

**ZASADY KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
Z ELEMENTÓW BRUKOWYCH:
OBCIĄŻENIE DO 3,5 T.
ZALECENIA PRODUCENTA**

bruk 

1. WSTĘP:

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania są zasady konstrukcji nawierzchni z prefabrykowanych płyt brukowych betonowych oraz z kostki brukowej.

1.2. Zakres zastosowania:

Opracowanie zawiera zasady konstrukcji nawierzchni z prefabrykowanych elementów 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 kostka brukowa - kształtka wytwarzana z betonu metodą wibroprasowania. Produkowana jest jako kształtka jednowarstwowa lub w dwóch warstwach połączonych ze sobą trwale w fazie produkcji.

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

1.3.3. Nawierzchnia z betonowych elementów brukowych - nawierzchnia, której warstwa ścieralna jest wykonana z płyt betonowych lub kostki brukowej.

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

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

1.3.6. Obrzeże - element budowlany, oddzielający nawierzchnie chodników i ciągów pieszych od terenów nieprzeznaczonych do komunikacji.

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

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

2. MATERIAŁY.

2.1 Prefabrykowane płyty i kostki brukowe.

Betonowe płyty brukowe powinny spełniać wymagania techniczne określone w PN-EN1339.

Betonowa kostka brukowa powinna spełniać wymagania techniczne określone w PN-EN 1338.

2.1.1. Składowanie betonowych elementów brukowych:

Betonowe elementy 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) na podsypkę z wysiewki kamiennej pod nawierzchnię (dot. tylko kostki brukowej zgodnej z PN-EN 1338):

- tylko kruszywo naturalne, nie reaktywne; nie stosować kruszyw odpadowych pokopalnianych, pohutniczych, kruszyw silnie reaktywnych (możliwość wystąpienia plam i przebarwień na kostce brukowej ze względu na podciąganie kapilarne zanieczyszczeń z kruszywa).

d) do wypełniania spoin w nawierzchni

- piasek naturalny spełniający wymagania PN-EN 13242,

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

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

Wymagania pod względem uziarnienia dla materiału na podsypkę i do fugowania przedstawiono w tabelcy 1. (nie dotyczy wysiewki kamiennej). Wymagania pod względem uziarnienia dla wysiewki kamiennej na podsypkę przedstawiono w tabelcy 2.

Tabela 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 nadziarnia 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 4 mm	

Tabela 2. Wymagania uziarnienia dla wysiewki kamiennej na podsypkę

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Wartość
1.	Skład ziarnowy	
	a) Zawartość ziarn mniejszych niż 0,075 mm, nie więcej niż	5%
	b) Zawartość nadziarnia powyżej 2 mm, nie więcej niż	15% ¹⁾
	²⁾ Nie dopuszcza się w nadziarnie ziarn większych niż 8 mm	

2.3. Krawężniki, obrzeża i ścieki.

Do obramowania nawierzchni z płyt brukowych lub kostki brukowej 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.

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 mrozochronną. Warstwa mrozochronną może być wykonana z gruntów niewysadzinowych lub z gruntów wątpliwych czy wysadzinowych stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Nośność podłoża określona modułem odkształcenia E 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, zgodnie z dokumentacją projektową.

3.2. Klasyfikacja podłoża gruntowego:

Tablica 3. Podział gruntów pod względem wysadzinowości PN-S-02205

Właściwość	Grupa gruntów		
	niewysadzinowy	wątpliwy	wysadzinowy
Rodzaj gruntu	rumosze niegliniaste (KR) żwir (Ż) pospółka (Po) piasek gruby (Pt) piasek średni (Ps) piasek drobny (Pd) żużel nierozpadowy	piasek pylasty (Pw) zwierzelina gliniasta (Kwg) rumosze gliniaste (Krg) żwir gliniasty (Żg) pospółka gliniasta (Pog)	grunty mało wysadzinowe głina piaszczysta zwięzła (Gpz) głina zwięzła (Gz) ił (I) ił piaszczysty (Ip) ił pylasty (Ilp) grunty bardzo wysadzinowe piasek gliniasty (Pg) pył piaszczysty (Jlp) pył (Jl) głina piaszczysta (Gp) głina (G) głina pylasta (Glp) ił warwowy
Zawartość cząstek wg PN-88/B-04481, % ≤ 0,063 mm ≤ 0,02 mm	< 15 < 3	15÷30 3÷10	>30 >10
Wskaźnik piaszkowy wg PN-EN 933-8 zał A, [%], SE ₄	>35	25÷35	<25

