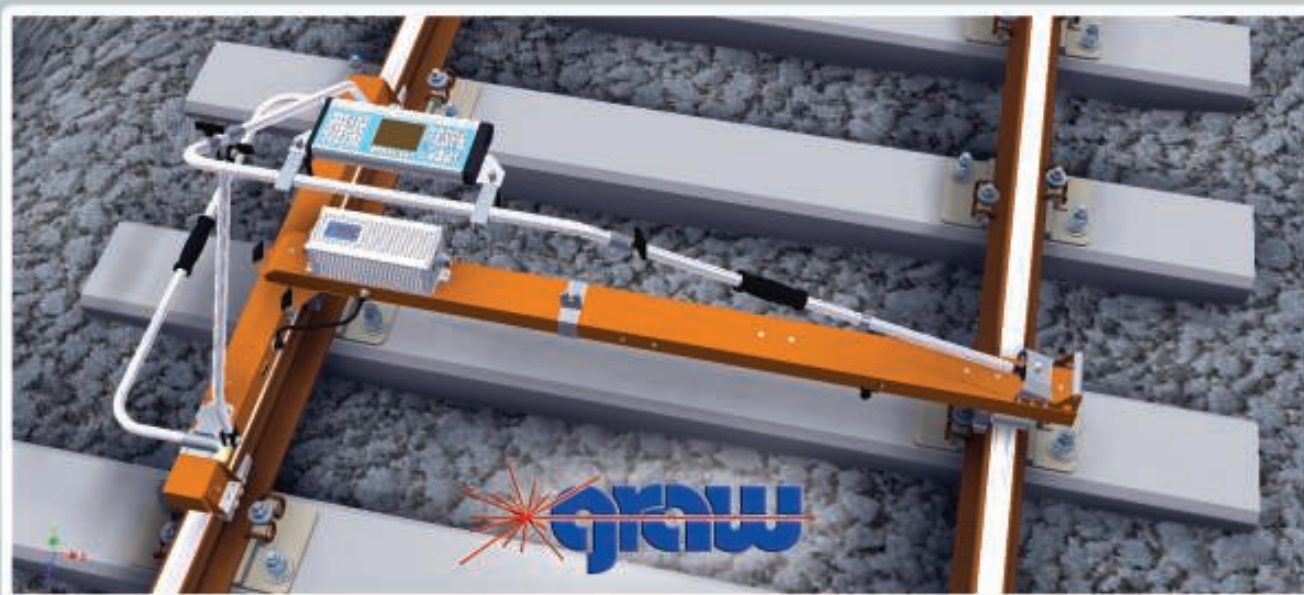
Podnoszona od wielu lat potrzeba opracowania nowych wytycznych projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych powinna w znacznie szerszym zakresie uwzględniać zagadnienia podtorzowe, niż to jest w „starych” wytycznych [1]. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budowie kolejowe i ich usytuowanie, DzU RP Nr 151 z 15.12.1998, pozycja 987; DzU RP z 30.06.2014, pozycja 867.
- [2] Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych, MAGTiOŚ 1983.
- [3] PN-K-92011: 1998 Torowiska tramwajowe. Wymagania i badania.
- [4] Projekt Techniczny trasy NII od ul. Długiej do Drobnera, BIPROSKIM, Wrocław lipiec 1981.
- [5] Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, DzU RP Nr 43 z 14.05.1999, pozycja 430.

REKLAMA

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com