

OZNACZANIE KSZTAŁTU ZIARN: WSKAŹNIK PŁASKOŚCI KRUSZYWA

NORMY

PN-EN 933-3: Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 3: Oznaczanie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości.

PN-EN 12620: Kruszywa do betonu.

PN-EN 13055: Kruszywa lekkie.

PN-EN 13139: Kruszywa do zaprawy.

WSTĘP TEORETYCZNY

Kruszywo - ziarnisty materiał stosowany w budownictwie. Kruszywo może być naturalne, pochodzenia sztucznego lub z recyklingu.

Kruszywo naturalne - kruszywo pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostało poddane żadnej innej obróbce.

Kruszywo o ciągłym uziarnieniu - kruszywo będące mieszanką kruszyw grubych i drobnych; może być ono wytwarzane bez rozdzielania na grube i drobne frakcje lub przez połączenie kruszywa grubego i drobnego.

Kruszywo sztuczne - kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego termiczną lub inną modyfikację.

Kruszywo z recyklingu - kruszywo powstałe w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego poprzednio w budownictwie.

Kruszywo wypełniające – kruszywo, którego większość przechodzi przez sito 0,063 mm, które może być dodawane do materiałów budowlanych w celu uzyskania przez nie pewnych właściwości.

Kruszywo lekkie - kruszywo pochodzenia mineralnego o gęstości ziarn nie większej niż 2 000 kg/m³ (2,00 Mg/m³) lub gęstości w stanie luźnym nie większej niż 1 200 kg/m³ (1,20 Mg/m³).

Kruszywo odpadowe - kruszywo pochodzenia mineralnego z jakiegokolwiek procesu przemysłowego, poddane następnie jedynie obróbce mechanicznej.

Wymiar kruszywa - oznaczanie kruszywa poprzez określenie dolnego (d) i górnego (D) wymiaru sita jako d/D; oznaczenie dopuszcza obecność pewnej ilości ziarn (naziarno), które pozostają na górnym sicie i pewnej ilości ziarn (podziarno), które mogą przejść przez dolne sito.

Naziarno - część kruszywa pozostająca na większym z granicznych sit, używanych w opisywaniu wymiaru kruszywa; zgodnie z normą dotyczącą kruszyw lekkich ilość naziarna nie powinna przekraczać 10% masy.

Podziarno - część kruszywa przechodząca przez mniejsze z granicznych sit, używanych w opisie wymiaru kruszywa; zgodnie z normą dotyczącą kruszyw lekkich ilość podziarna nie powinna przekraczać 15% masy.

Kruszywo drobne - kruszywo o wymiarach ziarn D mniejszych lub równych 4 mm; kruszywo drobne może powstać wyniku naturalnego rozpadu skały albo żwiru i/lub kruszenia skały albo żwiru lub przetworzenia kruszywa sztucznego.

Kruszywo grube - oznaczenie kruszywa grubszego, o wymiarach ziarn D większych lub równych 4 mm oraz d większym lub równym 2 mm.

Kruszywo uziarnione naturalnie 0/8 mm - kruszywo naturalnego pochodzenia lodowcowego lub rzeczno, mającego D mniejsze lub równe 8 mm; kruszywo takie może być wytworzone również przez mieszanie kruszywa przetworzonego.

Pyły - frakcja kruszywa o wymiarach ziarn przechodzących przez sito 0,063 mm; pyły powinny być uważane za nieszkodliwe, jeśli spełnione jest któryś z czterech następujących warunków:

- ogólna zawartość pyłów w kruszywie drobnym jest mniejsza od 3 % lub poniżej innej wartości zgodnie z postanowieniami obowiązującymi w miejscu użycia kruszywa;
- wartość wskaźnika piaskowego (SE) badanego wg EN 933-8 przekracza określoną dolną granicę;
- badanie błękitem metylenowym (MB) wg EN 933-9 daje wartość mniejszą od określonej wartości granicznej;
- stwierdzono, że zachowanie kruszywa jest równoważne z kruszywem znanym z zadowalającego zachowania lub jest dowód na bezproblemowe zastosowanie kruszywa.

W typowych sytuacjach, spełnienie wymagań dla frakcji 0/2 mm w badaniach wskaźnika piaskowego i w badaniu błękitem metylenowym powinno być wyrażone z prawdopodobieństwem 90 %.

