

Nawierzchnie przystanków autobusowo-tramwajowych

Alicja Barbara Sołowczuk, Przemysław Gardas

Autorzy na podstawie kilkuletnich badań scharakteryzowali podstawowe zasady i warunki odnośnie nawierzchni na wspólnych przystankach autobusowo-tramwajowych, tzw. PAT-ach. Połączenie razem ruchu środków komunikacji zbiorowej zawsze wzbudza duże zainteresowanie, gdyż oba środki transportu mają niewiele wspólnych ze sobą cech oprócz przewożenia pasażerów i w miarę planowej organizacji ruchu. W prezentowanych w niniejszym artykule zagadnieniach autorzy przedstawili najczęściej stosowane nawierzchnie na PAT-ach i podstawowe problemy z nimi związane.



dr hab. inż.
Alicja Barbara Sołowczuk
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Zakład Dróg i Mostów
alicja.solowczuk@zut.edu.pl



mgr inż.
Przemysław Gardas
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Zakład Dróg i Mostów
p.gardas@wp.pl

Zasady kształtowania nawierzchni przystanków

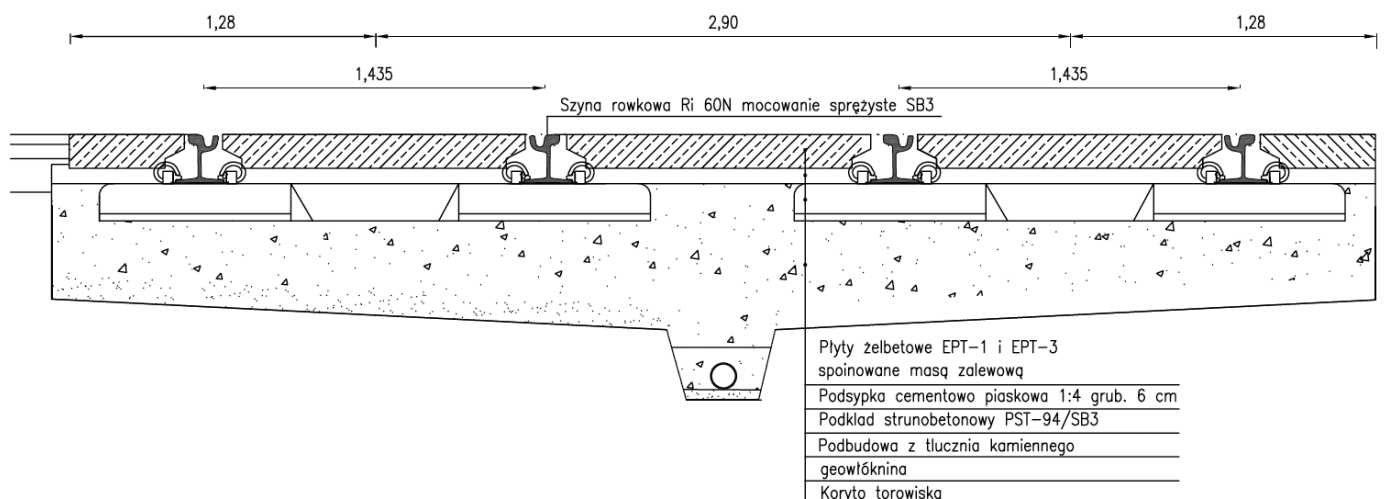
Ważnym elementem konstrukcji pasów autobusowo-tramwajowych (PAT) jest ich nawierzchnia. Musi ona bowiem być dostosowa-