3.3 Mrozoodporność podłoża

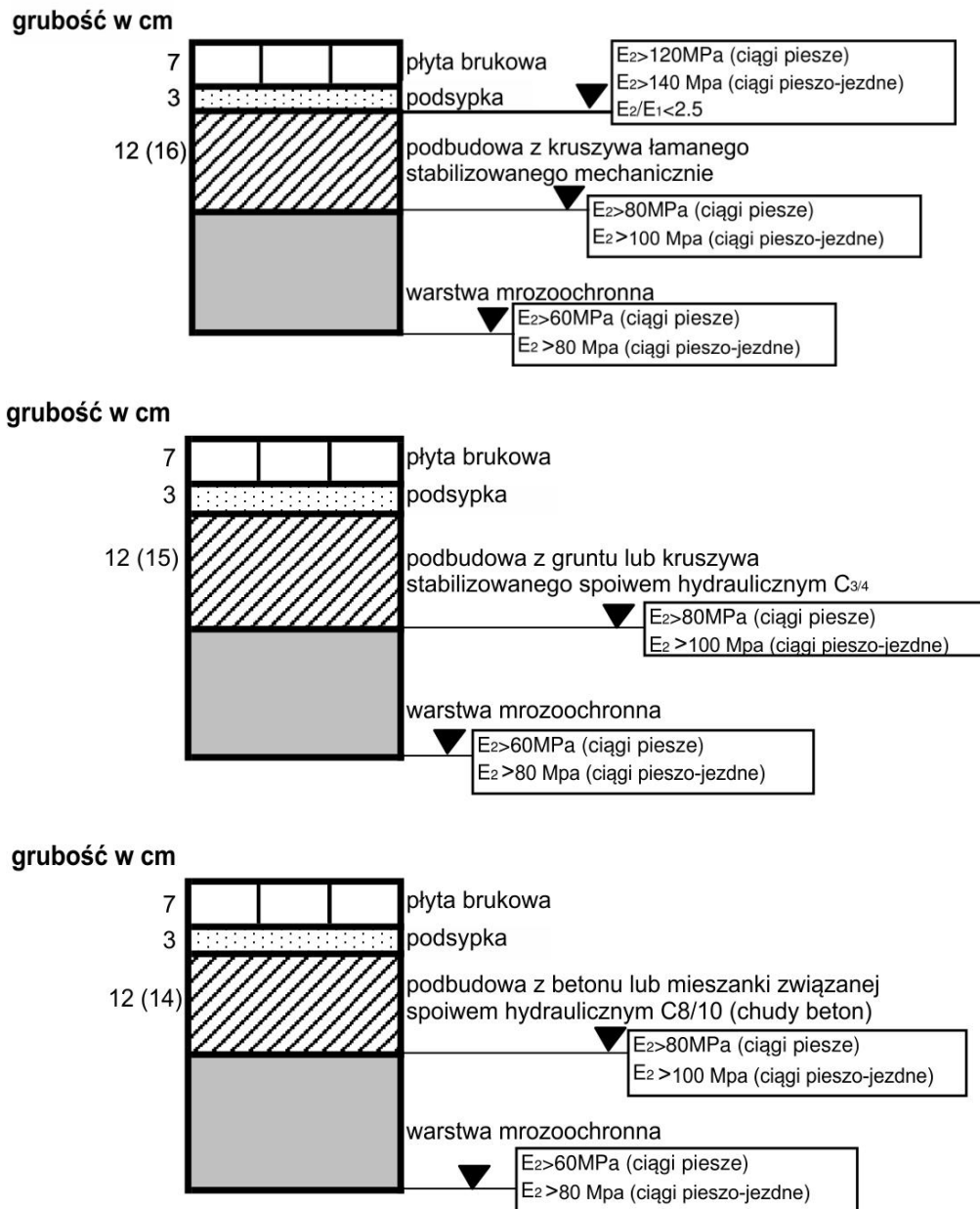
W wypadku, gdy w podłożu występują grunty wysadzinowe lub wątpliwe, należy sprawdzić, czy rzeczywista grubość wszystkich warstw zaprojektowanej konstrukcji nie jest mniejsza niż 0,4 h, gdzie h oznacza głębokość przemarzania gruntów w rejonie projektowanej konstrukcji (Rys.1). Jeżeli warunek ten nie jest 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 "Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność"
- PN-EN 13285 "Mieszanki niezwiązane. Specyfikacja"
- PN-EN 13242 "Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym"
- PN-EN 14227-1:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 1: Mieszanki związane cementem"
- PN-EN 14227-2:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 2: Mieszanki żuźlowe"