Kategoria - poziom właściwości kruszywa wyrażony jako przedział wartości lub wartość graniczna.

| Kruszywo | Wymiar | Przesiew w procentach masowych | | | | | Kategoria G |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|------------|-----------|--------------|
| | | 2D | 1,4D | D | d | d/2 | |
| Grube | D/d ≤ 2 lub D ≤ 11,2mm | 100 | od 98 do 100 | od 85 do 99 | od 0 do 20 | od 0 do 5 | Gc85/20 |
| | D/d > 2 i D > 11,2 mm | 100 | od 98 do 100 | od 80 do 99 | od 0 do 20 | od 0 do 5 | Gc80/20 |
| Drobne | D ≤ 4 mm i d = 0 | 100 | od 95 do 100 | od 85 do 99 | - | - | Gf85 |
| Naturalnie uziarnione 0/8 | D = 8 mm i d = 0 | 100 | od 98 do 100 | od 90 do 99 | - | - | GNg90 |
| O uziarnieniu ciągłym | D ≤ 45 mm i d = 0 | 100 | od 98 do 100 | od 90 do 99 | - | - | GA90 GA85 |

Uziarnienie - rozkład wymiarów ziarn wyrażony w procentach masy przechodzących przez określony zestaw sit.

Krzywa przesiewu – graficzne przedstawienie uziarnienia kruszywa.

Jamistość - wypełnione powietrzem przestrzenie pomiędzy ziarnami kruszywa znajdującego się w pojemniku.

Przydatność kruszywa do betonu jest określana na podstawie właściwości kruszywa. Norma wyróżnia trzy podstawowe grupy właściwości: geometryczne, fizyczne, oraz chemiczne. Do właściwości geometrycznych zaliczamy:

- wymiar kruszywa - należy je opisywać za pomocą d/D , a stosunek D/d nie powinien być mniejszy niż 1,4;
- uziarnienie - na podstawie uziarnienia określana jest kategoria kruszywa;
- kształt kruszywa - badaniem wzorcowym na oznaczenie kształtu kruszyw grubych jest wskaźnik płaskości kruszywa (FI) oraz wskaźnik kształtu kruszywa (SI); w zależności od wskaźnika płaskości (kształtu) należy określić odpowiednią kategorię FI (SI) dla kruszywa;

| Wskaźnik płaskości | Kategoria FI |
|--------------------|---------------------------|
| ≤ 15 | FI ₁₅ |
| ≤ 20 | FI ₂₀ |
| ≤ 35 | FI ₃₅ |
| ≤ 50 | FI ₅₀ |
| > 50 | FI _{deklarowane} |
| Brak wymagań | FI _{NR} |

| Wskaźnik kształtu | Kategoria SI |
|-------------------|---------------------------|
| ≤ 15 | SI ₁₅ |
| ≤ 20 | SI ₂₀ |
| ≤ 40 | SI ₄₀ |
| ≤ 55 | SI ₅₅ |
| > 55 | SI _{deklarowane} |
| Brak wymagań | SI _{NR} |

- zawartość pyłów

| Kruszywo | Sito 0,063 mm Przesiew, w procentach masowych | Kategoria f |
|---------------------------------------|---|--------------------------|
| Kruszywo grube | $\leq 1,5$ | f _{1,5} |
| | ≤ 4 | f ₄ |
| | > 4 | f _{deklarowane} |
| | Brak wymagań | f _{NR} |
| Kruszywo o uziarnieniu ciągłym 0/8 mm | ≤ 3 | f ₃ |
| | ≤ 10 | f ₁₀ |
| | ≤ 16 | f ₁₆ |
| | > 16 | f _{deklarowane} |
| | Brak wymagań | f _{NR} |
| Kruszywo o uziarnieniu naturalnym | ≤ 3 | f ₃ |
| | ≤ 11 | f ₁₁ |
| | > 11 | f _{deklarowane} |
| | Brak wymagań | f _{NR} |
| Kruszywo drobne | ≤ 3 | f ₃ |

| | | |
|--|--------------|--------------------------|
| | ≤ 10 | f ₁₀ |
| | ≤ 16 | f ₁₆ |
| | ≤ 22 | f ₂₂ |
| | > 22 | f _{deklarowane} |
| | Brak wymagań | f _{NR} |

- zawartość muszli w kruszywie grubym

| Zawartość muszli, % | Kategoria SC |
|------------------------|--------------------------|
| ≤ 10 | SC ₁₀ |
| > 10 | S _{deklarowane} |
| Brak wymagań | SC _{NR} |

Wśród właściwości fizycznych kruszyw wyróżniamy:

- odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego oznaczane za pomocą współczynnika Los Angeles. Zazwyczaj wytrzymałość kruszyw jest większa niż wytrzymałość betonu, a w zestawie kruszyw i cementu z domieszkami, lub też bez nich, dobrze zachowującego się w trakcie użytkowania, wytrzymałość stwierdzona w trakcie normalnej kontroli produkcji stanowi wystarczające odzwierciedlenie wytrzymałości kruszywa. Jednakże, w przypadku bardzo dużych wytrzymałości betonu, może wystąpić potrzeba uwzględnienia wytrzymałości kruszywa. Kruszywa kategorii LA₁₅, LA₂₀ wymagane są tylko w przypadkach szczególnych (np. regiony w których używa się opon z kolcami albo specjalne lokalne wymagania dla nawierzchni drogowych). Kruszywo kategorii LA₃₀ może być wymagane dla nawierzchni drogowych i posadzek narażonych na uderzenia. Zaleca się, aby kruszywa o współczynnikach Los Angeles większych niż 40 były oceniane na podstawie doświadczeń z użytkowania;

| Współczynnik Los Angeles | Kategoria LA |
|-----------------------------|---------------------------|
| ≤ 15 | LA ₁₅ |
| ≤ 20 | LA ₂₀ |
| ≤ 25 | LA ₂₅ |
| ≤ 30 | LA ₃₀ |
| ≤ 35 | LA ₃₅ |
| ≤ 40 | LA ₄₀ |
| ≤ 50 | LA ₅₀ |
| < 50 | LA _{deklarowane} |
| Brak wymagań | LA _{NR} |

- gęstość ziarn - masa jednostki objętości materiału, bez uwzględniania porów wewnątrz materiału (materiał w pełni szczelny)

$$\rho = m_s / V \text{ [kg/m}^3\text{];}$$

- gęstość nasypowa - stosunek masy suchego kruszywa do jego objętości; objętość zawiera przestrzeń pomiędzy cząsteczkami, przestrzeń wewnątrz porów ciała stałego, a także objętość samego ciała stałego; dla kruszyw rozróżniamy gęstość nasypową w stanie luźnym oraz zagęszczonym;

- mrozoodporność kruszywa grubego – badanie to jest przeprowadzane, gdy wymagana jest odporność kruszywa na mróz (betony narażone na zamrażanie i rozmrażanie). Podatność kruszywa na uszkodzenia z powodu zamrażania i rozmrażania zależy przede wszystkim od klimatu, zastosowania, typu petrograficznego oraz rozkładu i rozkładu wielkości porów wewnątrz ziarn kruszyw. Intensywność uszkodzeń wiąże się z częstotliwością zamrażania i rozmrażania, stopniem zamrażania i rozmrażania oraz stopniem nasycenia ziarn kruszywa. Kruszywa są podatne na uszkodzenie z powodu zamrażania i rozmrażania w warunkach częściowego lub pełnego nasycenia albo przy dużej wilgotności. Ryzyko uszkodzenia zwiększa się znacznie tam, gdzie kruszywo jest narażone na działanie wody morskiej lub soli odladzających. Gdy nasiąkliwość kruszywa oznaczana wg EN 1097-6 nie przekracza 1 %, kruszywo może być uznane za mrozoodporne. Jednakże, szereg dobrych kruszyw wykazuje większą wartość nasiąkliwości. Przykładowo, niektóre jurajskie wapienie i piaskowce często absorbują więcej niż 4 % wody, a nasiąkliwość żużli wielkopieczowych, permskich wapieni, dolomitów i karbońskich piaskowców często przekracza 2 %, ale materiały te ciągle mają wystarczającą mrozoodporność.

| Zamrażanie-rozmrażanie Ubytek masy, w procentach | Kategoria F |
|---|--------------------------|
| ≤ 1 | F ₁ |
| ≤ 2 | F ₂ |
| ≤ 4 | F ₄ |
| > 4 | F _{deklarowane} |
| Brak wymagań | F _{NR} |

| Badanie w siarczanie magnezu Ubytek masy, w procentach | Kategoria MS |
|--|---------------------------|
| ≤ 18 | MS ₁₈ |
| ≤ 25 | MS ₂₅ |
| ≤ 35 | MS ₃₅ |
| > 35 | MS _{deklarowane} |
| Brak wymagań | MS _{NR} |

- stałość objętości (skurcz przy wysychaniu) - gdy występują destrukcyjne spękania skurczowe betonu, z powodu właściwości kruszywa, to skurcz przy wysychaniu związany z kruszywami stosowanymi w betonie konstrukcyjnym nie powinien być większy niż 0,075 %.

Do właściwości chemicznych kruszywa zalicza się:

- zawartość jonów chlorkowych rozpuszczalnych w wodzie;
- zawartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie;
- zawartość siarki całkowitej;
- składniki, które wpływają na szybkość wiązania i twardnienia betonu (związki organiczne);
- zawartość węgla w kruszywach drobnych.

