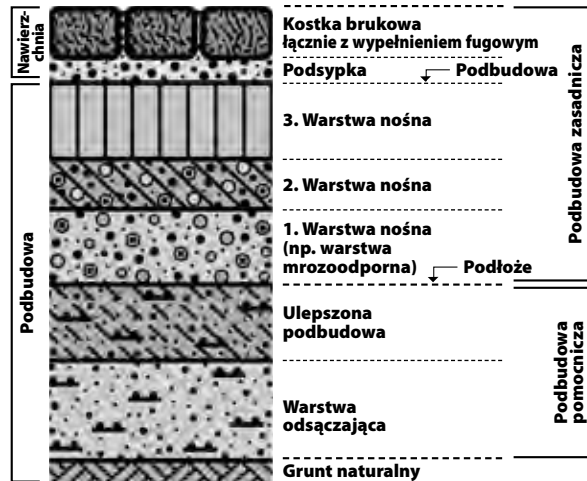


	Strona
12 Fugowanie okładzin brukowych	187
12.1 Cementowe wypełnianie spoin	193
12.2 Fugowanie drenażowymi zaprawami na bazie żywic reaktywnych	199

Podstawy

Wzmacnianie nawierzchni dróg, ulic i placów za pomocą płyt i kostki brukowej stanowi jedną z najstarszych metod budowlanych. Jest ona praktykowana do dnia dzisiejszego na wielu budowach dróg i ulic.



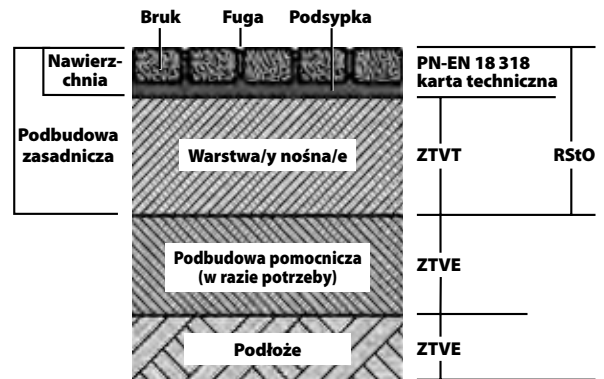
W zależności od rodzaju drogi czy placu i sposobu ich wykorzystania (obciążenia użytkowe, maszyny czyszczące itp.) – rozróżnia się dwie metody budowy: „sztywną” (związaną) i „elastyczną” (nie związaną).

Przy budowie sztywnej/związanej dodaje się do fug, podsypki i warstwy nośnej materiały zawierające substancje wiążące, przy elastycznej/nie związanej – materiały nie zawierające substancji wiążących.

Istnieje również wariant „półsztywny” (połączenie nie związanej podbudowy ze sztywnym fugowaniem) przeznaczony do dróg i placów o niewielkich obciążeniach użytkowych (strefy ruchu pieszego itp.). W tym przypadku tworzy się kombinację ze związanej podsypki na nie związanej warstwie nośnej oraz związanej fugi.

Problematyczna w tym układzie jest ustępująca (sprężynująca) podbudowa w stosunku do sztywnych fug. Z tego powodu, konstrukcja taka może mieć zastosowanie jedynie w przypadku niewielkich obciążeń ruchomych, które nie uszkadzają związanych fug.

Przy planowaniu i wykonawstwie ulic, dróg i placów – należy przestrzegać następujących zasad:



- **ZTVP - StB 06 (FGSV)**

Dodatkowe warunki techniczne i dyrektywy dla prac ziemnych w budownictwie drogowym.

- **PN-EN 18318 (VOB, część C)**

Prace przy szlakach komunikacyjnych; nawierzchnie brukowe, okładziny z płyt.

- **DIN EN 1338, DIN EN 1339**

Płyty brukowe z betonu, płyty z kształtek betonowych.

- **DIN EN 1342, DIN EN 1342**

Płyty z kamienia naturalnego w obszarach zewnętrznych, kostka brukowa z kamienia naturalnego w obszarach zewnętrznych.

- **DIN EN 1344, DIN EN 1345**

Klinkier drogowy osadzany w podłożu piaskowym, klinkier drogowy osadzany w zaprawie.

- **Karta Techniczna DNV**

Prace przy szlakach komunikacyjnych; nawierzchnie brukowe, okładziny z płyt z kamienia naturalnego.

- **MFP1 (FGSV)**

Wskazówki wykonawcze dotyczące wzmacniania nawierzchni okładziną brukową i płytową, część 1 typowy sposób wykonania (wykonanie nie związane).

- **MFP2 (FGSV – w opracowaniu)**

Wskazówki wykonawcze dotyczące wzmacniania nawierzchni okładziną brukową i płytową, część 2 nietypowy sposób wykonania (wykonanie związane).

- **RStO 01 (FGSV)**

Wytyczne dotyczące standaryzacji nawierzchni dróg komunikacyjnych.

