

Kostka Atena oraz palisada okrągła – producent Bazaltex



fol. Bazaltex

Zadanie dla specjalistów

Układanie drobnowymiarowych elementów betonowych tworzących nawierzchnię drogową pozornie wygląda na pracę nieskomplikowaną, którą może wykonać każdy. Jednakże w praktyce okazuje się, że nie jest to zadanie łatwe. Prace te wymagają odpowiedniej interdyscyplinarnej wiedzy, dużego doświadczenia i wysokich kwalifikacji, a także niezbędnego sprzętu specjalistycznego, np. niwelatorów, układarek czy zagęszczarek wibracyjnych.

Dlatego dobrze jest powierzyć ułożenie nawierzchni wyspecjalizowanej firmie wykonawczej, która w oparciu o profesjonalnie wykonany projekt powinna zapewnić nie tylko jej właściwe ułożenie z punktu widzenia technologicznego i estetycznego, ale również prawidłową eksploatację nawierzchni przez dziesiątki lat.

Nawierzchnie z drobnowymiarowych elementów betonowych (nazywanych dalej „deb”) mogą być stosowane:

- a) dla ruchu samochodowego, gdy liczba pojazdów ciężarowych o nacisku do 80 kN/oś na pas na

dobę nie przekracza 100 (np. nawierzchnie dróg, ulic, parkingów, ciągów pieszo-jezdných itp.)

- b) dla ruchu pieszego lub rowerowego (np. nawierzchnie chodników, peronów, przystanków, alei spacerowych, ścieżek rowerowych itp.).

Jak już wspomniano, podstawą projektowania konstrukcji nawierzchni wykonanej z „deb” jest podział ruchu na kategorie, przyjmowane wg obciążenia na oś obliczeniową oraz liczby pojazdów na pas ruchu na dobę w piętnastym roku po oddaniu drogi do eksploatacji.

W tabeli 1 przedstawiono rodzaje kategorii ruchu w zależności od przeznaczenia nawierzchni wykonanej z drobnowymiarowych elementów betonowych (wg 2, 3).

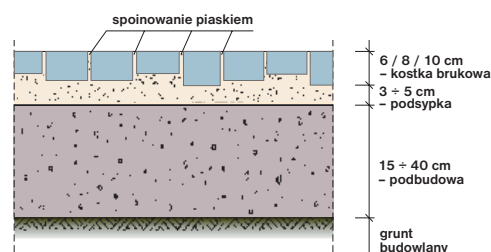
Konstrukcja nawierzchni warstwy ścieralnej z drobnowymiarowych elementów betonowych składa się z czterech warstw:

- warstwy ścieralnej wykonanej z betonowej kostki brukowej lub płytek chodnikowych
- podsypki
- podbudowy, która może być wykonana z kruszywa łamanego lub naturalnego żwirowo-otoczkowego stabilizowanego mechanicznie, gruntu stabilizowanego cementem i chudego betonu lub betonu zwykłego odpowiedniej klasy
- warstwy mrozoodpornej.

Oddziaływanie mrozu może mieć szkodliwy wpływ

Tabela 1. Rodzaje kategorii ruchu w zależności od przeznaczenia nawierzchni wykonanej z drobnowymiarowych elementów betonowych

Lp.	Przeznaczenie nawierzchni	Kategoria ruchu (liczba pojazdów porównawczych o nacisku do 80kN/oś/pas/24h)
1	Chodniki, ścieżki rowerowe i ciągi pieszo-jezdne tylko wyjątkowo wykorzystywane przez samochody dostawcze i samochody czyszczenia	Bardzo lekkie R ₀ / do 4
2	Ulice osiedlowe, parkingi samochodów osobowych, na których okazjonalnie zatrzymują się samochody ciężarowe oraz rzadko użytkowane przez samochody ciężarowe ulice i place	Bardzo lekkie R ₁ / 5-11
3	Ulice osiedlowe, strefy ruchu pieszego z ruchem dostawczym, stale użytkowane parkingi samochodów osobowych z nielicznym udziałem samochodów ciężarowych i autobusów	Lekkie R ₂ / 12-35
4	Ulice zbiorcze, strefy ruchu pieszego z ciężkim ruchem dostawczym, parkingi dla samochodów ciężarowych i autobusów oraz drogi przemysłowe	Lekko-średnie R ₃ / 36-100



Rys. 1. Typowy układ warstw nawierzchni z betonowej kostki brukowej

na podłoże i całą konstrukcję nawierzchni, szczególnie jeżeli jego strefa oddziaływania obejmuje grunty wysadzinowe. W przypadku podłoża z gruntów wątpliwych i wysadzinowych szkodliwe oddziaływanie mrozu wystąpić może szczególnie przy niekorzystnych warunkach wodnych.