METODA BADANIA

Oznaczanie wskaźnika płaskości kruszywa wykonuje się według PN-EN 933-3. Metoda badania ma zastosowanie do frakcji o wymiarach ziarn $D \leq 100$ mm i $d \geq 4$ mm. Badanie polega na obliczeniu procentowej zawartości ziarn płaskich w badanym kruszywie.

Aparatura:

- sита badawcze o otworach kwadratowych o nominalnym wymiarze otworów: 100, 80; 63; 50; 40; 31,5; 25; 20; 16; 12,5; 10; 8; 6,3; 5; 4 mm;
- odpowiednie sита prętowe

| Frakcja o wymiarach ziarn d/D, mm | Szerokość szczelin w sitach prętowych, mm |
|-----------------------------------|---|
| 80/100 | 50 |
| 63/80 | 40 |
| 5/63 | 31,5 |
| 4/50 | 25 |
| 31,5/40 | 20 |
| 25/31,5 | 16 |
| 20/25 | 12,5 |
| 16/20 | 10 |
| 12,5/16 | 8 |
| 10/12,5 | 6,3 |
| 8/10 | 5 |
| 6,3/8 | 4 |
| 5/6,3 | 3,15 |
| 4/5 | 2,5 |

- waga;
- suszarka.

Próbkę należy wysuszyć do stałej masy w temperaturze (110 ± 5) °C, ostudzić, zważyć i zapisać masę jako M_0 . Masa próbki analitycznej powinna być zgodna z tablicą 1 normy PN-EN 933-1.

| Wymiar ziarn kruszywa D (maksimum), mm | Masa próbki analitycznej (minimum), kg |
|--|--|
| 63 | 40 |
| 32 | 10 |
| 16 | 2,6 |
| 8 | 0,6 |
| ≤ 4 | 0,2 |

Próbkę analityczną przesiał przez sита badawcze o otworach kwadratowych. Zważyć i odrzucić wszystkie ziarna przechodzące przez sito 4 mm oraz pozostające na sicie 100 mm. Zważyć i zachować oddzielnie wszystkie ziarna każdej frakcji pomiędzy 4 a 100 mm. Każdą frakcję przesiewać przez odpowiednie sito szczelinowe. Zważyć materiał każdej wielkości frakcji przechodzący przez odpowiednie sito prętowe. Obliczyć sumę mas frakcji i zapisać jako M_1 . Obliczyć sumę mas ziarn dla każdej frakcji, które przeszły przez odpowiednie sito szczelinowe i zapisać jako M_2 . Całkowity wskaźnik płaskości (FI) obliczyć według wzoru:

$$FI = (M_2/M_1) \cdot 100.$$

Wskaźnik płaskości podać z dokładnością do najbliższej liczby całkowitej. Wskaźnik płaskości poszczególnych frakcji obliczyć według wzoru:

$$FI_i = (m_i/R_i) \cdot 100.$$

Jeżeli suma mas R_i , łącznie z masami każdej z odrzuconych frakcji o danym wymiarze ziarn, różni się więcej niż 1% od masy M_0 , badanie należy powtórzyć na innej próbce analitycznej.

| Masa próbki analitycznej $M_0 =$ g | | Masa pozostająca na sicie 100 mm = g | | |
|---|--|---|--|------------------------------|
| | | Masa przechodząca przez sito 4 mm = g | | |
| | | Suma odrzuconych mas = g | | |
| Przesiewanie na sitach badawczych | | Przesiewanie na sitach prętowych | | |
| Frakcja o wymiarach ziarn d_i/D_i [mm] | Masy (R_i) frakcji o wymiarach ziarn d_i/D_i [g] | Nominalna szerokość szczeliny sita prętowego [mm] | Masy przechodzące przez sito prętowe [g] | $FI_i = (m_i/R_i) \cdot 100$ |
| 80/100 | | 50 | | |
| 63/80 | | 40 | | |
| 50/63 | | 31,5 | | |
| 40/50 | | 25 | | |
| 31,5/40 | | 20 | | |
| 25/31,5 | | 16 | | |
| 20/25 | | 12,5 | | |
| 16/20 | | 10 | | |
| 12,5/16 | | 8 | | |
| 10/12,5 | | 6,3 | | |
| 8/10 | | 5 | | |
| 6,3/8 | | 4 | | |
| 5/6,3 | | 3,15 | | |
| 4/5 | | 2,5 | | |
| | $M_1 = \sum R_i =$ | | $M_2 = \sum m_i =$ | |
| $FI = (M_2/M_1) \cdot 100 =$ | | | | |
| Rachunek błędu | | | | $< 1\%$ |
| $100 \times \frac{M_0 - (\sum R_i + \sum \text{odrzuconych mas})}{M_0} =$ | | | | |

Kategoria FI: