

**ZASADY KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
Z PŁYT BRUKOWYCH TYPU UNIQUE STONE**

Opracował:

dr inż. Cezary Kraszewski

Warszawa, listopad 2012

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania są zasady konstrukcji nawierzchni z prefabrykowanych płyt brukowych betonowych typu Unique Stone.

1.2. Zakres stosowania

Opracowanie zawiera zasady konstrukcji nawierzchni z prefabrykowanych płyt brukowych dla ruchu pieszego, pieszo-jezdnego o małej intensywności pojazdów o dopuszczalnej masie 3,5T.

Prefabrykowane płyty betonowe stosuje się do nawierzchni:

- ciągów pieszo-jezdnych,
- chodników, alei spacerowych, ścieżek, pasaży,
- ścieżek rowerowych,
- elementów małej architektury drogowej, elementów miejsc obsługi podróżnych itp.

1.3. Określenia podstawowe

1.3.1. Betonowa płyta brukowa - prefabrykat betonowy stosowany do budowy warstwy ścieralnej nawierzchni, wykonany metodą wibroprasowania z betonu niezbrojonego niebarwionego lub barwionego, jedno- lub dwuwarstwowego, którego długość jest mniejsza niż 1m, a długość całkowita płyty podzielona przez grubość jest większa niż 4.

1.3.2. Nawierzchnia z betonowych płyt brukowych - nawierzchnia, której warstwa ścieralna jest wykonana z płyt betonowych.

1.3.3. Krawężnik - prosty lub łukowy element budowlany oddzielający jezdnię od chodnika, charakteryzujący się stałym lub zmiennym przekrojem poprzecznym i długością nie większą niż 1,0 m.

1.3.4. Ściek - umocnione zagłębienie, poniżej krawędzi jezdni, zbierające i odprowadzające wodę.

1.3.5. Obrzeże - element budowlany, oddzielający nawierzchnie chodników i ciągów pieszych od terenów nie przeznaczonych do komunikacji.

1.3.6. Spoina - odstęp pomiędzy przylegającymi elementami (płytami) wypełniony określonymi materiałami wypełniającymi.

1.3.7. Szczelina dylatacyjna - odstęp dzielący duży fragment nawierzchni na sekcje w celu umożliwienia odkształceń temperaturowych, wypełniony określonymi materiałami wypełniającymi.

2. MATERIAŁY

2.1. Prefabrykowana płyta brukowa

Do wykonywania nawierzchni stosuje się betonowe płyty brukowe o wymiarach nominalnych: 50cmx50cmx7cm

Betonowe płyty brukowe powinny spełniać wymagania techniczne określone w PN-EN 1339.

2.1.1. Składowanie płyt brukowych

Betonowe płyty brukowe zaleca się pakować na paletach. Palety mogą być składowane na otwartej przestrzeni, przy czym podłoże powinno być wyrównane i odwodnione.

2.2. Materiały na podsypkę i do wypełnienia spoin oraz szczelin w nawierzchni

a) na podsypkę piaskową pod nawierzchnię należy stosować:

- piasek naturalny wg PN-EN 13242,
- piasek łamany (0,075÷2) mm wg PN-EN 13242,

b) na podsypkę cementowo-piaskową pod nawierzchnię

- mieszankę cementu i piasku w stosunku 1:4 z piasku naturalnego spełniającego wymagania PN-EN 13242, cementu powszechnego użytku spełniającego wymagania PN-EN 197-1 i wody odpowiadającej wymaganiom PN-EN 1008,
- c) do wypełniania spoin w nawierzchni
- piasek naturalny spełniający wymagania PN-EN 13242,
 - piasek łamany (0,075÷2) mm wg PN-EN 13242,
- d) do wypełniania szczelin dylatacyjnych w nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej
- do wypełnienia górnej części szczeliny dylatacyjnej należy stosować drogowe zalewy kauczukowo-asfaltowe lub syntetyczne masy uszczelniające (np. poliuretanowe, poliwinylowe itp.), spełniające wymagania norm lub aprobat technicznych,
 - do wypełnienia dolnej części szczeliny dylatacyjnej należy stosować wilgotną mieszankę cementowo-piaskową 1:8 z materiałów spełniających wymagania wg 2.2 b)

Składowanie kruszywa, nie przeznaczonego do bezpośredniego wbudowania po dostarczeniu na budowę, powinno odbywać się na podłożu równym, utwardzonym i dobrze odwodnionym, przy zabezpieczeniu kruszywa przed zanieczyszczeniem i zmieszaniem z innymi materiałami kamiennymi.