Zabezpieczenie mrozowe podłoża gruntowego powinno wynosić $0,25-0,70 h_z$ (wg 3).

Głębokość przemarzania gruntu h_z różni się w poszczególnych rejonach Polski i jest przyjmowana zgodnie z PN-81/B-03020 w zależności od strefy klimatycznej, jak na rys. 2.

Wytyczne do projektowania

Prawidłowe wykonanie projektu technicznego nawierzchni ma znaczenie kluczowe dla jej wykonania. Trzeba mieć świadomość, że niewłaściwe zaprojektowanie konstrukcji drogi kończy się zniszczeniem jej nawierzchni, pomimo zastosowania najlepszych materiałów. Projektując konstrukcję drogową pod betonową kostkę brukową czy inne elementy nawierzchniowe, musimy pamiętać przede wszystkim o jej zabezpieczeniu przed wodami opadowymi i napływowymi. Nawierzchnie z betonowej kostki brukowej są częściowo przepuszczalne dla wody, co stanowi ich ogromną zaletę, ale wymagają równocześnie sprawnie działających systemów odwadniających, szczególnie gdy grunty rodzime pod konstrukcją drogi mogą ulec uplastycznieniu.

Wymagania dla podłoża gruntowego

Projektowanie i wykonanie nawierzchni z drobnowymiarowych elementów budowlanych winno być poprzedzone rzetelną analizą geotechniczną podłoża gruntowego, a jej wyniki mają stanowić podstawę wykonania projektu nawierzchni. Jak już wcześniej wspomniano, grunty podłoża powinny być niewysadzinowe, jednorodne i nośne oraz zabezpieczone przed nadmiernym zawilgoceniem i ujemnymi skutkami przemarzania. Dlatego w przypadku występowania w podłożu gruntów wysadzinowych lub wątpliwych zaleca się zwykle w projekcie wymianę gruntu podłoża na grunt niewysadzinowy, a także warstwę odsączającą, mrozoochronną lub warstwę z gruntu stabilizowanego cementem, której grubość powinna być wystarczająca do zabezpieczenia od skutków przemarzania. W skrajnych przypadkach, gdy poziom wód gruntowych znajduje się powyżej granicy przemarzania, należy go obniżyć lub podwyższyć niweletę nawierzchni.

Wskaźnik zagęszczenia podłoża gruntowego ma wynosić co najmniej 100% zagęszczenia uzyskanego w warunkach laboratoryjnych metodą I lub II wg normy PN-B-04481:1988.

Nośność zagęszczonego podłoża powinna spełniać odpowiednie wymagania zawarte w wyżej przytoczonych dokumentach.

Podłoże musi mieć zgodne z projektowanym położenie osi w planie oraz ukształtowanie powierzchni (rzędne wysokościowe, równość w profilu podłużnym i przekroju poprzecznym, odpowiednie spadki poprzeczne i szerokość). Dopuszczalne tolerancje wymiarów podłoża gruntowego wynoszą:

- dla rzędnych ± 2 cm
- dla równości ± 20 mm
- dla spadku poprzecznego $\pm 0,5\%$
- dla szerokości od -5 cm do $+20$ cm.