Podstawy

Przy sztywnej budowie, okładzina brukowa i płyty układane są w zaprawie hydraulicznie wiążącej na sztywnej warstwie nośnej. Wcześniej stosowano nieprzepuszczające wodę warstwy betonowe lub sztywne warstwy nośne. Obecnie preferuje się wodoprzepuszczalne drenażowe warstwy betonowe lub asfalt drenażowy. Zaprawa również powinna być wodoprzepuszczalna. Nie dotyczy to zaprawy fugowej. Kamienie należy układać wtedy w równomiernych, odpowiednio dużych odstępach. Niektóre płyty z bloczków betonowych posiadają specjalne wypustki dystansowe, które umożliwiają tworzenie równomiernych spoin, bez konieczności wyjątkowo dokładnego i precyzyjnego układania.

Wypełnianie spoin może odbywać się również za pomocą sztywnej zaprawy fugowej. Poprzez kombinację „sztywna podbudowa” i „sztywne fugowanie” – powstaje monolityczny system, odporny na największe obciążenia.

Systemy sztywne posiadają właściwości odkształcania się w zależności od obciążeń. Wygięcia mogą jednak osiągać jedynie niewielkie wartości, ponieważ zaprawy cementowe posiadają małą odporność na wyginanie (ok. 0,1 do 0,2 mm/m).

Ze względu na różnego rodzaju obciążenia (użytkowe, termiczne), niehomogeniczną konstrukcję okładziny brukowej oraz różne odporności na zginanie i powstające w ten sposób wewnętrzne naprężenia, nie do uniknięcia jest powstawanie rys. Nie prowadzą one jednak do uszkodzenia okładziny brukowej.



Kostka brukowa granitowa, układana w zaprawie hydraulicznie wiążącej (chudy beton).



Układanie kostki brukowej z elastyczną podbudową, na podłożu żwirowo-piaskowym.



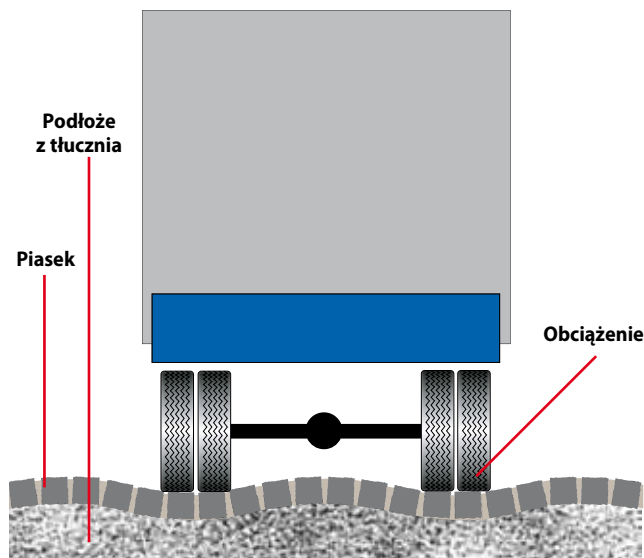
Płyty brukowe betonowe układane w betonowej warstwie nośnej.

Podstawy

Przyczyny uszkodzeń

Stosowana od dawna elastyczna metoda układania kostki brukowej tylko w ograniczonym zakresie odpowiada dzisiejszym wymogom użytkowym. Poprzez stałe nasilanie się obciążeń (samochody ciężarowe, autobusy) – okładziny elastyczne znajdują się często w opłakanym stanie. Stosowanie maszyn czyszczących, które odsysają nie związane wypełnienie spoin (piasek, żwir itp.) – ułatwia przedostawanie się wody do środka, a przez to długotrwałe niszczenie całości konstrukcji. Dochodzi do takich uszkodzeń jak: wgłębienia, osiadanie, poluzowanie się i przesuwanie kamieni. Aby im zapobiec, w obszarach narażonych na wysokie obciążenia użytkowe, należy układać kamienie przy pomocy odpowiedniej zaprawy, mocując je do związanej warstwy nośnej. Fugowanie powinno odbywać się przy użyciu bardzo wytrzymałej, hydraulicznie wiążącej zaprawy fugowej lub zaprawy na bazie żywic reaktywnych.

Budowa elastyczna



Powstawanie luk i przesuwanie się okładziny, spowodowane czyszczeniem i wysokimi obciążeniami użytkowymi w przypadku podłoża elastycznych.



Wyplukane wypełnienie na skutek czyszczenia mechanicznego.



Przesunięta okładzina na skutek brakującego wypełnienia i odpowiednio wysokich obciążeń użytkowyc.



Zniszczona fuga, jako efekt kombinacji sztywnego wypełnienia i elastycznego podłoża przy wysokich obciążeniach użytkowyc.