Wymagania pod względem uziarnienia dla materiału na podsypkę i do fugowania przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1 - Wymagania uziarnienia dla materiału na podsypkę i do fugowania

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Wartość
1.	Skład ziarnowy	
	a) zawartość ziarn mniejszych niż 0,075 mm, nie więcej niż	5 %
	b) zawartość nadziarna powyżej 2 mm, nie więcej niż	15% ¹⁾
	c) wskaźnik piaskowy SE ₄ , większy niż	40
¹⁾ Nie dopuszcza się w nadziarnie ziarn większych niż 4mm		

2.3. Krawężniki, obrzeża i ścieki

Do obramowania nawierzchni z płyt brukowych można stosować:

- a) krawężniki betonowe wg PN-EN 1340,
- b) obrzeża betonowe wg, PN-EN 1340,
- c) krawężniki kamienne wg. PN-EN 1343.

Krawężniki, obrzeża i ścieki mogą być ustawiane na podsypce cementowo-piaskowej wg. 2.2. b) lub ławie betonowej z betonu C8/10 lub C12/15 zgodnie z PN EN 206-1.

3. WYKONANIE ROBÓT

3.1. Podłoże i koryto

Grunty podłoża powinny być niewysadzinowe, jednorodne i nośne oraz zabezpieczone przed nadmiernym zawilgoceniem i ujemnymi skutkami przemarzania, zgodnie z dokumentacją projektową. Wskaźnik zagęszczenia podłoża powinien wynosić $I_s > 0.98$. W przypadku podłoża z gruntów wysadzinowych lub wątpliwych należy wykonać warstwę mrozoochronną. Warstwa mrozoochronna może być wykonana z gruntów niewysadzinowych lub z gruntów wątpliwych czy wysadzinowych stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Nośność podłoża określona modulem odkształcenia E_2 wg PN-S-02205 powinna wynosić:

- 60 MPa – dla chodników, alei spacerowych, ścieżek, pasaży i ścieżek rowerowych i elementów małej architektury drogowej,
- 80 MPa – dla ciągów pieszo-jezdných.

W przypadku niespełnienia tych wymagań należy wykonać wymianę gruntów lub stabilizację gruntów spoiwem.

Koryto pod podbudowę lub nawierzchnię powinno być wyprofilowane zgodnie z projektowanymi spadkami. Koryto musi mieć skuteczne odwodnienie, zgodne z dokumentacją projektową.

3.2 Klasyfikacja podłoża gruntowego

Tablica 2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości PN-S-02205

Właściwość	Grupa gruntów		
	Niewysadzinowy	Wątpliwy	Wysadzinowy
Rodzaj gruntu	*rumosz niegliniasty (KR) *żwir (Ż) *pospółka (Po) *piasek gruby (Pt) *piasek średni (Ps) *piasek drobny (Pd) *żużel nierozpadowy	*piasek pylasty (Pw) *zwietrzelnina gliniasta (Kwg) *rumosz gliniasty (Krg) *żwir gliniasty (Żg) *pospółka gliniasta (Pog)	grunty mało wysadzinowe: *głina piaszczysta zwięzła (Gpz) *głina zwięzła (Gz) *ił (I) *ił piaszczysty (Ip) *ił pylasty (Iłp) grunty bardzo wysadzinowe: *piasek gliniasty (Pg) *pył piaszczysty (Jp) *pył (J) *głina piaszczysta (Gp) *głina (G) *głina pylasta (Głp) *ił warwowy
Zawartość cząstek wg PN-88/B-04481, %			
$\leq 0,063$ mm	< 15	15 ÷ 30	> 30
$\leq 0,02$ mm	< 3	3 ÷ 10	> 10
Wskaźnik piaskowy wg PN-EN 933-8 zał.A, [%], SE ₄	> 35	25 ÷ 35	< 25