Tab.1: Porównanie współczynników przyczepności różnych nawierzchni

Rodzaj i stan nawierzchni		Współczynnik przyczepności:	
		przyłogowej μ_p	ślizgowej μ_s
beton	suchy	0,8 – 1,08	0,7 – 0,9
	mokry	0,25 – 0,75	0,15 – 0,65
asfalt	suchy	0,7 – 1,08	0,6 – 0,9
	mokry	0,4 – 0,6	0,3 – 0,5
kostka kamienna	czysta sucha	0,7 – 0,8	
	mokra	0,4 – 0,5	
kostka kamienna zakurzona	sucha	0,6 – 0,7	
	mokra	0,25 – 0,35	
klinkier	suchy	0,7 – 0,8	
	mokry	0,4 – 0,5	

wana do przenoszenia obciążenia zarówno od taboru szynowego, jak i autobusowego [1]. Dotychczas do zabudowy jezdni wspólnych torowisk tramwajowych wykorzystywano w większości przypadków płyty EPT (rys. 1) [2]. Konstrukcja takiego torowiska składała się z szyn rowkowych, podkładów drewnianych lub żelbetowych, przytwierdzenia szyn Ri60 typu „K” lub SB. Prefabrykowane płyty EPT, z betonu klasy C50/60, były układane na pod-

sypce cementowo-piaskowej lub piaskowej. Rozróżnia się kilka wersji płyt EPT, różniących się przede wszystkim szerokością, zależną od miejsca. W początkowym okresie stosowania pasów tramwajowo-autobusowych w kilku miastach wykorzystano, w większości przypadków wspomnianą nawierzchnię. Stosowanie na PAT-ach nawierzchni z płyt EPT powodowało wiele problemów. Jakość wykonania samych płyt często była nieodpowiednia (fot.



1. Przekrój przez torowisko zabudowane płytami EPT

2 i 3), co z kolei powodowało, że niektóre płyty już po roku użytkowania nadawały się do wymiany. Ich wymiana prowadzona sposobem gospodarczym przez brygady, jakimi dysponowały spółki przewozowe, ograniczała się do usunięcia uszkodzonej płyty oraz wbudowania nowej. Przy remontach pomijano bardzo często kwestię wypełnienia lub uzupełnienia uszczelnienia szczelin między poszczególnymi płytami (fot. 4 i 5). Skutkowało to dostawaniem się wody pod nawierzchnię. Jeśli w procesie wykonywania nawierzchni i łączenia płyt popełniono jakieś błędy technologiczne, to

skutek był praktycznie natychmiastowy, gdyż słabo uszczelnione płyty zaczynały klawiszować, co po pewnym czasie stawało się uciążliwe dla mieszkańców okolicznych terenów ze względu na zwielokrotnione zjawisko generowania hałasu.

Kolejnym przykładem zabudowanego torowiska jest tor węgierski (rys. 6). Założeniem tego systemu jest ciągle podparcie szyny ułożonej w specjalnych kanałach szynowych w prefabrykowanych płytach żelbetowych (fot. 7 i 8). Do mocowania szyny blokowej wykorzystuje się taśmy gumowe umieszczone

bezpośrednio pod szyną i specjalne wstęgi gumowe wciskane pomiędzy szynę i krawędź w odpowiednie zagłębienia w płycie. Zastosowane elastyczne elementy gumowe nie tylko stabilnie mocują szynę w kanale szynowym, lecz przede wszystkim znacznie zmniejszają wibracje, dzięki czemu uzyskuje się obniżenie poziomu hałasu generowanego przez przejeżdżający tramwaj. Wąskie szczeliny dyfuzyjne pomiędzy poszczególnymi płytami wypełniało się dawniej, w latach 90., ciekłym asfaltem. Obecnie szczeliny wypełnia się specjalną masą uszczelniającą. To uszczelnienie