Podstawy

Kostka brukowa

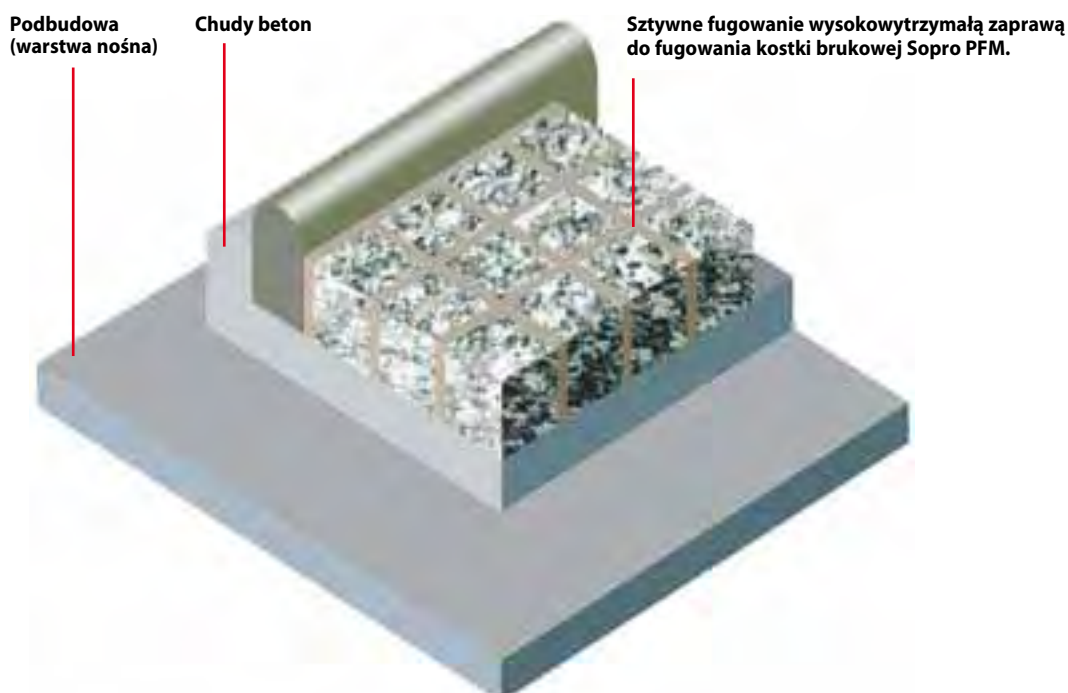
Obok płyt z bloczków betonowych, posiadających wytrzymałości określone normą DIN, jedną z najstarszych metod utwardzania dróg jest bruk z obrobionego i nie obrobionego kamienia naturalnego.

Przy wykonywaniu okładziny brukowej w obszarach zewnętrznych należy unikać kamieni naturalnych podatnych na wietrzezenie.



Okładzina brukowa z kamienia naturalnego o wysokiej wytrzymałości, na odcinkach dróg o wzmożonym ruchu.

Budowa sztywna

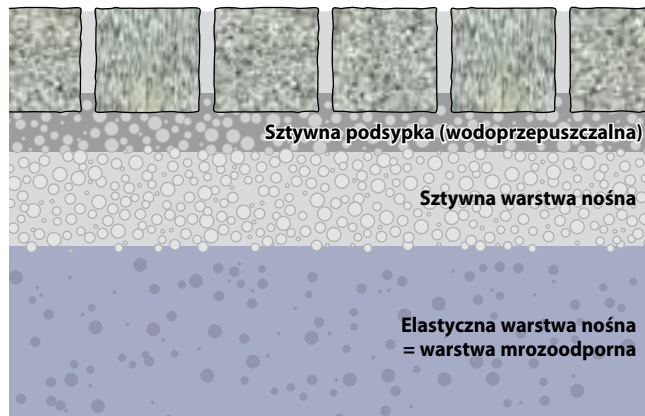


Wytrzymałość kamieni naturalnych na obciążenia

Grupy kamieni	Wytrzymałość na obciążenia wg DIN 52105 N/mm ²
A. Skały magmowe	
1. granit, sjenit	160 – 240
2. diorit, gabro	170 – 300
3. porfiryt kwarcowy keratofir porfir andezyt	180 – 300
4. bazalt, melafir, lawo bazaltowa	250 – 400 280 – 150
5. diabaz	180 – 250
B. Skały uwarstwione	
6. kamienie krzemowe a) kwarc żyłowy, kwarcyt, szarogłaz b) piaskowce kwarcowe c) inne piaskowce kwarcowe	120 – 300
7. Wapienie a) zwarte wapienie i dolomity (łącznie z marmurami) b) pozostałe wapienie (łącznie z konglomeratami wapiennymi) c) trawertyn	80 – 180
C. Skały metamorficzne	
8. gnejs, granulit	160 – 280

Podstawy

Kostka brukowa



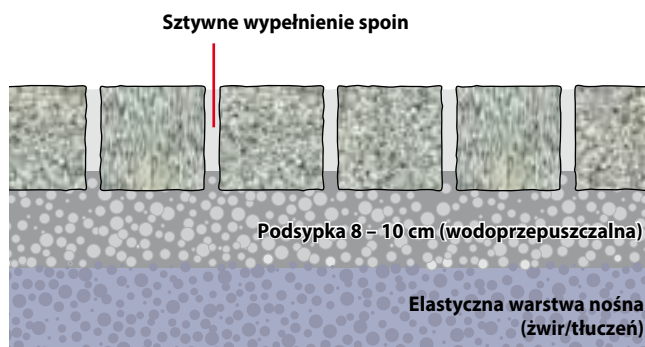
Dane według RSTO.