3.3 Mrozdporność podłoża

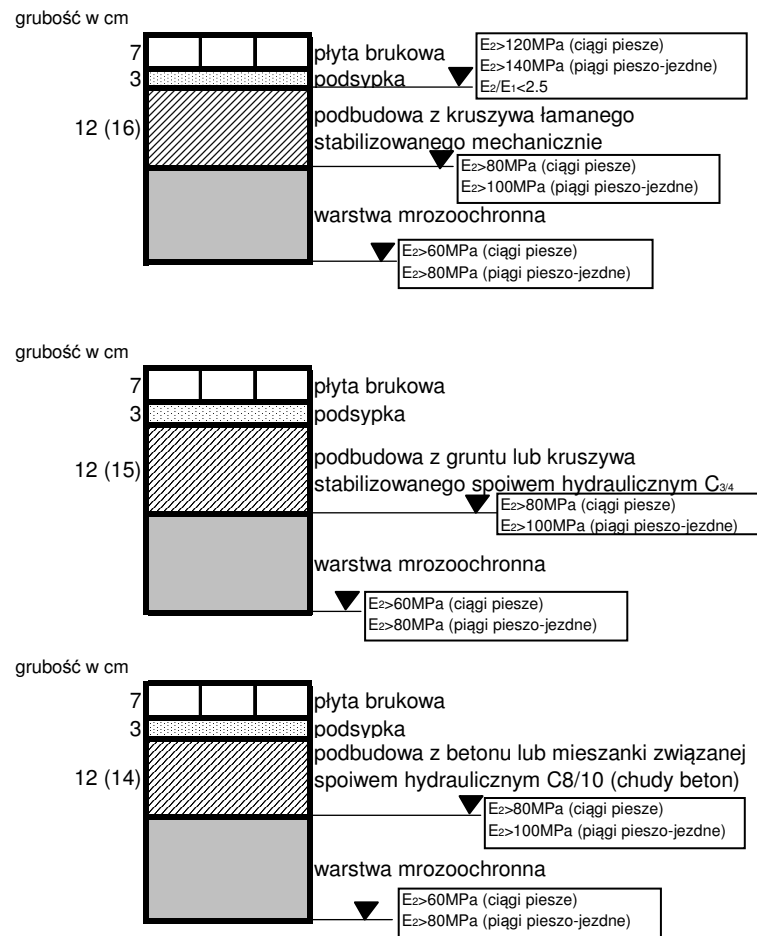
W wypadku, gdy w podłożu występują grunty wysadzinowe lub wątpliwe, należy sprawdzić, czy rzeczywista grubość wszystkich warstw zaprojektowanej konstrukcji nie jest mniejsza niż $0,4 h_z$, gdzie h_z oznacza głębokość przemarzania gruntów w rejonie projektowanej konstrukcji (Rys.1). Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to pod konstrukcją należy wykonać warstwę mrozoochronną o grubości zapewniającej spełnienie tego warunku.



Rys. 1. Głębokość przemarzania gruntu wg PN-81/B-03020

3.4 Konstrukcja nawierzchni

Konstrukcja nawierzchni powinna być zgodna z dokumentacją projektową. Przykłady konstrukcji nawierzchni podano poniżej.



Grubości podane w nawiasach dotyczą nawierzchni pieszo - jezdnych

3.4.1. Podbudowa

Rodzaj podbudowy przewidzianej do wykonania powinien być zgodny z dokumentacją projektową. Materiały do wykonania podbudowy powinny odpowiadać:

- PN-EN 206-1 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- PN-EN 13285 - mieszanki niezwiązane – Wymagania
- PN-EN 13242+A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
- PN-EN 14227-1 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 1: Mieszanki związane cementem
- PN-EN 14227-2 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 2: Mieszanki żuźlowe
- PN-EN 14227-3 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Wymagania - Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi
- PN-EN 14227-5:2007 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 5: Mieszanki związane spoiwem drogowym
- PN-EN 14227-10:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacja - Część 10: Grunty stabilizowane cementem (oryg.)