2. Słaba jakość płyt EPT



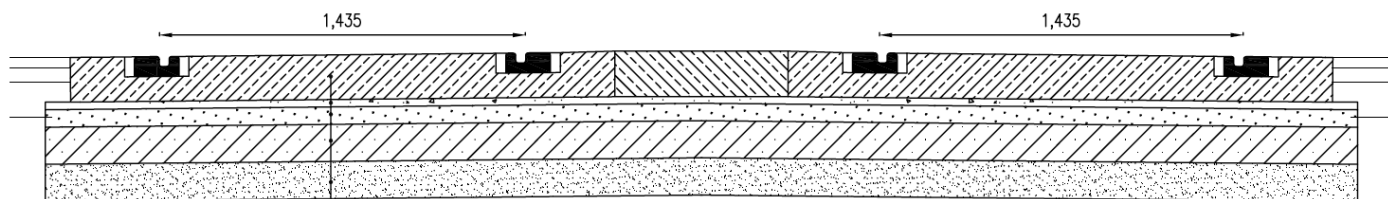
3. Zaniedbania wykonawcze skutkowały pękaniem naroży płyt i natychmiastowym efektem klawiszowania



4. Słaba jakość wykonania płyt EPT i nieuszczelnienie szczelin



5. W miarę dokładne wypełnienie szczelin między płytami i uchybienia w wypełnieniu połączenia płyty z szyną



Płyta betonowa torowa prefabrykowana typu "węgierskiego" z szynami blokowymi
Warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego gr. 3 cm
Podbudowa z betonu asfaltowego gr. 7 cm
Podbudowa z betonu asfaltowego gr. 15 cm
Mieszanka piaskowo-cementowa o $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ gr. 15 cm
Koryto torowiska

6. Przekrój przez torowisko typu węgierskiego

pozwala znacznie obniżyć poziom hałasu generowanego podczas przejazdu autobusu, dzięki skutecznej eliminacji charakterystycznego dla płyt EPT dźwięku uderzeń poszczególnych płyt o siebie. W miejscach wymagających dodatkowego ograniczenia generowanego poziomu hałasu, pomiędzy podbudową a poszczególnymi płytami układa się jeszcze dodatkowo maty gumowe.

Prefabrykowane płyty o długości (od 0,6 m do 6,0 m) zależnej m.in. od zastosowanego

promienia łuku poziomego na odcinkach krzywoliniowych, układa się na warstwach z mieszanki mineralno-asfaltowych wykładanych rozścielaczami. Zaletą tego systemu jest m.in. mała wysokość konstrukcyjna nawierzchni oraz łatwość późniejszej wymiany szyn blokowych.

Obecnie w przeważającej większości projektów nowych PAT-ów wykonuje się torowisko z wykorzystaniem płyt betonowych, do których mocuje się szyny za pomocą kotew.

Przestrzenie międzyszynowe wypełnia się mieszanką betonową, a jako warstwę ścierną stosuje mieszankę mineralno-asfaltową (rys. 9 oraz fot. 10).

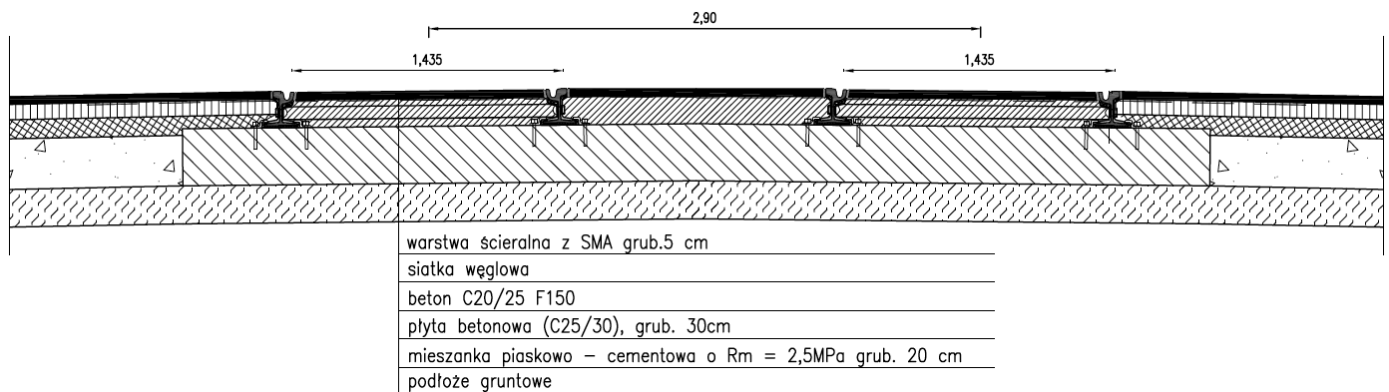
W tym konkretnym przypadku ważne jest uwzględnienie natężenia ruchu autobusów przy doborze rodzaju zastosowanej nawierzchni. Przy jakichkolwiek niedociągnięciach wykonawczych stan nawierzchni może okazać się w krótkim czasie niezadowolający (fot. 11). Odształcenia górnych warstw mogą