Budowa:

- 14 – 16 cm bruk z kamienia naturalnego
- 4 – 5 cm podsypka
- 14 – 16 cm sztywna warstwa nośna (wodoprzepuszczalna)
- 14 – 16 cm warstwa mrozoodporna

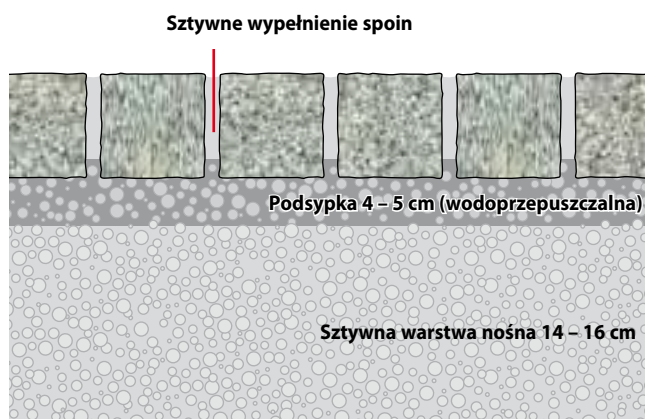
Aktualne przepisy, takie jak RSTO, przewidziane są dla konstrukcji elastycznych. Ze względu na brak sprężystości konstrukcji sztywnych oraz ich wrażliwość przy osiadaniu, zaleca się stosowanie wyższych wymagań i większych grubości warstw.

Konstrukcja dla lekkich i średnich obciążeń



- wjazdy na posesję
- drogi ogrodowe i parkingowe
- powierzchnie parkingów
- strefy ruchu pieszego

Konstrukcja dla średnich i dużych obciążeń



- ruch samochodów osobowych, autobusów i samochodów ciężarowych
- place manewrowe
- drogi
- ronda i wysepki drogowo

Podstawy

Konstrukcje brukowe

Warstwa nośna



Warstwa żwiru/tłucznia, ubita/zagęszczona, przy lekkim lub średnim obciążeniu.



Sztywna warstwa nośna (beton), dla średnich i dużych obciążeń.

Podsypka



8 - 10 cm zaprawy drenażowej, podsypka ze żwiru/ tłucznia przy lekkich lub średnich obciążeniach.



Sopro DM 610 Zaprawa drenażowa

Uwagi: Przy zastosowaniu zaprawy drenażowej Sopro DM jako podsypki na sztywnej warstwie nośnej, wystarczy wykonanie warstwy o grubości 4 - 5 cm.

Mostek szcpepny



Dla uzyskania optymalnej przyczepności między podsypką a spodnią stroną kamienia, należy pokryć go podkładem przyczepnym Sopro HSF.



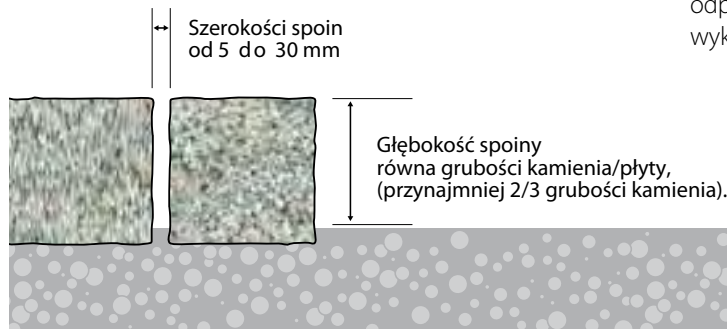
Sopro HSF 748

Podkład przyczepny elastyczny z trasem

Cementowe wypełnianie spoin

Ponieważ pod wpływem oddziaływania temperatury oraz skurczów mogą powstawać pojedyncze mikropęknięcia, podsypka oraz warstwa nośna powinny być wodoprzepuszczalne. Natomiast wypełnienie spoin oraz materiał okładzinowy powinny być wodoszczelne. W budownictwie drogowym należy przestrzegać zasady, że konstrukcja ma stawać się coraz bardziej wodoprzepuszczalna w kierunku od góry do dołu.

Szerokość i głębokość spoin



Aby okładzina zachowała na długo swoją funkcjonalność i odporność na obciążenia, należy odpowiednio zaprojektować i wykonać szerokości i głębokości spoin (2/3 grubości kamienia).

Zapobieganie powstawaniu uszkodzeń: poprzez zastosowanie sztywnej budowy i sztywnego fugowania.



Powierzchnia z kostki brukowej odporna na wysokie obciążenia, spoiny wypełnione wysokowytrzymałą zaprawą do fugowania kostki brukowej Sopro PFM.



Sopro PFM

Zaprawa fugowa do kostki brukowej - wysokowytrzymała

Hydraulicznie wiążąca, wysokowytrzymała zaprawa fugowa do spoinowania okładzin brukowych z kamienia naturalnego, narażonych na wysokie obciążenia.