- i) Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg publicznych Wymagania Techniczne WT-5;2010, IBDiM, GDDKiA
- j) Mieszanki niezwiązane do dróg publicznych Wymagania Techniczne WT-4; 2010, IBDiM, GDDKiA

Inne rodzaje podbudów powinny odpowiadać wymaganiom norm, wytycznych IBDiM lub indywidualnie opracowanym. Szczegółowe wymagania powinny zostać określone w dokumentacji projektowej.

3.4.2 Warstwa mrozoochronna

- a) PN-EN 13285 - mieszanki niezwiązane – Wymagania
- b) PN-EN 13242+A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
- c) PN-EN 14227-10:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacja - Część 10: Grunty stabilizowane cementem (oryg.)
- d) PN-EN 14227-12:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacja - Część 12: Grunty stabilizowane żużlem (oryg.)
- e) PN-EN 14227-13:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacja - Część 13: Grunty stabilizowane hydraulicznym spoiwem drogowym (oryg.)
- f) PN-EN 14227-14:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacja - Część 14: Grunty stabilizowane popiołami lotnymi (oryg.)
- g) Grunty niewysadzinowe wg tablicy 2.

Szczegółowe wymagania powinny zostać określone w dokumentacji projektowej.

3.5. Podsypka

Rodzaj podsypki i jej grubość powinny być zgodne z dokumentacją projektową.

Grubość podsypki powinna wynosić po zagęszczeniu 3÷5 cm, a wymagania dla materiałów na podsypkę powinny być zgodne z pkt 2.2. Dopuszczalne odchyłki od zaprojektowanej grubości podsypki nie powinny przekraczać ± 1 cm.

Podsypkę piaskową należy zwilżyć wodą, równomiernie rozścielić i zagęścić lekkimi walcami (np. ręcznymi) lub zagęszczarkami wibracyjnymi w stanie wilgotności optymalnej.

Podsypkę cementowo-piaskową przygotowuje się w betoniarkach, a następnie rozściela się na uprzednio zwilżonej podbudowie, przy zachowaniu:

- współczynnika wodno-cementowego od 0,25 do 0,35,
- wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż $R_7 = 10$ MPa, $R_{28} = 14$ MPa.

W praktyce, wilgotność układanej podsypki powinna być taka, aby po ściśnięciu podsypki w dłoni podsypka nie rozsypywała się i nie było na dłoni śladów wody, a po naciśnięciu palcami podsypka rozsypywała się. Rozścielenie podsypki cementowo-piaskowej powinno wyprzedzać układanie nawierzchni od 3 do 5 m. Rozścielona podsypka powinna być wyprofilowana i zagęszczona w stanie wilgotnym zagęszczarkami wibracyjnymi. Całkowite ubicie nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej musi być zakończone przed rozpoczęciem wiązania cementu w podsypce.

Jeśli podsypka jest wykonana z suchej zaprawy cementowo-piaskowej to po zawałowaniu nawierzchni należy ją polać wodą w takiej ilości, aby woda zwilżyła całą grubość podsypki. Rozścielenie podsypki z suchej zaprawy może wyprzedzać układanie nawierzchni o około 20 m.

3.6. Układanie nawierzchni z płyt brukowych

3.6.1 Ustalenie kształtu, wymiaru płyt.

Kształt, wymiary, barwę i inne cechy charakterystyczne płyt wg pkt. 2.1 powinny być zgodne z dokumentacją projektową, a w przypadku braku wystarczających ustaleń Wykonawca przedkłada odpowiednie propozycje do zaakceptowania Inżynierowi.