7. Przykład toru węgierskiego na przystanku autobusowo-tramwajowym „Kochanowskiego” we Wrocławiu



8. Przykład toru węgierskiego na torowisku zabudowanym na ul. Wyszyńskiego w Szczecinie



9. Przekrój przez torowisko z nawierzchnią asfaltową



10. Nawierzchnia asfaltowa w stanie bardzo dobrym przy natężeniu autobusów ok. 25 A/h (Oslo)



11. Nawierzchnia asfaltowa z bardzo dużymi odształceniami i głębokimi ubytkami w górnej warstwie (natężenie autobusów ponad 30 A/h)

być tak duże, że wpływają negatywnie nie tylko na stan podbudowy, ale także w końcowej fazie degradacji mogą destrukcyjnie oddziaływać nawet na podłoże.

Bardzo ważny jest także dobór odpowiedniego rodzaju nawierzchni i zwiarywanie

jej przy uwzględnieniu nie tylko prognozowanego natężenia ruchu autobusów, ale także wartości sił poziomych, powstających od wielokrotnie powtarzającego się hamowania np. na pasach tramwajowo-autobusowych przed skrzyżowaniami z sygnalizacją świetlną lub na

śluzach dla autobusu, tj. wjeździe autobusu na PAT (fot. 12 i 13).

Warstwa ściernalna na pasach i przystankach autobusowo-tramwajowych powinna spełniać cztery funkcje, do których zalicza się przede wszystkim zapewnianie nośności,



12. Garby i fałdy podłużne tworzące się na nawierzchni pasów autobusowo-tramwajowych, wskutek bardzo częstego hamowania autobusu bezpośrednio przed skrzyżowaniem z sygnalizacją świetlną



13. Wstępny okres formowania się regularnych odkształceń (początkowo ukośnych garbów), wskutek cyklicznego powtarzania się procesu hamowania autobusów



14. Nawierzchnia betonowa na przystanku tramwajowym na pasach PAT przed Rondem Regana (wlot z ul. Curie-Skłodowskiej)



15. Bardzo dobre wypełnienie szczelin w nawierzchni betonowej na pasach PAT przed Rondem Regana (wlot z ulicy Plac Grunwaldzki)



16. Przykładowe nawierzchnie z kostki kamiennej na przystankach tramwajowo-autobusowych we Wrocławiu



17. PAT w Istambule – przezroczysty ekran zabezpieczający pasażerów oczekujących na peronie



18. PAT w Istambule – zróżnicowana nawierzchnia w zabytkowej dzielnicy

nieodkształcalności, utrzymanie równości poprzecznej i podłużnej. Nie mniej jednak ważnym wymogiem jest także spełnienie podstawowych zasad pod względem estetyki.

Kolejnym problemem ważnym do podkreślenia jest sposób wykończenia nawierzchni asfaltowej, który w głównej mierze zależy od inwestora. W przypadku MMA może to być tylko zawałowanie masy lub nadanie jej odpowiedniej faktury. Nadanie specjalnej faktury nawierzchni polega na odcisnięciu w ciepłej masie siatki stalowej imitującej spoiny między kostkami. Metoda ta stosowana jest m.in. w Holandii i ma zastosowanie również do nawierzchni betonowej.

