

# Betonowa galanteria drogowa na ścieżkach rowerowych – fakty i mity

Ostatnimi laty pojawiają się głosy na temat wyższości nawierzchni asfaltowych na ścieżkach rowerowych w stosunku do betonowych nawierzchni brukowych – płytek i kostek. Dzieje się tak wbrew zapisom aktualnych norm PN-EN 1338: 2005 oraz PN-EN 1339: 2005. Jakie są fakty i jakie mity związane ze stosowaniem prefabrykatów betonowych?

**P**ierwszy mit związany z nawierzchnią dotyczy oporów toczenia. Zarzuca się, że na nawierzchni z betonowej kostki brukowej niefazowanej są one wyższe od oporów toczenia na nawierzchni asfaltowej.

Taka teza stoi w całkowitej sprzeczności z podstawową wiedzą z dziedziny fizyki. Tzw. tarcie toczone, zależne jest od momentu tarcia  $M_t$  zwanego tocznym, a dalej od współczynnika tarcia  $f$  analogicznie również zwanego tocznym. Analizując tabele przykładowych wartości powyższych wielkości, uogólniając, można stwierdzić, że im twardszy materiał koła i podłoża, tym tarcie toczone jest mniejsze. Sztywność nawierzchni z betonowej kostki brukowej jest większa od sztywności nawierzchni z asfaltobetonu porównywalnej grubości, co oznacza, że toczące się koło będzie doznawało większego oporu toczonego na nawierzchni asfaltowej. Innym aspektem jest oczywiście analizowanie tych wielkości na nawierzchniach z wyrobów fazowanych, których powyższe rozważania nie dotyczą. Technologie produkcji wibroprasowanej galanterii drogowej, umożliwiają wyprodukowanie gładkich

i równych prefabrykatów, co ważniejsze w zastrzonej tolerancji wymiarowej wysokości, co przy profesjonalnym wykonawstwie gwarantuje ułożenie nawierzchni o „równości” porównywalnej z nawierzchniami asfaltowymi.

## Szorstkość

„Szorstkość” nawierzchni z asfaltobetonu podobnie jak i z betonu zależy od składu mieszanek, a dokładniej stosu okruszowego użytego kruszywa. Im kruszywo jest grubsze, tym tarcie o gotową powierzchnię jest większe. W przypadku betonowych prefabrykatów drogowych do wierzchniej warstwy ścieralnej stosuje się kruszywo o uziarnieniu maksymalnie 4 mm, co gwarantuje estetyczny wygląd (fot. 1).

Dodatkowo, w przypadku asfaltobetonu można co prawda uzyskać nawierzchnie idealnie gładkie, jednak z uwagi na dużą zawartość lepiszcza będą one narażone na znaczne odkształcenia plastyczne w okresach letnich. Nowe mieszanki, stosowane obecnie na polskich drogach, zaprojektowane jako odporne na koleinowanie, charakteryzuje duża zawartość frakcji 8/11 (zazwyczaj bazaltowej),

która jednakże znacznie zwiększa chropowatość nawierzchni. (fot. 2)

Żeby więc można było porównywać nawierzchnię asfaltobetonową z betonowymi prefabrykatami drogowymi, należałoby odnieść się do składu każdej nawierzchni. Oczywiście jest również fakt, że na wielkości tarcia toczonego na nawierzchni jak i pomierzonych drgań wpływa rodzaj opony (analogicznie jak w pojazdach samochodowych).

Poza drganiami i oporami toczenia należy zwrócić także uwagę na inny parametr, a mianowicie tarcie ślizgowe  $T$ . Zagadnienie to było analizowane w firmie ZPB Kaczmarek, podczas badań nad przydatnością produkowanych betonowych kostek brukowych do stosowania w Ośrodkach Szkolenia Kierowców, na torach do kontrolowanego poślizgu samochodów ciężarowych. Obiekty takie służą testowaniu reakcji oraz podnoszeniu kwalifikacji zawodowych kierowców podczas manewru wymuszonego poślizgu pojazdu na mokrej nawierzchni.

Do badań porównawczych przygotowano 3 rodzaje nawierzchni w dwóch odmianach:

■ sucha nawierzchnia z betonu wibroprasowanego,



Fot. 1. Wygląd nawierzchni z betonu wibroprasowanego



Fot. 2. Nawierzchnia z asfaltobetonu

- mokra nawierzchnia z betonu wibroprasowanego,
- sucha nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego,
- mokra nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego,
- sucha nawierzchnia asfaltowa,
- mokra nawierzchnia asfaltowa.

Samo badanie polegało na ułożeniu stałego obciążenia (w postaci fragmentu krawężnika o wadze 20 kg – oznaczenie zgodnie z fot. 3-1, i znanym polu podstawy powierzchni docisku) na pasku z gumy o twardości około 50° Shore’a (2).

