**Klasyfikacja betonowych kostek brukowych**

Betonowa kostka brukowa może mieć następujące cechy charakterystyczne, określone w katalogu producenta:

1. odmianę:
   1. kostka jednowarstwowa (z jednego rodzaju betonu),
   2. kostka dwuwarstwowa (z betonu warstwy spodniej konstrukcyjnej i warstwy ścieralnej (górnej) zwykle barwionej grubości min. 4 mm,
2. barwę:
   1. kostka szara, z betonu niebarwionego,
3. wzór (kształt) kostki: zgodny z kształtami określonymi przez producenta,
4. wymiary, zgodne z wymiarami określonymi przez producenta, w zasadzie:
   1. długość: od 140 mm do 280 mm,
   2. szerokość: od 0,5 do 1,0 wymiaru długości, lecz nie mniej niż 100 mm,
   3. grubość: 80 mm.

Pożądane jest, aby wymiary kostek były dostosowane do sposobu układania i siatki spoin oraz umożliwiały wykonanie warstwy o szerokości 1,0 m lub 1,5 m bez konieczności przecinania elementów w trakcie ich wbudowywania w nawierzchnię.

Kostki mogą być produkowane z wypustkami dystansowymi na powierzchniach bocznych oraz z ukosowanymi krawędziami górnymi.

Wymagania techniczne stawiane betonowym kostkom brukowym

Wymagania techniczne stawiane betonowym kostkom brukowym stosowanym na nawierzchniach dróg, ulic, chodników itp. określa PN-EN 1338 [2] w sposób przedstawiony w tablicy 1.

Tablica 1. Wymagania wobec betonowej kostki brukowej, ustalone w PN-EN 1338 [2] do stosowania na zewnętrznych nawierzchniach, mających kontakt z solą odladzającą w warunkach mrozu

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Cecha | Załączni  k normy | Wymaganie | | |
| 1 | Kształt i wymiary | | | | |
| 1.1 | Dopuszczalne odchyłki w mm od zadeklarowanych wymiarów kostki,  grubości < 100  mm  ≥ 100  mm | C | Długość szerokość | | Różnica |
|  |  | grubość | | pomię-dzy |
|  |  |  | | dwoma po- |
|  |  | ± 2 ± 2 ± 3 | | miarami gru- |
|  |  | ± 3 ± 3 ± 4 | | bości, tej |
|  |  |  | | samej kostki, |
|  |  |  | | powinna być ≤ |
|  |  |  | | 3 mm |
| 1.2 | Odchyłki płaskości i pofalowania (jeśli maksymalne wymiary kostki  > 300 mm), przy długości pomiarowej  300  mm  400  mm | C | Maksymalna (w mm) | | |
|  |  | wypukłość wklęsłość | | |
|  |  | 1,5 1,0 | | |
|  |  | 2,0 1,5 | | |
| 2 | Właściwości fizyczne i mechaniczne | | | | |
| 2.1 | Odporność na zamrażanie/rozmraża-nie z udziałem soli odladzających (wg  klasy 3, zał. D) | D | Ubytek masy po badaniu: wartość średnia ≤ 1,0 kg/m2, przy czym każdy pojedynczy wynik  < 1,5 kg/m2 | | |
| 2.2 | Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu | F | Wytrzymałość charakterystyczna T ≥ 3,6 MPa. Każdy pojedynczy wynik ≥ 2,9 MPa i nie powinien wykazywać obciążenia niszczącego  mniejszego niż 250 N/mm długości rozłupania | | |
| 2.3 | Trwałość (ze względu na wytrzyma-łość) | F | Kostki mają zadawalającą trwałość  (wytrzymałość) jeśli spełnione są wymagania pktu 2.2 oraz istnieje normalna konserwacja | | |
| 2.4 | Odporność na ścieranie (wg klasy 3 | G i H | Pomiar wykonany na tarczy | | |
| oznaczenia H normy) | szerokiej ściernej, wg zał. G normy – badanie  podstawowe | Böhmego,  wg zał. H mormy – badanie alternatywne | |
|  | ≤ 23 mm | ≤20 000mm3/5000  mm2 | |
| 2.5 | Odporność na poślizg/poślizgnięcie | I | 1. jeśli górna powierzchnia kostki nie była szlifo-wana lub polerowana – zadawalająca odporność, 2. jeśli wyjątkowo wymaga się podania wartości odporności na poślizg/poślizgnięcie – należy zadeklarować minimalną jej wartość pomierzoną wg zał. I normy (wahadłowym przyrządem do badania   tarcia) | | |
| 3 | Aspekty wizualne | | | | |