Bardzo dobre wyniki eksploatacji nawierzchni osiągnięto we Wrocławiu przy stosowaniu na pasach i przystankach PAT nawierzchni betonowej, np. na wlotach z ul. M. Skłodowskiej-Curie lub Placu Grunwaldzkiego. Przy dużym natężeniu ruchu, jaki panuje w tej części Wrocławia, przystanki PAT w większości przypadków zlokalizowane są na wyspie ronda. (fot. 14 i 15). W pojedynczych przypadkach stosuje się także przystanki na wlotach. Np. na wlocie z ul. M. Skłodowskiej-Curie na pasie tramwajowo-autobusowym jest zlokalizowany

przystanek tylko tramwajowy. W tym przypadku zastosowano nawierzchnię betonową. Stan nawierzchni i uszczelnienia wszystkich szczelin jest bardzo dobry i może ten przypadek posłużyć jako wzorcowy przykład stosowania nawierzchni betonowej na pasach tramwajowo-autobusowych, przy znacznym natężeniu ruchu zbiorowej komunikacji.

Ostatnim rodzajem nawierzchni stosowanej na PAT-ach są nawierzchnie kostkowe. Są to dość popularne nawierzchnie, najczęściej występujące w starych zabytkowych dzielnicach miasta. M.in. takie nawierzchnie zastosowane są także we Wrocławiu (fot. 16). W centrum kumulacji ruchu komunikacji zbiorowej we Wrocławiu, czyli na środkowej wyspie na Rondzie Regana znajdują się 4 równoległe perony przystanków autobusowo-tramwajowych. W tym przypadku zastosowano podbudowę z betonu zbrojonego i na niej ułożono nawierzchnię z kostki kamiennej. Spoiny wypełniono zaprawą cementową. Krawężnik peronowy jest wtopiony i nie ma tu wyróżnionej charakterystycznej różnicy wysokości pomiędzy peronem i torowiskiem. Pasażerowie na przystanki na wyspie ronda przechodzą z poszczególnych wlotów przejściem podziemnym. Na poziom

peronów mogą wejść po schodach lub wjechać windą. Na obu końcach peronów znajdują się przejścia umożliwiające pasażerom zmianę peronów. Uwzględniając duże natężenie ruchu i skomplikowane trasy tramwajów, na dwóch środkowych torowiskach zastosowane podwójne szyny umożliwiające zmianę toru jazdy w odpowiednim kierunku.

Górna warstwa nawierzchni może być wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej, kostki kamiennej lub z betonu cementowego. Uwzględniając to, że po nawierzchni będą się poruszały także autobusy komunikacji miejskiej, nawierzchnia powinna charakteryzować się odpowiednią szorstkością. Preferowanym rozwiązaniem jest nawierzchnia z mieszanki mineralno-asfaltowej bądź betonowej. W przypadku stosowania MMA można także zastosować nawierzchnię barwioną. (Tab.1)[4]

Krajowe i zagraniczne przykłady nawierzchni kostkowej zastosowanej na PAT-ach

Rodzaj zastosowanej nawierzchni zależy przede wszystkim od inwestora i przewidywanej lokalizacji PAT-u. Czasami, szczególnie w starych i zabytkowych dzielnicach miasta, rodzaj na-



19. Nawierzchnia PAT z kostki wielkopieczowej w Berlinie



20. Nawierzchnia PAT z kostki wielkopieczowej, ułożonej w deseń prosty mijankowy z wypełnieniem spoin zaprawą asfaltową (Berlin)