3.6.2 Warunki atmosferyczne.

Ułożenie nawierzchni z płyt brukowych na podsypce cementowo-piaskowej zaleca się wykonywać przy temperaturze otoczenia nie niższej niż +5°C. Dopuszcza się wykonanie nawierzchni, jeśli w ciągu dnia temperatura utrzymuje się w granicach od 0°C do +5°C, przy czym jeśli w nocy spodziewane są przymrozki nawierzchnię należy zabezpieczyć materiałami o niskim przewodnictwie ciepła (np. matami ze słomy, papą itp.).

Nawierzchnię na podsypce piaskowej zaleca się wykonywać w dodatnich temperaturach otoczenia.

3.6.3 Ułożenie nawierzchni

Warstwa nawierzchni powinna być wykonana z elementów o jednakowej grubości. Na większym fragmencie robót zaleca się stosować płyty dostarczone w tej samej partii materiału, w której niedopuszczalne są różne odcienie.

Układanie nawierzchni powinni wykonywać przyuczeni brukarze. Dzienną działkę roboczą nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej zaleca się zakończyć prowizorycznie około półmetrowym pasem nawierzchni na podsypce piaskowej w celu wytworzenia oporu dla ubicia nawierzchni ułożonej na stałe. Przed dalszym wznowieniem robót, prowizorycznie ułożoną nawierzchnię na podsypce piaskowej należy rozebrać i usunąć wraz z podsypką.

3.6.4 Spoiny i szczeliny dylatacyjne

3.6.4.1 Spoiny

Szerokość spoin pomiędzy betonowymi płytami brukowymi powinna wynosić od 3 mm do 5 mm.

Po ułożeniu płyt brukowych, spoiny należy wypełnić:

- a) piaskiem, spełniającym wymagania pkt. 2.2 c), jeśli nawierzchnia jest na podsypce piaskowej,
- b) zaprawą cementowo-piaskową, spełniającą wymagania pkt. 2.2 d), jeśli nawierzchnia jest na podsypce cementowo-piaskowej.

Wypełnienie spoin piaskiem polega na rozsypaniu warstwy piasku i wmięceniu go w spoiny na sucho lub, po obfitym polaniu wodą - wmięceniu papki piaskowej szczotkami względnie rozgarniaczkami z piórami gumowymi.

Zaprawę cementowo-piaskową zaleca się przygotować w betoniarce, w sposób zapewniający jej wystarczającą płynność. Spoiny można wypełnić przez rozlanie zaprawy na nawierzchnię i nagarnianie jej w szczeliny szczotkami lub rozgarniaczkami z piórami gumowymi. Przed rozpoczęciem zalewania nawierzchnia powinna być oczyszczona i dobrze zwilżona wodą. Przy wypełnianiu spoin zaprawą cementowo-piaskową należy zabezpieczyć przed zalaniem nią szczeliny dylatacyjne, wkładając zwinięte paski papy, zwitki z worków po cemencie itp.

Po wypełnieniu spoin zaprawą cementowo-piaskową nawierzchnię należy starannie oczyścić.

3.6.4.2 Szczeliny dylatacyjne

W przypadku układania nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej i wypełnianiu spoin zaprawą cementowo-piaskową, należy przewidzieć wykonanie szczelin dylatacyjnych w odległościach zgodnych z dokumentacją projektową względnie nie większych niż co 8 m. Szerokość szczelin dylatacyjnych powinna umożliwiać przejście przez nie przemieszczeń wywołanych wysokimi temperaturami nawierzchni w okresie letnim, lecz nie powinna być mniejsza niż 8 mm. Szczeliny te powinny być wypełnione trwale zalewami i masami określonymi w pkt. 2.2 e).

Szczeliny dylatacyjne poprzeczne należy stosować dodatkowo w miejscach, w których występuje zmiana sztywności podłoża (np. nad przepustami, przy przyczółkach mostowych, nad szczelinami dylatacyjnymi w podbudowie itp.). Zaleca się wykonywać szczeliny podłużne przy ściekach wzdłuż jezdni.

3.7 Pielęgnacja nawierzchni i oddanie jej dla ruchu

Nawierzchnię na podsypce piaskowej ze spoinami wypełnionymi piaskiem można oddać do użytku bezpośrednio po jej wykonaniu.