W przypadku zastosowań kostki na powierzchniach innych niż przewidziano w tablicy 1 (np. na nawierzchniach wewnętrznych nie narażonych na kontakt z solą odladzającą), wymagania wobec kostki należy odpowiednio dostosować do ustaleń PN-EN-1338 [2].

Kostki kolorowe powinny być barwione substancjami odpornymi na działanie czynników atmosferycznych, światła (w tym promieniowania UV) i silnych alkaliów (m.in. cementu, który przy wypełnieniu spoin zaprawą cementowo-piaskową nie może odbarwiać kostek). Zaleca się stosowanie środków stabilnie barwiących zaczyn cementowy w kostce, np. tlenki żelaza, tlenek chromu, tlenek tytanu, tlenek kobaltowo-glinowy (nie należy stosować do barwienia: sadz i barwników organicznych). Uwaga: Naloty wapienne (wykwity w postaci białych plam) mogą pojawić się na powierzchni kostek w początkowym okresie eksploatacji. Powstają one w wyniku naturalnych procesów fizykochemicznych występujących w betonie i zanikają w trakcie użytkowania w okresie do 2-3 lat.

#### MATERIAŁY NA PODSYPKĘ I DO WYPEŁNIENIA SPOIN ORAZ SZCZELIN W NAWIERZCHNI

Należy stosować następujące materiały:

1. na podsypkę piaskową pod nawierzchnię
   * piasek naturalny wg PN-EN 13242:2004 [3],
   * piasek łamany (0,0752) mm wg PN-EN 13242:2004 [3],
2. do wypełniania spoin w nawierzchni na podsypce piaskowej
   * piasek naturalny spełniający wymagania PN-EN 13242:2004 [3],
   * piasek łamany (0,0752) mm wg PN-EN 13242:2004 [3],

**Krawężniki betonowe**

Wymagania ogólne wobec krawężników

Krawężniki betonowe mogą mieć następujące cechy charakterystyczne:

* + - * + krawężnik może być produkowany:

z jednego rodzaju betonu,

z różnych betonów zastosowanych w warstwie konstrukcyjnej oraz w warstwie ścieralnej (która na całej powierzchni deklarowanej przez producenta jako powierzchnia widoczna powinna mieć minimalną grubość 4 mm),

* + - * + skośne krawędzie krawężnika powyżej 2 mm powinny być określone jako fazowane, z wymiarami deklarowanymi przez producenta,
        + krawężnik może mieć profile funkcjonalne i/lub dekoracyjne (których nie uwzględnia się przy określaniu wymiarów nominalnych krawężnika); zalecana długość prostego odcinka krawężnika wraz ze złączem wynosi 1000 mm,
        + powierzchnia krawężnika może być obrabiana, poddana dodatkowej obróbce lub obróbce chemicznej,
        + płaszczyzny czołowe krawężników mogą być proste lub ukształtowane w sposób ułatwiający układanie lub ryglowanie (przykłady w zał. 1),
        + krawężniki łukowe mogą być wykonane jako wypukłe lub wklęsłe (przykłady w zał. 2),
        + rozróżnia się dwa typy krawężników (przykłady w zał. 3):

uliczne, do oddzielenia powierzchni znajdujących się na różnych poziomach (np. jezdni i chodnika),

drogowe, do oddzielenia powierzchni znajdujących się na tym samym poziomie (np. jezdni i pobocza).