Wymagania dla podbudowy

Podbudowę, na której układa się warstwę ścieralną z kostki brukowej lub płytek chodnikowych, może stanowić nawierzchnia istniejąca lub nowo wykonana podbudowa spełniająca wymagania norm: PN-S-06102:1997, PN-S-96012:1997, PN-S-96013:1997, PN-S-96014:1997. W każdym przypadku podbudowa winna spełniać następujące wymagania:

- posiadać nośność dostosowaną do przenoszenia największych dopuszczalnych obciążeń ruchem, przewidywanych dla projektowanej nawierzchni zgodnie z odpowiednimi wymaganiami
- posiadać właściwe położenie osi w planie oraz odpowiednio ukształtowaną powierzchnię, zapewniającą właściwe odwadnianie konstrukcji nawierzchni, zgodnie z dokumentacją projektową
- podbudowa z każdej strony musi być obramowana krawężnikami lub obrzeżami, pomiędzy którymi będzie układana warstwa ścieralna z drobnowymiarowych elementów betonowych.

Rys. 2. Podział Polski na strefy w zależności od głębokości przemarzania

Kostka Corona Brillant – producent Semmelrock



foto: Semmelrock



fol. Polbet B-Complex

W przypadku wykonywania nawierzchni przeznaczonej wyłącznie dla ruchu pieszego lub rowerowego warstwa ścieralna z betonowej kostki brukowej lub płytek chodnikowych może być układana bezpośrednio (bez podbudowy) na dobrze odwodnionym niewysadzinowym podłożu gruntowym, które charakteryzuje się wtórnym modułem odkształcenia $E_z \geq 45$ MPa oraz odpowiednim ukształtowaniem powierzchni i zagęszczeniem.

Wymagania dla warstwy ścieralnej

Pokazane na rysunku 3 rozwiązania w zakresie konstrukcji nawierzchni wskazują, że grubość elementów warstwy ścieralnej powinna być dostosowana do przewidywanego obciążenia ruchem i pełnionej funkcji. Materiały na warstwę ścieralną i obramowania powinny spełniać wymagania norm przedmiotowych lub wymagań Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie nr Z/96-03-002 z 1998 r.

Podsypka

Warstwę ścieralną z drobnowymiarowych elementów betonowych należy układać zawsze na warstwie podsypki wyprofilowanej zgodnie



fol. Poz-Bruk

z dokumentacją projektową. Na podsypkę pod warstwę ścieralną można stosować piasek naturalny, piasek łamany, miaty lub grysy (albo mieszanki piasku z grysem), zarówno z kruszyw łamanych jak i odpadowych (żużli), a nawet mieszanki cementowo-piaskowe. Szczegółowe wymagania dla tych materiałów zawarte są w normach PN-B-11112:1996 i PN-B-11113:1996.

Stosowanie podsypki stabilizowanej cementem ma szczególne uzasadnienie w przypadku układania nawierzchni ścieralnej z kostki brukowej bezfazowej, kiedy jest ona układana „na styk” i nie zawiera fazy i wypustów dylatacyjnych. Jednak należy pamiętać, że podnosi to koszt inwestycji.

Są jednak sytuacje, gdy na podbudowie musi być stosowana zaprawa cementowo-piaskowa (o stosunku masowym 1:4). Po związaniu zapewnia ona odpowiednią sztywność podłoża. Zapobiega to generowaniu niszczących naprężeń ścinających krawędzie kostki, przy nawet minimalnej destabilizacji podłoża. Stosowanie w takich przypadkach piaskowej podsypki jako podłoża elastycznego jest nieprawidłowe.

Grubość podsypki po zagęszczeniu powinna wynosić od 3,0-5,0 cm, a dopuszczalne odchyłki od zaprojektowanej grubości podsypki nie powinny przekraczać $\pm 1,0$ cm. Jeśli podbudowa jest związana spoiwem, należy stosować podsypkę cementowo-piaskową.

Tolerancja wymiarów

Po wykonaniu osi nawierzchni z warstwy ścieralnej nie może być przesunięta w stosunku do osi projektowanej o więcej niż 2 cm. Analogicznie odchylenia wysokości warstwy ścieralnej od projektowanej rzędnej wysokości nie mogą przekraczać $\pm 2,0$ cm.

Równość warstwy ścieralnej w profilu podłużnym mierzona łatą 4-metrową zgodnie z normą BN-68/8931-04 powinna być taka, aby nierówności nie przekraczały 8 mm. Natomiast równość w profilu poprzecznym powinna być taka, aby po przyłożeniu łaty profilowej prostopadle do osi nawierzchni prześwity pomiędzy łatą a powierzchnią warstwy ścieralnej nie przekraczały 8 mm.