Nawierzchnię na podsypce cementowo-piaskowej ze spoinami wypełnionymi zaprawą cementowo-piaskową, po jej wykonaniu należy przykryć warstwą wilgotnego piasku o grubości od 3,0 do 4,0 cm i utrzymywać ją w stanie wilgotnym przez 7 do 10 dni. Po upływie od 2 tygodni (przy temperaturze średniej otoczenia nie niższej niż 15°C) do 3 tygodni (w porze chłodniejszej) nawierzchnię należy oczyścić z piasku i można oddać do użytku.

4. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

4.1. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (aprobaty techniczne, certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.),
- wykonać badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone w pkt. 2,

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

4.2 Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót nawierzchniowych podaje tablica 3.

Tablica 3. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Sprawdzenie podłoża i koryta	Wg pkt.3	
2	Sprawdzenie ew. podbudowy	Wg norm, wytycznych, wymienionych w pkt. 3.4.1	
4	Sprawdzenie podsypki (przymiarem liniowym lub metodą niwelacji)	Bieżąca kontrola w 10 punktach dziennej działki roboczej: grubości, spadków i cech konstrukcyjnych w porównaniu z dokumentacją projektową i specyfikacją	Wg pkt. 3.5; odchyłki od projektowanej grubości ± 1 cm
5	Badania wykonywania nawierzchni		
	a) zgodność z dokumentacją projektową	Sukcesywnie na każdej działce roboczej	-
	b) położenie osi w planie (sprawdzone geodezyjnie)	Co 100 m i we wszystkich punktach charakterystycznych	Przesunięcie od osi projektowanej do 2 cm
	c) rzędne wysokościowe (pomierzone instrumentem pomiarowym)	Co 25 m w osi i przy krawędziach oraz we wszystkich punktach charakterystycznych	Odchylenia: +1 cm; -2 cm
	d) równość w profilu podłużnym (łąką czterometrową)	Jw.	Nierówności do 8 mm
	e) równość w przekroju poprzecznym (sprawdzona łąką profilową z poziomnicą i pomiary przeswitu klinem cechowanym oraz przymiarem liniowym względnie metodą niwelacji)	Jw.	Przeswity między łąką a powierzchnią do 8 mm
	f) spadki poprzeczne (sprawdzone metodą niwelacji)	Jw.	Odchyłki od dokumentacji projektowej do 0,3%
	g) szerokość nawierzchni (sprawdzona przymiarem liniowym)	Jw.	Odchyłki od szerokości projektowanej do ± 5 cm
	h) szerokość i głębokość wypełnienia spoin i szczelin (ogłędziny i pomiar przymiarem liniowym po wykruszeniu dług. 10 cm)	W 20 punktach charakterystycznych dziennej działki roboczej	Wg pkt. 3.6.4

4.3 Badania wykonanych robót

Zakres badań i pomiarów wykonanej nawierzchni z płyt brukowych podano w tablicy 4.

Tablica 3. Badania i pomiary po ukończeniu budowy nawierzchni

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Sposób sprawdzenia
1	Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego nawierzchni, krawężników, obrzeży, ścieków	Wizualne sprawdzenie jednorodności wyglądu, prawidłowości desenia, spękań, plam, deformacji, wykruszeń, spoin i szczelin
2	Badanie położenia osi nawierzchni w planie	Geodezyjne sprawdzenie położenia osi co 25 m i w punktach charakterystycznych (dopuszczalne przesunięcia wg tab. 3, lp. 5b)
3	Rzędne wysokościowe, równość podłużna i poprzeczna, spadki poprzeczne i szerokość	Co 25 m i we wszystkich punktach charakterystycznych (wg metod i dopuszczalnych wartości podanych w tab. 3, lp. od 5c do 5g)
4	Rozmieszczenie i szerokość spoin i szczelin w nawierzchni, pomiędzy krawężnikami, obrzeżami, ściekami oraz wypełnienie spoin i szczelin	Wg pkt. 3.6.4