21. Nawierzchnia z kostki klasycznej bazaltowej (Wrocław)



22. Nawierzchnia z kostki rzędowej (Oslo)

wierzchni zależy także od rodzaju ułożonej nawierzchni w ciągu istniejącej ulicy i decyzji Konserwatora Miejskiego. Przykładem takiej nawierzchni może być zabytkowa dzielnica w Istambule, wzdłuż której poprowadzono ciągi tramwajowo-autobusowe (fot. 17 i 18). W tym przypadku ułożono zróżnicowaną nawierzchnię kostkową, pomiędzy szynami zastosowano kostkę kamienną regularną normalną ułożoną w deseń łukowy, w kształcie regularnych łuków. A na międzytorzu zastosowano kostkę kamienną łącznikową ułożoną w deseń w jodełkę, który utrzymuje się przez układanie kostki pod kątem 45° skierowanej w przeciwną stronę w każdym szeregu. Jeszcze inaczej wypełniono część nawierzchni pomiędzy szynami zewnętrznymi a krawężnikiem peronowym zastosowano regularnie cięte kostki kamienne normalne. Wszystkie te zabiegi były związane z zabytkowym charakterem ulicy. Uwzględniając szerokość ulicy w liniach rozgraniczających i możliwą, ograniczoną szerokość peronu, zastosowano dodatkowe zapewnienie bezpieczeństwa pasażerom, montując niewysokie półtorametrowe przezroczyste ekrany nakierowujące pieszych na peron. Przezroczyste ekrany oddzielają na całej długości PAT-u peron od ciągu pieszo-jezdnego.

Na istniejących w Berlinie PAT-ach, w większości przypadków, nawierzchnie ułożone są z kostki wielkopieczowej (fot. 19). Nawierzchnia ta jest bardzo trwała i wytrzymała zarówno na odkształcenia, jak i na ścieranie. Kostka wielkopieczowa ma dodatkowo ważną zaletę - daje się dowolnie i łatwo ciąć (fot. 20), co jest szczególnie ważne przy wypełnieniu przestrzeni pomiędzy szynami. Inną zaletą tej kostki jest jej wyjątkowo dobra przyczepność do stosowanej zaprawy asfaltowej, co zapewnia wyjątkową szczelność wypełnienia szczelin pomiędzy kostkami.

W Polsce jednak nie ma bezpośredniego hurtownika oferującego kostkę wielkopieczową. Z reguły bywa tak, że kostkę wielkopieczową stosuje się bardzo rzadko i tylko, gdy jest ona uzyskana z odzysku. Natomiast w kraju mamy dobre doświadczenia z układania nawierzchni PAT z kostki kamiennej bazaltowej (fot. 21), charakteryzującej się bardzo równą powierzchnią i regularnymi kształtami. Nie zawsze jednak na PAT-ach układa się kostki kamienne gatunku I, czasami jest to kostka bardzo niskiego gatunku. Przykładem może być PAT w Oslo w Norwegii (fot. 22), gdzie nawierzchnię ułożono z kostki rzędowej o bardzo równej powierzchni górnej. Tylko na pierście-

niu łączącym oba przystanki, zlokalizowane na wyspie środkowej, zastosowano gładkie płyty kamienne. Jednak w tym przypadku, pomimo zastosowania gorszego gatunku kostki kamiennej, w trakcie kilku wizji lokalnych nie zanotowano żadnych odkształceń nawierzchni, bądź jakichś nieszczelności. Prawdopodobnie przyczyną braku degradacji nawierzchni z kostki kamiennej niższego gatunku było małe natężenie ruchu autobusów na wspomnianym przystanku, które nie przekraczało 6 A/h.