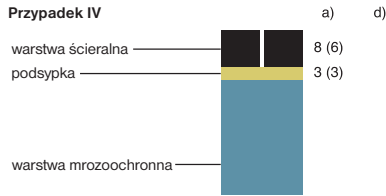
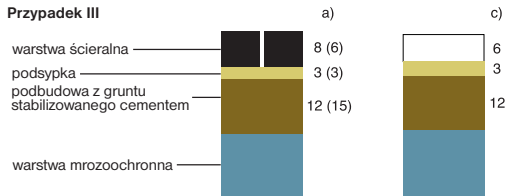
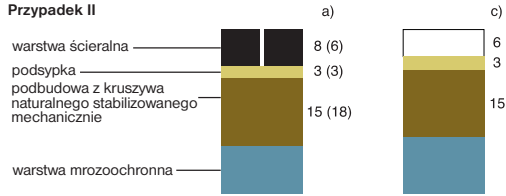
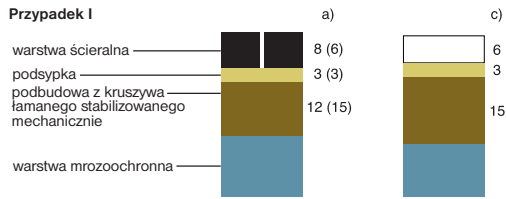
Warunkiem dobrego stanu nawierzchni jest odprowadzenie wód opadowych, dlatego jej powierzchnia musi być wyprofilowana poprzecznie i wzdłużnie. Nachylenie powierzchni powinno wynosić od 2,5-4,0%. Odchyłki spadków poprzecznych warstwy ścieralnej nie powinny przekraczać 0,3%, natomiast odchyłki szerokości nie powinny być większe niż ± 5 cm.

Rozmieszczenie i wypełnienie spoin i szczelin

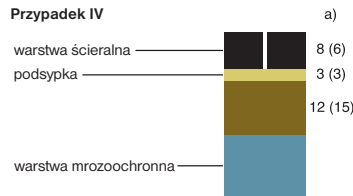
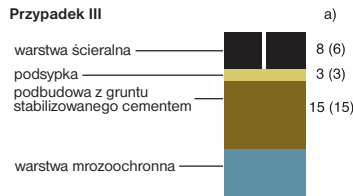
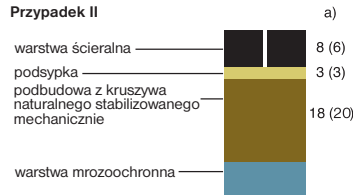
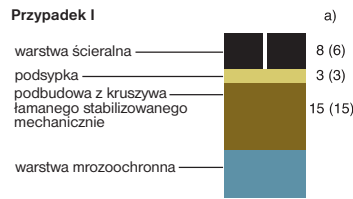
Do wypełnienia spoin w warstwie ścieralnej nawierzchni można stosować piasek naturalny, piasek łamany lub zaprawę cementowo-piaskową. Wszystkie te materiały powinny spełniać wymagania przytoczonych wyżej norm.

Materiał powinien wypełniać spoiny między elementami na całej ich wysokości, szerokość spoin powinna wynosić 3-5 mm. W przypadku stosowania prostopadłościennych kostek brukowych zaleca się, aby osie spoin pomiędzy dłuższymi bokami tych kostek tworzyły z osią drogi kąt 45° , a wierzchołek utworzonego kąta prostego pomiędzy spoinami miał kierunek odwrotny do kierunku spadku

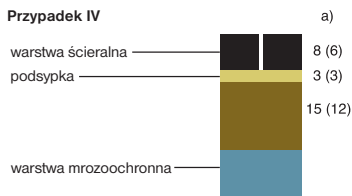
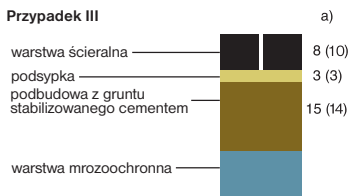
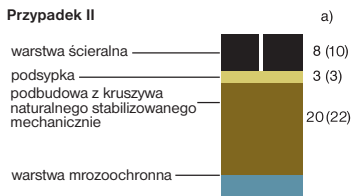
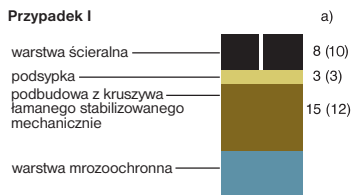
Konstrukcja nawierzchni z warstwą ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych dla kategorii ruchu R₀ – grubość warstwy w [cm]