Okładzina z płyt betonowych (wyroby betonowe):



Wysokowytrzymała okładzina z kształtek betonowych, spoiny wypełnione trasową fugą do kamienia naturalnego Sopro TNF.



Sopro TNF

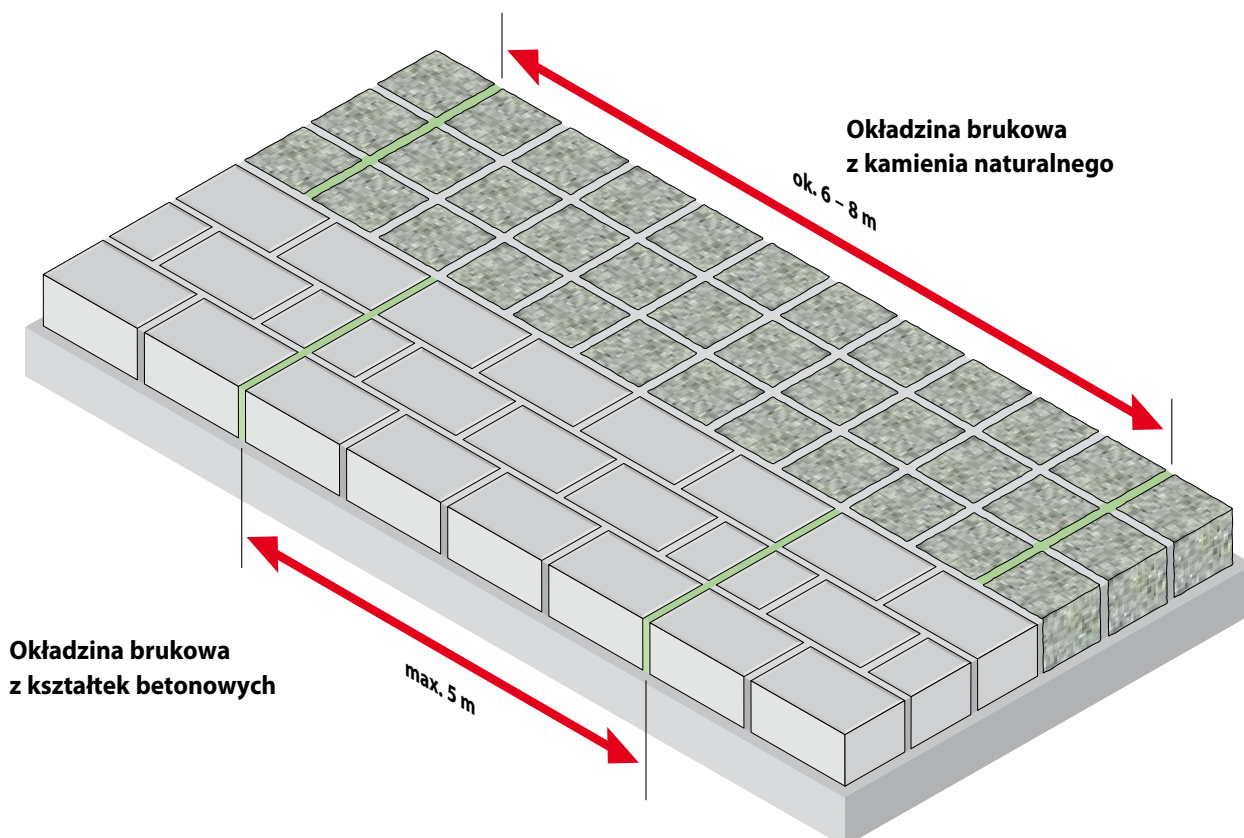
Zaprawa fugowa z trasem do kamieni naturalnych

Hydraulicznie wiążąca zaprawa fugowa, przystosowana szczególnie do specyfiki brukowych kształtek betonowych (wyrobów betonowych).

Cementowe wypełnianie spoin

Układ fug dylatacyjnych

Ze względu na powstające pod wpływem temperatury naprężenia, wewnątrz monolitycznej konstrukcji okładziny brukowej, należy właściwie zaprojektować fugi dylatacyjne.



Przy budowie konstrukcji płaskich i rynnowych pokrytych okładziną brukową, płytami betonowymi, brukiem klinkierowym czy kamieniem naturalnym rozmieszczenie fug dylatacyjnych powinno być zgodne ze wskazówkami technicznymi dotyczącymi wzmocnienia powierzchni okładzinami z kostki brukowej i płyt. W zależności od materiału okładzinowego należy zachować odstępy od 5 do 8 m.

Przy powierzchniach wykonywanych z płyt betonowych, zwłaszcza w przypadku konstrukcji ciągłych, należy przewidzieć odstęp między fugami dylatacyjnymi ok. 5 m, ponieważ obok termicznie uwarunkowanych zmian długości, należy również uwzględnić występujące w betonie skurcze.

W przypadku okładzin z kamienia naturalnego odstępy między fugami dylatacyjnymi mogą wynosić maksymalnie 8 m.