Wymagania techniczne wobec krawężników

Wymagania techniczne stawiane krawężnikom betonowym określa PN-EN 1340 [5] w sposób przedstawiony w tablicy 1.

Tablica 1. Wymagania wobec krawężnika betonowego, ustalone w PN-EN 1340 [5] do stosowania w warunkach kontaktu z solą odladzającą w warunkach mrozu

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Cecha | Załączni k | Wymagania | | |
| 1 | Kształt i wymiary | | | | |
| 1.1 | Wartości dopuszczalnych od-chyłek od wymiarów nomi-nalnych, z  dokładnością do milimetra | C | Długość: ± 1%, ≥ 4 mm i ≤ 10 mm Inne wymiary z wyjątkiem promienia:   * dla powierzchni: ± 3%, ≥ 3 mm, ≤ 5 mm, * dla innych części: ± 5%, ≥ 3 mm, ≤ 10 mm | | |
| 1.2 | Dopuszczalne odchyłki od płaskości i prostoliniowości, dla długości pomiarowej  300 mm  400 mm  500 mm  800 mm | C | ± 1,5 mm  ± 2,0 mm  ± 2,5 mm  ± 4,0 mm | | |
| 2 | Właściwości fizyczne i mechaniczne | | | | |
| 2.1 | Odporność na zamrażanie/ rozmrażanie z udziałem  soli odladzających | D | Ubytek masy po badaniu: wartość średnia ≤ 1,0 kg/m2, przy czym każdy pojedynczy wynik < 1,5 kg/m2 | | |
| 2.2 | Wytrzymałość na zginanie (Klasa wytrzymałości ustalona w dokumentacji projektowej lub przez Inżyniera) | F | Klasa Charakterystyczna Każdy pojedynczy  wytrz. wytrzymałość, MPa wynik, MPa  1 3,5 > 2,8  2 5,0 > 4,0  3 6,0 > 4,8 | | |
| 2.3 | Trwałość ze względu na wytrzymałość | F | Krawężniki mają zadawalającą trwałość  (wytrzymałość) jeśli spełnione są wymagania pktu  2.2 oraz poddawane są normalnej konserwacji | | |
| 2.4 | Odporność na ścieranie | G i H | Klasa odpor- ności | Odporność przy pomiarze na tarczy | |
| (Klasa odporności ustalona w dokumentacji projektowej lub przez Inżyniera) | szerokiej ściernej, wg zał.  G normy – badanie podstawowe | Böhmego,  wg zał. H normy – badanie alternatywne |
|  | 1  3  4 | Nie określa się  ≤ 23 mm  ≤ 20 mm | Nie określa się  ≤ 20000 mm3/5000  mm2  ≤ 18000 mm3/5000  mm2 |
| 2.5 | Odporność na poślizg/ poślizgnięcie | I | 1. jeśli górna powierzchnia krawężnika nie była szlifowana i/lub polerowana – zadawalająca odporność, 2. jeśli wyjątkowo wymaga się podania wartości odporności na poślizg/poślizgnięcie – należy zadekla-rować minimalną jej wartość pomierzoną wg zał. I normy (wahadłowym przyrządem do badania tarcia), 3. trwałość odporności na poślizg/poślizgnięcie w nor-malnych warunkach użytkowania krawężnika jest zada-walająca przez cały okres użytkowania, | | |

.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | pod warunkiem właściwego utrzymywania i gdy na  znacznej części nie zostało odsłonięte kruszywo podlegające intensyw-nemu polerowaniu. |  |
| 3 | Aspekty wizualne | | |
| 3.1 | Wygląd | J | 1. powierzchnia krawężnika nie powinna mieć rys i odprysków, 2. nie dopuszcza się rozwarstwień w krawężnikach dwuwarstwowych 3. ewentualne wykwity nie są uważane za istotne |
| 3.2 | Tekstura | J | 1. krawężniki z powierzchnią o specjalnej teksturze – producent powinien określić rodzaj tekstury, 2. tekstura powinna być porównana z próbkami dostarczonymi przez producenta, zatwierdzonymi przez odbiorcę, 3. różnice w jednolitości tekstury, spowodowane nieuniknionymi zmianami we właściwości surowców i warunków twardnienia, nie są   uważane za istotne |
| 3.3 | Zabarwienie | J | 1. barwiona może być warstwa ścieralna lub cały element, 2. zabarwienie powinno być porównane z próbkami dostarczonymi przez producenta, zatwierdzonymi przez odbiorcę, 3. różnice w jednolitości zabarwienia, spowodowane nieuniknionymi zmianami właściwości surowców lub warunków dojrzewania betonu, nie są   uważane za istotne |

.