Całość zamocowano do cyfrowej (3), a następnie analogowej wagi, poprzez którą wymuszano ruch. W trakcie jednostajnego przesuwu kontrolowano średnią wielkość siły w kg, potrzebnej do przesunięcia próbki po 3 typach nawierzchni (4, 5, 6) w 2 odmianach – suchej

i wilgotnej na długości około 0,5 m. Wyniki badań wykazały, że najmniejszą siłę, a tym samym tarcie zanotowano na mokrej nawierzchni asfaltowej, dla której celem odniesienia dla reszty wyników, przyjęto wartość 100 proc. Pozostałe wielkości tarć oszacowano na odpowiednio:

- sucha nawierzchnia z betonu wibroprasowanego – 182 proc.,

- mokra nawierzchnia z betonu wibroprasowanego – 159 proc.,
- sucha nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego – 124 proc.,
- mokra nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego – 112 proc.,
- sucha nawierzchnia asfaltowa – 112 proc.

Podsumowując, można stwierdzić, iż z powodu powierzchniowej budowy strukturalnej, równe nawierzchnie betonowe, charakteryzują się większym współczynnikiem tarcia ślizgowego w porównaniu z nawierzchniami asfaltowymi, co ma decydujące znaczenie w bezpieczeństwie użytkowników ścieżek rowerowych, gdyż ten parametr odpowiada za ich bezpieczeństwo – bezpośrednio przekłada się na znacznie krótszą drogę hamowania jak i osób postronnych – częste skrzyżowania z ciągami pieszymi. Dodatkowo należy zauważyć, że z powodu większej nasiąkliwości strukturalnej, nawierzchnie betonowe, podczas opadów atmosferycznych, dzięki nasiąkliwości betonu jak i (zwykle) dwumilimetrycznym spoinom pomiędzy prefabrykatami, wchłaniają część ➔



Fot. 3.

➤ wód opadowych, utrzymując tym samym dłużej, wyższy współczynnik tarcia ślizgowego dla nawierzchni suchej. Na nawierzchniach asfaltowych podczas opadów wartość współczynnika tarcia ślizgowego maleje o wiele szybciej z powodu niższej nasiąkliwości tego rodzaju ma-

W okresie letnim, wysokie temperatury mogą doprowadzić nawierzchnie asfaltowe do powstawania trwałych odkształceń, spowodowanych uplastycznieniem materiału nawierzchni pod obciążeniem zewnętrznym.

W okresach zimowych, niedylatowane nawierzchnie asfaltowe do-

cową trwałość i mniejszy komfort z korzystania (fot. 5).

Nawierzchnia z betonowej kostki brukowej, w przypadku prawidłowego wykonania podbudowy, jest o wiele trwalsza od nawierzchni bitumicznych. Fachowe wykonawstwo, bez większych problemów w przypadku kostek lub płyt bezfazowych jest w stanie ułożyć równą nawierzchnię, na której podczas eksploatacji nie będą odczuwalne jakiegokolwiek nierówności.

## Ekologia

Beton jest materiałem ekologicznym powstałym z naturalnych surowców. Nawet emisja CO<sub>2</sub>, którą nieliczni podnoszą jako negatywny efekt produkcji cementu, powstaje głównie w procesie uwolnienia dwutlenku węgla, podczas reakcji chemicznej. Materiał ten, co ważne, jest obojętny dla organizmów żywych, dodatkowo pozytywnie oddziałując na środowisko naturalne. Naturalny proces karbonatyzacji betonu, poprzez wychwytywanie na powierzchni CO<sub>2</sub>, powoduje oczyszczanie powietrza. Rozwój współczesnej technologii pozwolił na jeszcze większe wykorzystanie betonu (a dokładnie cementu) w procesie oczyszczania środowiska naturalnego – chodzi o fotokatalityczną kostkę brukową, która pozwala na redukcję zanieczyszczeń w powietrzu. W procesie tym zachodzące reakcje chemiczne, redukują szkodliwe związki zanieczyszczające powietrze, takie jak tlenki azotu NO<sub>x</sub> lub lotne substancje organiczne



Fot. 4. Sposób znakowania poziomego na betonowych nawierzchniach z kostki wibroprasowanej

teriału, doprowadzając tym samym do poślizgu na mokrej nawierzchni.

Dodatkową zaletą nawierzchni z betonowych wyrobów prefabrykowanych jest możliwość ich poziomego oznakowania, niewpływającego na współczynnik tarcia nawierzchni, poprzez stosowanie kostek lub płytek o innej barwie (fot. 4).

Ten sposób oznaczenia pasów dla pieszych, linii wydzielenia, itd. jest o wiele bezpieczniejszy od nanoszenia powłok malarskich, na których podczas opadów atmosferycznych o poślizg niezwykle łatwo.