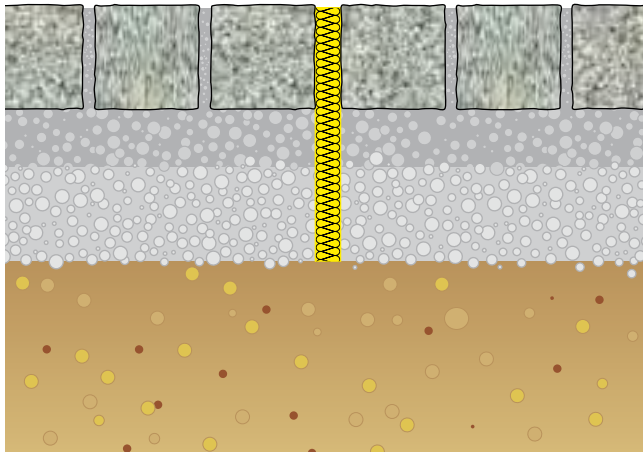


Przy budowie konstrukcji ciągłych (np. perony, rynny itp.) układ fug dylatacyjnych jest szczególnie ważny.

Cementowe wypełnianie spoin

Fugi dylatacyjne

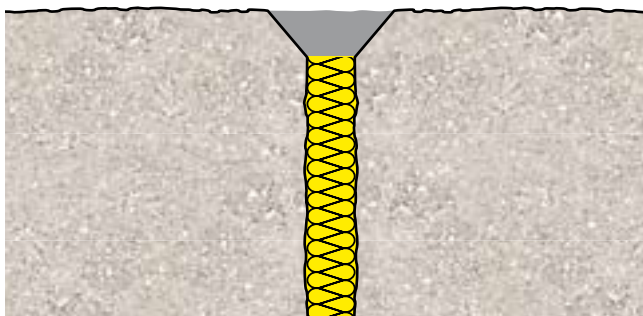
Wypełnianie materiałem elastycznym



Tworzenie fugi dylatacyjnej poprzez wprowadzenie materiału elastycznego (np. konstrukcje rynnowe).



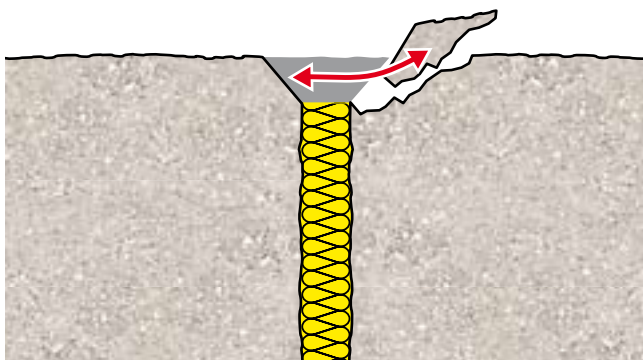
Kształtka gumowa wbudowana jako fuga dylatacyjna w betonową okładzinę brukową.



Elementów fug dylatacyjnych nie należy zalewać zaprawą fugową, ponieważ przestają wówczas spełniać swoją funkcję.



Pokryta fuga dylatacyjna; przeniesienie naprężeń nie jest możliwe, w ten sposób cała konstrukcja narażona jest na uszkodzenia.



Odpryski i rysy powstające na skutek pokrycia fugi dylatacyjnej.

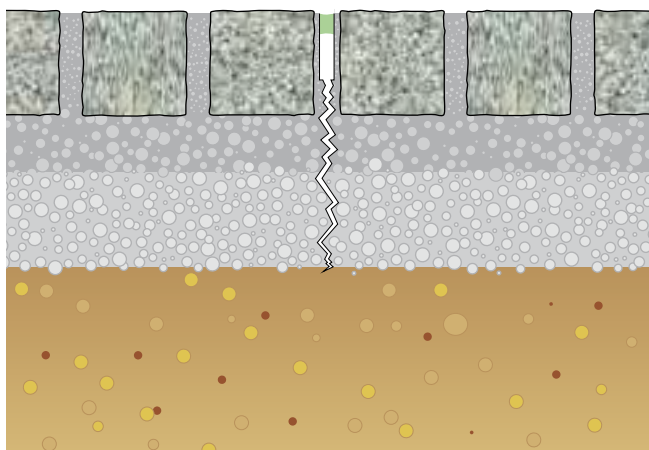


Odpryski na kostce brukowej.

Cementowe wypełnianie spoin

Fugi dylatacyjne

Tworzenie fug dylatacyjnych poprzez nacinanie



Nacinanie okładzin sprawdza się jedynie w przypadku okładzin z kamienia naturalnego, odpornych na wysokie obciążenia. Dzięki nacięciu kamienie osadzone przy fudze dylatacyjnej zachowują swoją stabilność i nie przekrzywiają się.



Nacinanie okładziny po wykonaniu spoin.



Wypełnianie nacięcia elastycznym materiałem.

Cementowe wypełnianie spoin

Kostka brukowa z kamienia naturalnego (powierzchnie dróg)



Kostka z kamienia naturalnego o różnych szerokościach spoin, do wypełnienia za pomocą wysoko wytrzymałej zaprawy do fugowania kostki brukowej Sopro PFM.



Mieszanie zaprawy fugowej mieszadłem.



Proste wypełnianie spoin dzięki doskonałej rozlewności zaprawy fugowej.



Czyszczenie dużych powierzchni przy pomocy maszyny zmywającej.



Czyszczenie mgiełką wodną.



Czyszczenie małych powierzchni packą z gąbką.



Sopro PFM - wysokowytrzymała zaprawa fugowa do kostki brukowej

Cementowa, zawierająca tras, szybkowiążąca i wytrzymała na obciążenia zaprawa fugowa do okładzin z kostki brukowej i kamienia naturalnego, o lekkich, średnich i silnych obciążeniach, CG2 według PN-EN 13888. Niska zawartość chromianów zgodnie z Dyrektywą 2003/53/EWG.

- dla grubości spoin 5 – 30 mm
- wytrzymałość na ścislenie $\geq 45 \text{ N/mm}^2$
- odporna na czyszczenie mechaniczne
- wysoka wytrzymałość spoin
- odporna na ścieranie
- zredukowane powstawanie wykwitów wapiennych
- szybko osiąga gotowość do chodzenia i obciążania
- odporna na sól do odładzania jezdni

Cementowe wypełnianie spoin

Wypełnianie spoin trasową zaprawą fugową do kamienia naturalnego

Okładzina z betonowej kostki brukowej (rynny)



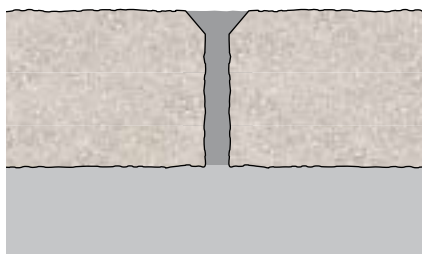
Dokładne nawilżenie rynny z betonowej kostki brukowej.



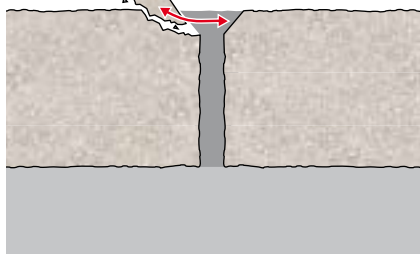
Nanoszenie dopasowanej kolorystycznie trasowej zaprawy fugowej do kamienia naturalnego Sopro TNF.



Czyszczenie powierzchni po związaniu zaprawy fugowej mgiełką wodną.



Uwaga: spoiny okładziny z betonowej kostki brukowej nie mogą zostać wypełnione aż do górnej krawędzi, tzn. należy wymyć zaprawę aż do krawędzi ścicia kostki, tak aby później kostka nie uległa uszkodzeniu.



Odlamanie górnej krawędzi kostki na skutek pełnego wypełnienia spoiny.



Pozostawione wolne, górne powierzchnie spoin w okładzinie z betonowych kostek brukowych.



Sopro TNF - zaprawa fugowa do kamienia naturalnego z traselem

Cementowa, zawierająca trasę, szybkowiążąca zaprawa fugowa do spoinowania betonowej kostki brukowej (zwłaszcza konstrukcje rynnowe) o obciążeniach od lekkiego do silnego.

- dla grubości spoin 5 – 30 mm
- odporna na czyszczenie mechaniczne
- odporna na sól do odladzania jezdni
- wytrzymałość na ściskanie $\geq 25 \text{ N/mm}^2$
- szybko osiąga gotowość do chodzenia i obciążania
- odporna na działanie wody pod ciśnieniem

Fugowanie drenażowymi zaprawami na bazie żywic reaktywnych

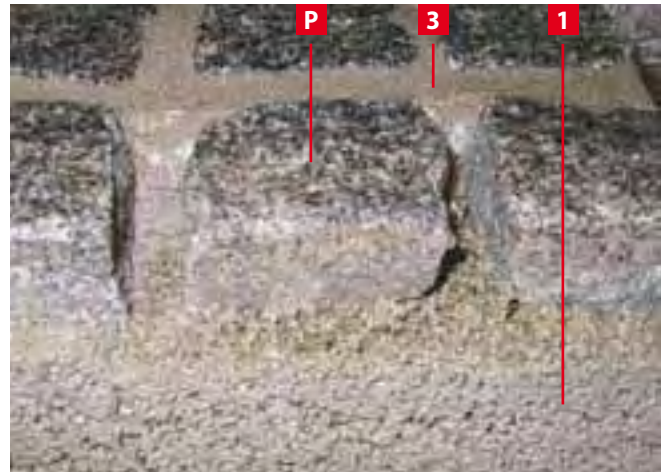
Przepuszczające wodę powierzchnie z kostki brukowej

Aby otrzymać powierzchnię z kostki brukowej przepuszczającą wodę, zaleca się zastosowanie fugi epoksydowej Sopro do kostki brukowej.

Dzięki zastosowaniu piasku kwarcowego o jednolitym uziarnieniu, zaprawa posiada zdolność przepuszczania wody.