W przypadku zastosowań krawężników betonowych na powierzchniach innych niż przewidziano w tablicy 1 (np. przy nawierzchniach wewnętrznych, nie narażonych na kontakt z solą odladzającą), wymagania wobec krawężników należy odpowiednio dostosować do ustaleń PN-EN 1340 [5].

**Obrzeża betonowe**

Obrzeża betonowe wg PN-EN 1340:

* + - * odporność na zamrażanie/rozmrażanie z udziałem soli odladzających: klasa 3
      * wytrzymałość na zginanie wg PN-EN 1339: klasa 3
      * odporność na ścieralnie: klasa 4
      * nasiąkliwość: do 4% (w przypadku niespełnienia wymagania dla nasiąkliwości, parametrem decydującym o trwałości betonu będzie odporność na działanie środków odladzających)

Wymiary nominalne powinny być zadeklarowane przez Producenta zgodnie z wymaganiami dokumentacji projektowej. Dopuszczalne odchyłki wymiarów nominalnych powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w PN-EN 1340.

Powierzchnia obrzeży nie powinna mieć rys i odprysków.

**Kruszywo, uziarnienie kruszywa**

* + 1. **Kruszywo, uziarnienie kruszywa**

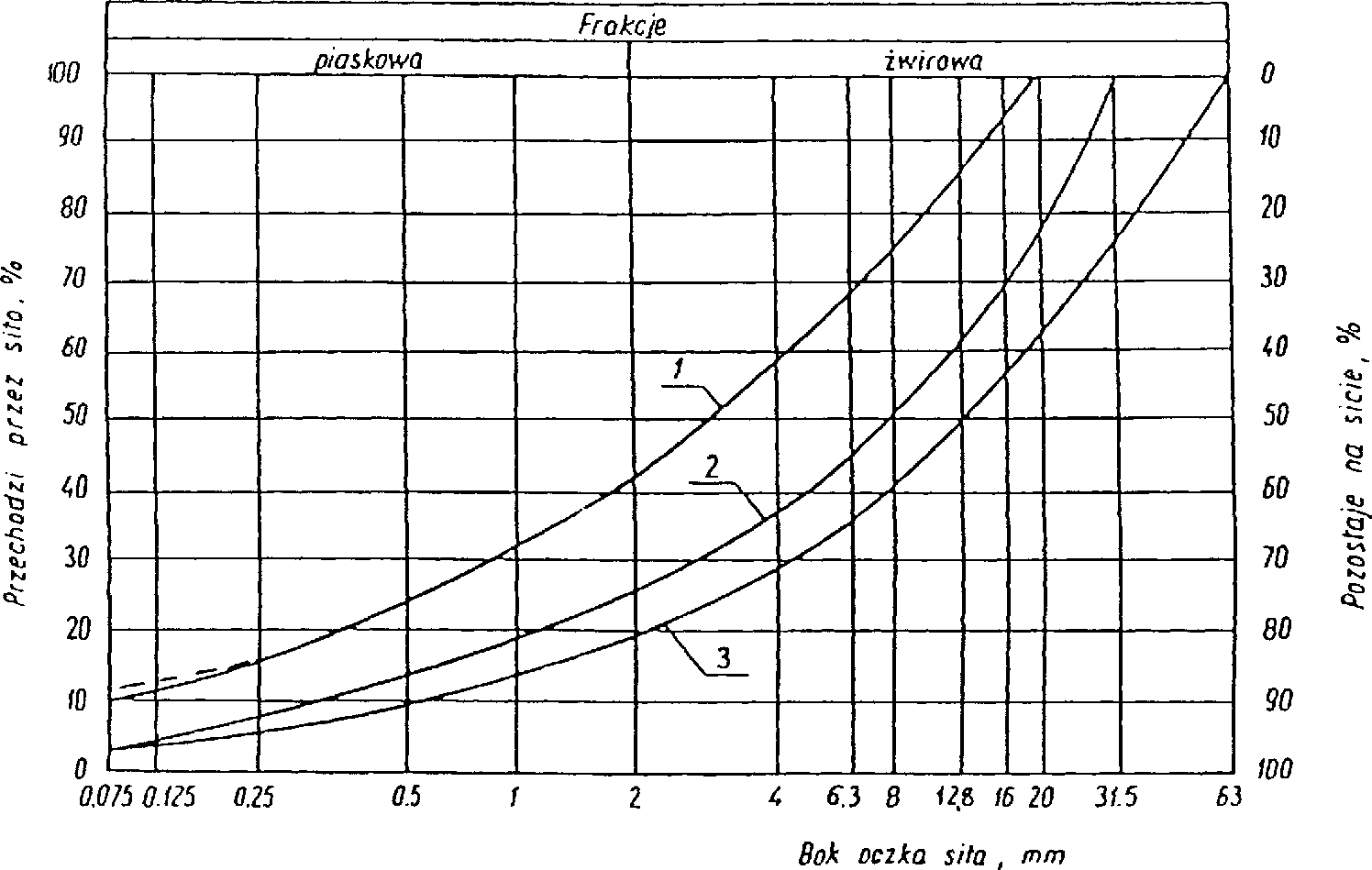
Materiałem do wykonania podbudowy z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie będzie kruszywo łamane. Kruszywo powinno być jednorodne bez zanieczyszczeń obcych i bez domieszek gliny.