Fot. 5. Typowe uszkodzenia (pęknięcia) nawierzchni asfaltobetonowej

znają uszkodzeń, spowodowanych nadmiernym skurczem termicznym, co dodatkowo wpływa na ich koń-

## Trwałość

Nawierzchnie wykonane z asfaltu przez cały rok kalendarzowy są niezwykle podatne na uszkodzenia.

VOC, pochodzące ze spalin silników samochodów, zakładów przemysłowych oraz indywidualnych instalacji grzewczych (fot. 6).

## Koszty

Teza mówiąca o niższych kosztach budowy nawierzchni asfaltowych w porównaniu z nawierzchniami betonowymi to typowy błąd, jaki często jest popełniany, przy wyliczaniu „całkowitych” kosztów różnego rodzaju inwestycji. Założony tok rozumowania zakłada bowiem, że jedynym poniesionym kosztem przy realizacji zadania inwestycyjnego jest bezpośredni koszt jego realizacji, tzn. budowy. Nie bierze się natomiast pod uwagę kosztów obsługi, konserwacji bądź ewentualnych remontów, które należy ponieść po deklarowanym przez producenta okresie gwarancji.

W przypadku kalkulowania kosztów w rachunku ciągłym, jednoznacznie można wykazać, przewagę technologii bazujących na spoiwie cementowym nad technologią spoiwa asfaltowego. Betonowe budownictwo komunikacyjne, w postaci dróg ekspresowych bądź autostrad pozwala na znacznie dłuższe użytkowanie nawierzchni bez konieczności ponoszenia kosztownych prac remontowych.

## Nierówność nawierzchni

Podnoszony często argument nierówności nawierzchni z betonowych kostek brukowych, jest bezzasadny, gdyż zależy on jedynie od jakości stosowanego materiału i profesjonalizmu wykonawstwa.



Fot. 6. Ścieżka rowerowa z nawierzchnią z betonowej fotokatalitycznej kostki brukowej produkcji ZPB Kaczmarek w Zielonej Górze

Dla przykładu murowane ściany budynków można wykonać z elementów i w sposób, który w celu „wyprowadzenia” równej powierzchni, wymagać będzie nałożenia kilku centymetrów tynku – takie sytuacje się zdarzają. Niepodważalny jednak jest fakt, że można spotkać też realizacje, w których ściany wykonuje się z np.: cegły klinkierowej elewacyjnej – bez tynkowania. Różnica tkwi w szczegółach, tzn. chęci poniesienia wyższych kosztów na materiały lepszej jakości oraz wykonawstwo z większym doświadczeniem.

## Demontowalność

Jedną z ważniejszych zalet powierzchni z betonowych kostek lub płytek brukowych, dzięki modułowej budowie nawierzchni, jest możliwość dowolnego rozebrania jej fragmentów, celem wymiany instalacji przebiegających w konstrukcji ciągu, naprawy usterek spowodowanych nadmiernym osiadaniem podbudowy, bądź mechanicznym zniszczeniem poszczególnych elementów. Po wykonaniu niezbędnym prac przez wykwalifikowanych brukarzy

umieszczenie remontowanego fragmentu nawierzchni będzie trudne do zlokalizowania. W przypadku naprawiania nawierzchni na spoiwie asfaltowym, miejsca styków z dotychczasową nawierzchnią, należy powierzchniowo zabezpieczyć lepiszczami, które nie wnikają w przekrój nawierzchni. Z czasem prowadzi to do efektu domina, tzn. uszkodzeniom ulegają większe sąsiadujące powierzchnie

Podczas naprawy nawierzchni z kostki brukowej, docelowo układa się dokładnie ten sam, wcześniej zdemontowany materiał.

dr inż. GRZEGORZ ŚMIERTKA  
– dyrektor ds. produkcji ZPB Kaczmarek  
mgr DOMINIKA KACZMAREK-KALISZ  
– zastępca dyrektora finansowego  
ZPB Kaczmarek

### Literatura:

- [1] PKN. PN-EN 1338:2005/AC:2007. Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań.
- [2] PKN. PN-EN 1339:2005/AC:2007. Betonowe płyty brukowe. Wymagania i metody badań.
- [3] Pawłowski S. Kostka brukowa na ścieżkach rowerowych. *Bruk biznes*, 1/2012, str. 40-41.
- [4] Kawalek P. Strona internetowa: <http://www.gp24.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20100324/kraj/882151963-05/2012>.
- [5] Dział badań i rozwoju, ZPB Kaczmarek. Raport z badań szacowania odporności na poślizg, 12/2011.
- [6] Strona internetowa: [www.heidelbergcement.com/pl/pl/country/g\\_cement/produkt/nawierzchni/tiocem](http://www.heidelbergcement.com/pl/pl/country/g_cement/produkt/nawierzchni/tiocem).htm – 05/2012.