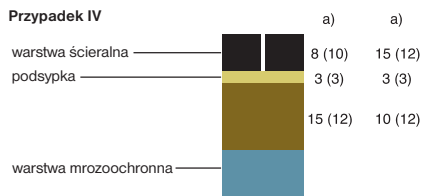
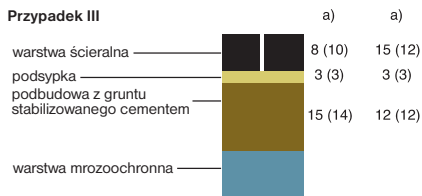
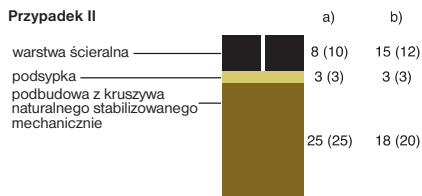
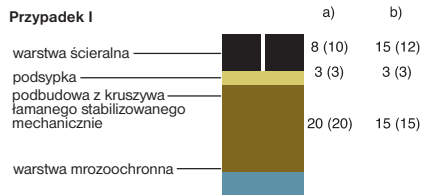
Konstrukcja nawierzchni z warstwą ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych dla kategorii ruchu R₁ – grubość warstwy w [cm]



Konstrukcja nawierzchni z warstwą ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych dla kategorii ruchu R₂ – grubość warstwy w [cm]



Konstrukcja nawierzchni z warstwą ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych dla kategorii ruchu R₃ – grubość warstwy w [cm]



Rys. 3.
Legenda do rysunków:
a) warstwa ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych innych niż elementy sześciokątne

b) warstwa ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych o kształcie sześciokątnym

c) warstwa ścierną z płyt chodnikowych (betonowych)

d) dla ruchu bardzo lekkiego R₀, warstwa ścierną z drobnowymiarowych elementów betonowych może być układana bezpośrednio na warstwie mrozoodpornej odpowiedniej grubości

Kostka Piccola w kolorach
nero, granito, solare
– producent Libet



podłużnego nawierzchni. W przypadku układania warstwy ścieralnej na podsypce cementowo-piaskowej i wypełnienia spoin między elementami mieszanką cementowo-piaskową należy prowadzić wykonanie szczelin dylatacyjnych w odległościach nie większych niż co 8 m. Szerokość szczelin dylatacyjnych powinna umożliwiać przejście przez nie przemieszczeń wywołanych bardzo wysokimi temperaturami nawierzchni w okresie letnim, lecz nie powinna być mniejsza niż 8 mm. Szczeliny te powinny być wypełnione trwale elastyczną zalewą drogową do głębokości wynoszącej 1,5 szerokości szczeliny, licząc od powierzchni warstwy ściernej, a dolna część szczeliny powinna być wypełniona wilgotną mieszanką cementowo-piaskową o stosunku masowym 1:8. Elastyczną masę zalewową stanowią zwykle zalewy kauczukowo-asfaltowe lub inne materiały syntetyczne, takie jak polimery wodno-emulsyjne czy prepolimery uretanowe spełniające wymagania norm przedmiotowych, aprobat technicznych lub innych właściwych przepisów.

Wygląd zewnętrzny

Warstwa ścieralna jednego typu konstrukcji nawierzchni powinna być wykonana z elementów o jednakowej grubości. Dopuszczalne odchylenie wysokości pomiędzy płaszczyznami sąsiadujących ze sobą elementów w warstwie ścieralnej nie powinno przekraczać 2 mm dla elementów o powierzchni gładkiej i 5 mm dla elementów o powierzchni obrobionej, np. przez profilowanie czy śrutowanie. Powierzchnia drobnowymiarowych elementów betonowych w warstwie ścieralnej położonych obok urządzeń infrastruktury technicznej (np. studzienki, włazy) powinna wystawać 3-5 mm powyżej powierzchni tych urządzeń oraz od 3 do 10 mm powyżej korytek ściekowych.

Wymagania dla obramowania

Krawężniki należy układać na ławie o grubości do 20 cm, z oporem z betonu klasy B15. Opór powinien mieć grubość 10 cm na wysokości nie mniejszej niż 10 cm. Szerokość ławy zależy jest od szerokości zastosowanych krawężników z dodatkiem na szerokość oporu i szerokości zastosowanych korytek ściekowych. Korytka ściekowe należy układać na ławie o grubości do 20 cm z betonu klasy B15, a jej szerokość zależy jest od szerokości zastosowanych korytek ściekowych. Ława, na której spoczywa krawężnik lub ściek, powinna być dylatowana szczelinami odległymi od siebie nie więcej niż 50 m. Spoiny między obrzeżami nie wymagają wypełnienia. Natomiast krawężniki i korytka ściekowe należy wykonywać ze spoinami o szerokości 5 mm, wypełnionymi drogowymi zalewami elastycznymi dla uniknięcia zmian destrukcyjnych powodowanych silnymi siłami ścinającymi, generowanymi podczas zmian wymiarów liniowych krawężników i korytek ściekowych w wysokich temperaturach letnich. Jak wynika z wieloletnich doświadczeń, stosowanie sztywnych wypełnień szczelin dylatacyjnych krawężników i korytek ściekowych stanowi bardzo poważne źródło zmian destrukcyjnych i stosowanie takiego rozwiązania zaliczyć należy do błędnych i wręcz szkodliwych dla prawidłowego wykonawstwa nawierzchni drogowych. Przy układaniu krawężników

Kostka Canteon Mix kolorów
– producent Bazaltex



na łukach o promieniu do 12,0 m należy stosować krawężniki łukowe. Przy łukach o promieniu powyżej 12,0 m można stosować krawężniki łukowe lub proste o długości 50 mm.

Rzędne wysokościowe obramowania nawierzchni mają być zgodne z dokumentacją projektową, a odchyłki od dokumentacji nie powinny być większe niż ± 1 cm. Ukształtowanie linii obramowania nawierzchni w planie powinno być zgodne z dokumentacją projektową, a dopuszczalne odchyłki nie mogą być większe niż 2 cm.

Wykonanie nawierzchni z kostki brukowej

Po prawidłowym wykonaniu projektu nawierzchni możemy przystąpić do praktycznej jej realizacji, którą można podzielić na następujące etapy:

- tyczenie projektu w terenie
- korytowanie pod krawężniki i obrzeża
- ułożenie kolejnych warstw nawierzchni:
 - warstwy mrozoochronnej
 - podbudowy
 - podsypki
 - warstwy ścieralnej.

Tyczenie projektu

Układanie nawierzchni drogowej z elementów wibroprasowanych należy rozpocząć od wykonania robót geodezyjno-pomiarowych, polegających na wytyczeniu w terenie usytuowania i wysokości konstrukcji drogowej.

W punkty określone w projekcie wbija się kołki lub metalowe szpilki, na których zaznacza się poziom, na jakim ma znajdować się nawierzchnia. Następnie przez punkty zaznaczone kołkami i szpilkami podczas tyczenia projektu w terenie przeciąga się żytkę lub linkę, która wyznacza górną krawędź obrzeża lub krawężnika, a także w pewnych przypadkach betonowej kostki brukowej spełniającej funkcję krawężnika [1].

Korytowanie

i ułożenie kolejnych warstw nawierzchni

Na powierzchni określonej w projekcie wykopuje się ręcznie lub mechanicznie ziemię na głębokość odpowiadającą grubości wszystkich warstw technologicznych, a następnie wyrównuje się i ubija zagęszczarką dno wykopu.

Najważniejszym czynnikiem decydującym o jakości i trwałości nawierzchni z betonowej kostki brukowej jest prawidłowe posadowienie wszystkich warstw technologicznych na stabilnej warstwie mrozoochronnej oraz wykonanie podbudowy.