Krzywa uziarnienia mieszanki powinna być ciągła i nie może przebiegać od dolnej krzywej granicznej uziarnienia do górnej krzywej uziarnienia na sąsiednich sitach. Wymiar największego ziarna nie może przekraczać 2/3 grubości warstwy układanej jednorazowo.

Krzywa uziarnienia kruszywa, powinna mieścić się pomiędzy krzywymi granicznymi (1-3) pól dobrego uziarnienia podanymi na rysunku 1.

Rysunek 1. Pole dobrego uziarnienia kruszyw przeznaczonych na podbudowy wykonywane metodą stabilizacji mechanicznej

.



1-2 kruszywo na podbudowę zasadniczą (górną warstwę) lub podbudowę jednowarstwową 1-3 kruszywo na podbudowę pomocniczą (dolną warstwę)

* + 1. Właściwości kruszywa

Podstawowe wymagania dotyczące uziarnienia dla kruszyw o ciągłym uziarnieniu wg PN-EN 13242:2004 przedstawiono poniżej:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Wymiar mm** | **Procent przechodzącej masy** | | | | | **Kategoria**  **G** |
| d = 0 oraz D  > 6,3 | 2D | 1,4 D | D | d | d/2 |  |
| - | 100 | 85-99 | - | - | Ga85 |
| 100 | 98-100 | 85-99 | - | - | Ga80 |
| 100 | - | 75-99 | - | - | Ga75 |

Kategoria tolerancji typowego uziarnienia dla kruszywa o ciągłym uziarnieniu deklarowane przez producenta:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Graniczne odchylenia**  **% przechodzącej masy** | | | **Kategoria**  **GTa** |
| Sito D mm | Sito D/2 mm | Sito 0,063 | |
| +/- 5 | +/- 10 | +/- 3 | GTa10 |
| +/- 5 | +/- 20 | +/- 4 | GTa20 |
| +/- 7 | +/- 25 | +/- 5 | GTa25 |

Uwagi do powyższych tabel oraz wymagania dla kruszyw grubych i drobnych podane są w PN-EN 13242:2004