- f) PN-EN 14227-3:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi"
- g) PN-EN 14227-5:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 5: Mieszanki związane spoiwem drogowym"
- h) PN-EN 14227-15:2015-12 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 15: Grunty stabilizowane hydraulicznie"
- i) "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych" Wymagania techniczne WT5, 2010; IBDiM, GDDKiA
- j) "Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych" Wymagania techniczne WT4, 2010; IBDiM, GDDKiA
- k) Wytycznym ministra właściwego ds. transportu - Katalog WR-D-63 – „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni przeznaczonych do ruchu bardzo lekkiego i innych części dróg"

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

3.4.2 Warstwa mrozoochronna

- a) PN-EN 13285:2018-08 "Mieszanki niezwiązane. Specyfikacja"
- b) PN-EN 13242 "Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym"
- c) PN-EN 14227-15:2015-12 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 15: Grunty stabilizowane hydraulicznie"
- d) Grunty niewysadzinowe wg tablicy 3.

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 w 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 $R = 10$ Mpa, $R = 14$ Mpa.

W praktyce wilgotność układanej podsypki powinna być taka, aby po ściśnięciu podsypki w dłoni podsypka nie rozsypywała się i nie było na niej śladów wody, a po naciśnięciu palcami podsypka nie 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 poleać wodą w takiej ilości, aby woda zwilżyła całą grubość podsypki. Rozścielenie podsypki z suchej zaprawy może wyprzedzać układanie nawierzchni o około 20 m.

Dopuszcza się układanie kostki brukowej zgodnej z normą PN-EN 1338 na wysiewce kamiennej z poniższymi zastrzeżeniami:

- warstwa rozplantowanej niezagęszczonej wysiewki powinna mieć grubość minimum 7cm (celem zniwelowania normowych różnic wysokości pomiędzy kostkami w czasie ubijania nawierzchni); zagęszczanie nawierzchni powinno odbywać się dopiero po ułożeniu kostki brukowej;
- w przypadku występowania dużych spadków nawierzchni i/lub intensywnego ruchu kołowego należy zastosować kotwy zapobiegające przemieszczaniu się kostek brukowych; kotwy powinny być stosowane zgodnie z zaleceniami ich producentów.

3.6. Układanie nawierzchni z płyt brukowych lub kostki brukowej.

3.6.1 Ustalenie kształtu, wymiaru

Kształt, wymiary, barwę i inne cechy charakterystyczne elementów brukowych 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 lub kostki brukowej 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 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 jednakowej grubości. Na większym fragmencie robót zaleca się stosować płyty dostarczone w tej samej partii materiału. 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.

3.6.4.1 Spoiny.

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

Po ułożeniu elementów brukowych spoiny należy wypełnić:

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

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

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 i 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 4.

Tablica 4. 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 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 projektowej do 2 cm.

c) rzędne wysokościowe (pomierzone instrumentem pomiarowym)	Co 25 m w osi i przy krawędziach oraz we wszystkich punktach charakterystycznych.	Odchylenia +1cm; -2 cm
d) równość w profilu podłużnym tałą czterometrową	Jw.	Nierówności do 8 mm
e) równość w przekroju poprzecznym (sprawdzona tałą profilową z poziomą i pomiarze prześwitu klinem cechowanym oraz pryzmiarem liniowym względnie metodą niwelacji)	Jw.	Prześwity między tałą a nawierzchnią do 8 mm.
f) spadki poprzeczne sprawdzone metodą niwelacji	Jw.	Odchyłki od dokumentacji projektowej do 0,3%
g) szerokość nawierzchni (sprawdzona pryzmiarem liniowym)	Jw.	Odchyłki od szerokości projektowanej ± 5 cm
h) szerokość i głębokość wypełnienia spoin i szczelin (ogłędziny i pomiar pryzmiarem liniowym po wykruszeniu dług. 10 cm)	W 20 punktach charakterystycznych dziennej działki roboczej.	Wg punktu 3.6.4

4.3 Badania wykonanych robót.

Zakres badań i pomiarów wykonanej nawierzchni z płyt brukowych podano w tablicy 5.

Tablica 5. Badanie 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, płam, deformacji, wykruszeń, spoin, szczelin.
2	Badanie położenia osi nawierzchni w planie.	Geodezyjne sprawdzenie położenia osi co 25 m i w punktach charakterystycznych (dopuszczalne przesunięcia wg tab. 4, 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. 4 lp. od 5c do 5g)
4	Rozmieszczenie i szerokość spoin i szczelin w nawierzchni, pomiędzy krawężnikami, obrzeżami, ściekami oraz wypełnienie spoin i szczelin.	Wg punktu 3.6.4.