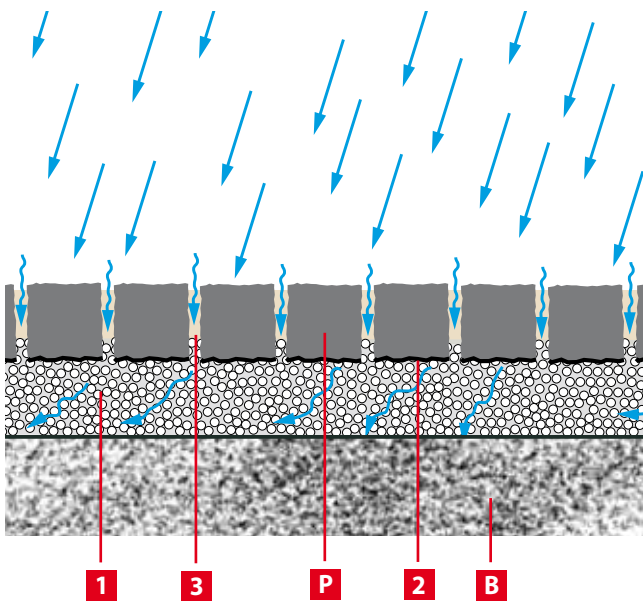
Jako podsypkę i powierzchnię nośną należy zastosować materiał o zdolnościach drenażowych, tak aby wodę deszczową odprowadzać do podłoża. Jak napisano w rozdziale 12, w części - Podstawy - rodzaj podsypki i warstwy nośnej należy dobrać w zależności od obciążeń użytkowych.

Poprzez połączenie fugi epoksydowej do kostki brukowej Sopro z zaprawą drenażową Sopro (zaprawa o dużej przepuszczalności wody), uzyskuje się sztywny system całkowicie przepuszczający wodę, który jednocześnie jest odporny na wysokie obciążenia.



Przekrój przez cały system budowy drenażowej.

Zalecenia produktowe



Okładzina brukowa na zaprawie drenażowej Sopro, spoiny wykonane zaprawą fugową do kostki brukowej Sopro EPF.

- 1** zaprawa drenażowa Sopro DM
- 2** podkład przyczepny elastyczny z trasem Sopro HSF
- 3** fuga epoksydowa do kostki brukowej Sopro EPF
- B** beton wodoprzepuszczalny lub warstwa tłucznia (warstwa nośna)
- P** kostka brukowa



Sopro EPF 594

Fuga epoksydowa do kostki brukowej (dwuskładnikowa) dla lekkich i średnich obciążeń.



Sopro PF 671

Fuga do kostki brukowej (jednoskładnikowa) dla lekkich obciążeń użytkowych (ruch pieszy).



Sopro DM 610

Zaprawa drenażowa.

Fugowanie drenażowymi zaprawami na bazie żywic reaktywnych

Układanie i fugowanie okładzin brukowych przepuszczających wodę



Podłoże

- warstwa nośna sztywna (przepuszczająca wodę)
➔ wysokie obciążenia użytkowe.
- zagęszczone podłoże ze żwirku lub tłucznia
➔ obciążenia lekkie do średnich

Zaprawy



Sopro DM 610
Zaprawa drenażowa.



Sopro HSF 748
Podkład przyczepny elastyczny z trasem

Fugi



Sopro PF 671
Fuga do kostki brukowej (jednokładnikowa) dla lekkich obciążeń.



Sopro EPF 594
Fuga epoksydowa do kostki brukowej (dwuskładnikowa) do lekkich i średnich obciążeń.



Sopro HFE 694
Fuga epoksydowa do kostki brukowej (dwuskładnikowa), stosowana przy wysokich obciążeniach, jednakże nie posiadająca właściwości drenażowych.

Fugowanie drenażowymi zaprawami na bazie żywic reaktywnych

Wypełnianie spoin fugą epoksydową do kostki brukowej



Nawilżanie wyczyszczonej okładziny, która ma być wypełniona zaprawą fugową.



Dodanie utwardzacza do mieszanki piasku kwarcowego nasyczonego żywicą.



Mieszanie dwuskładnikowej fugi epoksydowej do kostki brukowej z dodatkiem wody.



Nanoszenie dwuskładnikowej fugi epoksydowej do kostki brukowej.



Wypełnianie szczelin zaprawą.



Czyszczenie gotowej okładziny z wypełnionymi spoinami.

Sopro EPF - fuga epoksydowa do kostki brukowej, dwuskładnikowa

Dwuskładnikowa, nie zawierająca rozpuszczalników, emulgująca z wodą zaprawa fugowa na bazie żywic reaktywnych, do okładzin z kostki brukowej i kamienia naturalnego w obszarach o lekkim i średnim obciążeniu.

- dla grubości spoin od 5 mm
- przepuszczająca wodę
- odporna na czyszczenie mechaniczne
- łatwa w obróbce
- zdolna do tworzenia szlamu
- odporna na sól do odładzania jezdni



Odporna na działanie wody pod ciśnieniem.