Kruszywa powinny spełniać wymagania określone w tabeli 1 – w zależności od zastosowanej normy. Tabela 1. Właściwości kruszyw przeznaczonych do wykonania podbudowy

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp** | **Wyszczególnienie właściwości** | **Wymagania wg PN-S-06102:1997** | | | **Wymagania wg PN-EN 13242:2004** | | |
| Podbudo wa zasadnic za Nawierzc hnia | Podbudowa pomocnicza | Badania kruszywa wg | Podbudowa zasadnicza Nawierzchni a | Podbudow a pomocnicz a | Badania kruszywa wg |
| 1 | Zawartość ziarn mniejszych niż 0,075mm %(m/m) | Od 2 do  10 | Od 2 do 12 | PN-B- 06714-15 | f12 | f12 | PN-EN  933-1:2000 |
| 2 | Zawartość nadziarna  %(m/m) nie więcej niż | 5 | 10 | PN-B- 06714-15 | GA75-GA85 | GA75-GA85 | PN-EN  933-1:2000 |
| 3 | Zawartość ziarn nieforemnych %(m/m) nie więcej niż | 35 | 40 | PN-B- 06714-16 | SI 40 | SI 40 | PN-EN  933-4:2001 |
| 4 | Zawartość zanieczyszczeń organicznych %(m/m) nie więcej niż | 1 | 1 | PN-B-04481 | - | - | - |
| 5 | Wskaźnik piaskowy po pięciokrotnym zagęszczeniu metodą I lub II wg PN-B-04481  % | Od 30 do  70 | Od 30 do 70 | BN- 64/8931-01 | - | - | - |
| 6 | Ścieralność w bębnie Los Angeles a) ścieralność całkowita po pełnej liczbie obrotów, nie więcej niż  b) ścieralność częściowa po 1/5 pełnej liczby obrotów, nie więcej niż | 35  30 | 50  35 | PN-B- 06714-42 | LA35  - | LA50  - | PN-EN 1097-  2:2000 |
| 7 | Nasiąkliwość %(m/m) nie więcej niż | 3 | 5 | PN-B- 06714-18 | WA24 2 | WA24 2 | PN-EN 1097-  6:2000 |
| 8 | Mrozoodporność, ubytek masy po n cyklach zamrażania  %(m/m) nie więcej niż | 5  po 25 cyklach | 10  po 25 cyklach | PN-B- 06714-19 | F 2\*  po 10 cyklach | F 4\*  po 10 cyklach | PN-EN 1367-  1:2001 |

.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | Rozpad krzemianowy i żelazawy łącznie  %(m/m) nie więcej niż | - | - | PN-B- 06714-37  PN-B- 06714-39 | - | - | - |
| 10 | Zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO3 %(m/m) nie więcej niż | 1 | 1 | PN-B- 06714-28 | AS  deklarowana | AS  deklarowa na | PN-EN 17441:200  0 |
| 11 | Wskaźnik nośności wnoś mieszanki kruszywa % nie mniejszy niż: a) przy zagęszczeniu Is>1,00 b) przy zagęszczeniu Is>1,03 | 80  120 | 60  - | PN-S-06102  zał.A | - | - | - |

\*wartość interpolowana

\*\*wartość dla kruszyw o ciągłym uziarnieniu

W normie PN-EN 13242:2004 określono również następujące wymagania:

 kształt kruszywa grubego – wskaźnik płaskości wg PN-EN 933-3:1999 – kategoria FI

 ziarna przekruszone lub łamane oraz ziarna całkowicie zaokrąglone w kruszywach grubych wg PN- EN 933-5:2000 – kategoria C

 odporność na ścieranie kruszywa grubego wg PN-EN 1097-1:2000 – kategoria MDE

 odporność na uderzenia wg PN-EN 1097-2:2000

 gęstość ziarn zależnie od wymiarów ziarn wg PN-EN 1097-2:2000

 zawartość siarki całkowitej wg PN-EN 1744-1:2000 - kategoria S

 zgorzel słoneczna bazaltu wg PN-EN 1367-3:2002 – kategoria SB