Podbudowę nawierzchni stanowi zwykle warstwa konstrukcyjno-odsączająca z grubego żwiru i tłucznia o uziarnieniu 16-31,5 mm i grubości 20-40 cm oraz mieszanki żwirowo-piaskowej o uziarnieniu 0-16 mm i grubości 5-10 cm, która zagęszczona jest po zasypaniu i wyrównaniu zagęszczarkami mechanicznymi.

Warstwa podbudowy musi być przed zagęszczeniem o 30-40% grubsza niż wynika to z projektu, gdyż kruszywo grube po zagęszczeniu zmniejsza swoją objętość.

Na warstwie konstrukcyjnej układa się podsypkę. Wadą podsypki piaskowej jest jej wysoka podatność na wymywanie przez wodę i to, że nie powinna być układana w temperaturze $< 0^{\circ}\text{C}$.



Źródło: Bruk-Bet

Grubość podsypki po zagęszczeniu powinna wynosić 3-5 cm, a zasypywana w stanie luźno usypanym zgarniana jest przymiarami tak, żeby przed zagęszczeniem leżała 1 cm powyżej rzędnej projektowej. Podsypki z początku się nie zagęszcza, a zagęszczenie następuje dopiero po odpowiednim ułożeniu warstwy ścieralnej z tzw. przewiązaniem. Taki sposób zagęszczania podsypki pozwala na wyrównanie różnic wysokości kostki o dopuszczalnych tolerancjach wymiarów powstających w procesie produkcji betonowej kostki brukowej.

Podsypki cementowo-piaskowe, żwirowo-piaskowe i żwirowe powinny być wykonywane analogicznie jak piaskowe, lecz ich grubość może być niekiedy większa (do 10 cm).

W praktyce układania nawierzchni z kostki brukowej coraz częściej stosuje się operacje stabilizowania i separowania poszczególnych warstw za pomocą folii, geotkaniny lub geowłókniny. Folia stosowana jest najczęściej jako separator podłoża na stacjach benzynowych, działając jako ekran przeciwfiltracyjny uniemożliwiający przenikanie do gruntu substancji ropopochodnych. Natomiast geotekstylia i geowłókniny uniemożliwiają wyniesienie przez wody opadowe kruszyw drobnoziarnistych z warstw podłoża i podsypki stabilizowanych mechanicznie. Są to rozwiązania bardzo nowoczesne i skuteczne w stosowaniu, choć istotnie podwyższają koszty wykonania prac.

Spoinowanie nawierzchni z betonowej kostki brukowej

Elementy drobnowymiarowe z betonu wibroprasowanego, czyli betonowa kostka brukowa, tworzą stabilną konstrukcję nośną, przenoszącą poszczególne obciążenia powierzchniowe na podbudowę. Jeżeli nawierzchnia taka jest obramowana krawężnikami, to zachowuje się ona pod względem przenoszonych naprężeń podobnie do konstrukcji sklepienia, pod warunkiem że spoiny są prawidłowo wypełnione.

W przeciwnym przypadku nawierzchnia pracuje i ulegając deformacjom przemieszcza się tak długo, aż się sama ustabilizuje. W warstwie ścieralnej betonowe kostki brukowe tworzą konstrukcję monolityczną i oddziałują na siebie za

Kostka Stare Miasto – producent Bruk-Bet

pośrednictwem materiału wypełniającego spoiny. Prawidłowe wykonanie spoinowania jest więc warunkiem stateczności nawierzchni. Błędy spoinowania są przyczyną występowania licznych zmian destrukcyjnych podłoża, a takie często niesłusznych reklamacji jakości betonowej kostki brukowej.

Typowymi objawami niewłaściwego wykonywania spoin jest odpryskiwanie górnych krawędzi kostki. Odporność betonowej kostki brukowej, a szczególnie jej naroży na oddziaływanie sił ścinających jest niewielka, dlatego często wiąże się przyczynę ścinania naroży z niewłaściwą jakością kostki, co bardzo często bywa wnioskiem fałszywym.

Szerokość fugi projektowanej w nawierzchni z betonowej kostki brukowej nie powinna być mniejsza niż 3-5 mm, a obecne na powierzchniach bocznych kostki wypustki dystansowe nie zastępują spoiny.