Połączenia szyn i nawierzchni

Innym warunkiem, który na PAT-ach należy wyjątkowo przestrzegać, jest dopilnowanie precyzji wykonania wszelkich prac związanych z uszczelnieniem pomiędzy szyną i nawierzchnią (fot. 23). W tym przypadku drobne błędy wykonawcze skutkują bardzo dużymi kosztami prac remontowych, które niewykonane w porę mogą doprowadzić do poważnych degradacji nie tylko w podbudowie, ale nawet w podłożu. Zdaniem autorów pożyteczne okazałoby się wprowadzenie, na przystankach PAT o natężeniu powyżej 10 A/h, obowiązkowych cyklicznych (wiosennych i jesiennych), zintensyfikowanych kontroli stanu nawierzchni,



23. Błędy wykonawcze popełnione przy wykonywaniu szczelnego połączenia pomiędzy nawierzchnią a szyną



24. Błędy utrzymaniowe, brak zalania mikropęknięć w nawierzchni



25. Ciągły system liniowych wpustów odwodnieniowych



26. System wpustów punktowych, uwzględniający trajektorię ruchu kół autobusu

w celu określenia konkretnej pory wykonania niewielkich prac utrzymaniowych, związanych np. z zalewaniem mikropęknięć w nawierzchni asfaltowej, charakterystycznych dla tego rodzaju nawierzchni (fot. 24).

Pochylenie poprzeczne nawierzchni

Kolejnym ważnym zagadnieniem jest zastosowanie odpowiedniego odwodnienia powierzchniowego, gdyż w torowiskach zabudowanych ze względu na możliwą przechyłkę torów tramwajowych, na krzywiznach poziomych nie stosuje się spadków poprzecznych większych niż 1%. Natomiast podstawowym pochyleniem poprzecznym stosowanym na nawierzchniach asfaltowych lub betonowych jest 2%. Różnica w spadkach poprzecznych widoczna jest szczególnie przy krawężnikach peronowych, dlatego na długości PAT-u należy zastosować odpowiednią liczbę wpustów deszczowych.

W tym przypadku należy jednak bardzo wnikliwie przeanalizować lokalizację wpustów. Wpusty powinny być zlokalizowane w miejscach zapewniających jak najmniejszą liczbę najechania na nie kół hamującego autobusu.

Mogą to być ciągi wpustów liniowych umieszczone wzdłuż całej szerokości PAT-u (fot. 25) lub też wpusty punktowe umieszczone zgodnie z ominięciem trajektorii ruchu kół autobusów (fot. 26, 27, 28). [5]

Podsumowanie

Z przedstawionej powyżej charakterystyki wynika, że można wytypować konkretne nawierzchnie do stosowania na PAT-ach. Z cyklicznych wizyt lokalnych na krajowych i zagranicznych PAT-ach można wywnioskować, że najmniejsze odształcenia i konieczność zabiegów utrzymaniowych odnotowano na nawierzchni betonowej, a także na nawierzchni z kostki wielkopieczowej i regularnej kostki bazaltowej. Zdaniem autorów przy natężeniu ruchu większym niż 10 A/h, w celu zapewnienia trwałości nawierzchni trzeba zachować wyjątkową staranność podczas wykonywania i przede wszystkim, zadbać o szczelność wszystkich połączeń.

Na podstawie cyklicznych oględzin stanu nawierzchni i systemu odwodnienia na istniejących PAT-ach w kraju i za granicą proponuje się stosowanie specjalnych wpustów zwężo-

nych montowanych w krawędzi peronowej i stosowanie na pozostałym obszarze wpustów punktowych przy szczególnym uwzględnieniu trajektorii ruchu kół autobusów. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999 r. w sprawie „warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie”, Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej nr 43/1999 Warszawa.
- [2] Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych, MAGTiOŚ, Warszawa 1983.
- [3] OST D - 05.03.01 Nawierzchnia z kostki kamiennej, GDDP, W-wa 1998.
- [4] Problematyka prawna i techniczna wypadków drogowych, Instytut Ekspertyz Sądowych, Kraków 1995.
- [5] Strona internetowa: http://magazynbudowlany.com.pl/files/products/4/1/Rozdzia%C5%82_FASERFIX_TRAM.pdf



27. Niewielka szerokość zalegania zawężonego wpustu na nawierzchni PAT, zapewnia omijanie powierzchni wpustu przez koła autobusu



28. Detale zawężonego wpustu stosowanego wzdłuż krawędzi peronowej