Obecność spoiny pozwala na zniwelowanie uwarunkowanej względami technologicznymi niedoskonałości wymiarów długości i szerokości, co zdecydowanie poprawia estetykę ułożonej nawierzchni.

Materiał służący do wypełnienia spoin musi być tak dobrany, żeby możliwe było wzajemne przeniesienie obciążeń z kostki na kostkę, co zapewnione jest tylko w przypadku pełnego wypełnienia spoiny. Dlatego nawierzchnie z betonowej kostki brukowej należy fugować wyjątkowo solidnie, za pomocą specjalnych szczotek, powtarzając ten zabieg wielokrotnie, aż do uzyskania pełnego powodzenia.

Stateczność nawierzchni poprzez odpowiednie tzw. wiązanie kostki

Prawidłowe rozłożenie obciążeń nawierzchni drogowej wynikających z ruchu kołowego można osiągnąć poprzez odpowiedni sposób ułożenia kostki, czyli wzór jej ułożenia. Szczególną rolę odgrywają w tym przypadku obciążenia dynamiczne, które oddziałując na nawierzchnię z betonowej kostki brukowej próbują obrócić ją w kierunku jazdy.

Kostki zabudowane w nawierzchni mogą się przeciwstawić ruchowi obrotowemu wymuszonemu przez obciążenia dynamiczne opierając się o sąsiednie kostki za pośrednictwem materiału wypełniającego spoiny. Kostki ułożone prostopa-

dle do kierunku jazdy przenoszą siłę oporu wobec obrotu na dwie ścianki czołowe, a w przeniesieniu tego obciążenia aktywne są tylko dwie spoiny.

W przypadku ułożenia kostki po przekątnej do kierunku jazdy przenoszenie się sił przeciwdziałających jej obrotowi odbywa się za pośrednictwem wszystkich czterech ścianek bocznych i wszystkich czterech spoin. W praktyce oznacza to, że taka konfiguracja ułożonej kostki – wg wzoru po przekątnej – jest o wiele bardziej stateczna. Ułożenie kostki po przekątnej ma oprócz podwyższenia stateczności nawierzchni jeszcze dodatkową zaletę, wpływa na zmniejszenie poziomu hałasu komunikacyjnego. Redukcję szumów toczenia kół pojazdów uzyskać można również przez zastosowanie do budowy nawierzchni kostki bezfazowej lub z tzw. mikrofazą.

dr inż. Witold Brylicki
Stowarzyszenie Producentów
Brukowej Kostki Drogowej w Bydgoszczy

Literatura

- 1 *Praca zbiorowa: Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych. Opracowanie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie 2001 r.*
- 2 *Projekt PN-S Drogi samochodowe. Nawierzchnie z drobnowymiarowych elementów betonowych. Wymagania i badania (Projekt normy, który ostatecznie nie został zatwierdzony przez PKN ze względu na zobowiązania strony polskiej po podpisaniu Układu o Stowarzyszeniu Polski z UE)*
- 3 *Praca zbiorowa: Katalog typowych podatnych i półsztywnych nawierzchni ulic. Opracowanie: Biuro Projektów Budownictwa Komunikacyjnego „Stolica” Warszawa 1990 r.*
- 4 *L. Pesch, P. Schmincke, Strassenbau heute. Hrsg. Bundesverb. d. Zementindustrie, Köln – Düsseldorf: Beton – Verlag 1990*
- 5 *W. Brylicki, Kostka brukowa z betonu wibroprasowanego, Polski Cement. Sp. z o. o., Kraków 1998*
- 6 *J. Mierzwa, K. Pogan, Kostka brukowa jako materiał nawierzchniowy w budownictwie drogowym w aspekcie kwalifikacji jej jakości, Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SJTK 1997, nr 52, str. 89-99*
- 7 *T. Nowakowski, Nawierzchnie z betonowych kostek brukowych, „Materiały Budowlane” 1996, nr 3, str. 17-19*

*Droga: kostka Via Appia,
chodnik: kostka Nostalit
56/Bruk Zielonogórski
– producent ZPB Kaczmarek*



foto: ZPB Kaczmarek