

BUDOWNICTWO KOMUNIKACJI LĄDOWEJ	NORMA BRANŻOWA	BN-73
	Drogi samochodowe	8933-13
	Podbudowa z betonu popiołowego	Grupa katalogowa VII 81

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są warunki techniczne dotyczące projektowania, wykonywania i odbioru podbudów drogowych z betonu popiołowego.

1.2. Zakres stosowania przedmiotu normy. Podbudowy z betonu popiołowego stosuje się jako nośne warstwy konstrukcji nawierzchni dróg i ulic wszystkich klas, placów postojowych, parkingów oraz poszerzeń i wzmocnień istniejących konstrukcji nawierzchni.

1.3. Określenia

1.3.1. Podbudowa z betonu popiołowego — jedna lub więcej warstw zagęszczonej mieszanki wg 1.3.2, która po stwardnieniu stanowi nośną część nawierzchni.

1.3.2. Mieszanka — dobrana w optymalnych proporcjach mieszanina kruszywa, popiołów lotnych z węgla kamiennego, aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego lub wapna oraz wody, a w razie potrzeby również dodatków ulepszających.

1.3.3. Beton popiołowy — sztuczny kamień powstały po stwardnieniu zagęszczonej mieszanki.

1.3.4. Popioły lotne z węgla kamiennego lub brunatnego — wg BN-63/6722-02.

1.3.5. Popioły lotne aktywne — wg BN-71/8933-10.

1.4. Podstawowe oznaczenia

WBc — popioły lotne z węgla brunatnego stosowane jako samodzielny materiał wiążący,

WKa — popioły lotne z węgla kamiennego stosowane jako dodatek pucolanowy przy innych materiałach wiążących,

WKb — popioły lotne z węgla kamiennego stosowane do ulepszania składu granulometrycznego materiałów sypkich,

Δt — przyrost temperatur popiołów lotnych w czasie rozpuszczania w roztworze kwasu solnego,

I; II — przedziały uziarnienia wg wymagań normy,

R_3^t — wytrzymałość na ściskanie próbek o przyspieszonym dojrzewaniu po trzech dobach pielęgnacji wg 3.2.6.11 a),

R_{14}^m — wytrzymałość na ściskanie próbek po 14 dobach pielęgnacji wg 3.2.6.11 b),

R_{42}^m — wytrzymałość na ściskanie próbek po 42 dobach pielęgnacji wg 3.2.6.11 c),

R_{42}^{zo} — wytrzymałość na ściskanie charakteryzujące mrozoodporność próbek po 42 dobach pielęgnacji wg 3.2.6.11 d),

k — zawartość kruszywa w mieszance, % wag.,

K — zawartość kruszywa w mieszance, kg,

p_k — zawartość w mieszance popiołów lotnych z węgla kamiennego, % wag.,

P_k — zawartość w mieszance popiołów lotnych z węgla kamiennego, kg,

p_b — zawartość w mieszance popiołów lotnych aktywnych z węgla brunatnego, % wag.,

P_b — zawartość w mieszance popiołów lotnych aktywnych z węgla brunatnego, kg,

c — zawartość w mieszance cementu, % wag.,

G — zawartość w mieszance cementu, kg,

Zgłoszona przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Ustanowiona przez Ministra Komunikacji dnia 29 grudnia 1973 r.
jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą
od dnia 1 stycznia 1975 r. (Dz. Norm. i Miar nr 17/1974 poz. 57)

- a — dodatek do mieszanki asfaltu upłynionego lub emulsji asfaltowej, % wag.,
- A — dodatek do mieszanki asfaltu upłynionego lub emulsji asfaltowej, kg,
- ch — dodatek do mieszanki chlorku wapnia lub wodorotlenku sodu, % wag.,
- CH — dodatek do mieszanki chlorku wapnia lub wodorotlenku sodu, kg,
- W_{sp} — wskaźnik aktywności puculanowej określony wg BN-73/8931-10,
- w_n^m — wilgotność naturalna mieszanki, % wag.,
- w_{opt}^m — wilgotność optymalna mieszanki, % wag.,
- w_n^k — wilgotność naturalna kruszywa, % wag.,
- w_n^{pk} — wilgotność naturalna popiołów lotnych z węgla kamiennego, % wag.,
- w_n^{pb} — wilgotność naturalna popiołów lotnych z węgla brunatnego, % wag.,
- ρ^k — gęstość (ciężar właściwy) kruszywa, t/m^3 (Mg/m^3),
- $\rho_{ps}^k \max$ — maksymalna gęstość pozorną (ciężar objętościowy) kruszywa zagęszczonego metodą normalną wg PN-75/B-04481, t/m^3 (Mg/m^3),
- $\rho_{ps}^{pk} \max$ — gęstość pozorną maksymalnie zagęszczonych popiołów lotnych z węgla kamiennego, t/m^3 (Mg/m^3),
- $\rho_{ps}^m \max$ — maksymalna gęstość pozorną mieszanki zagęszczoną metodą normalną wg PN-75/B-04481, t/m^3 (Mg/m^3).

2. WYMAGANIA

2.1. Materiały

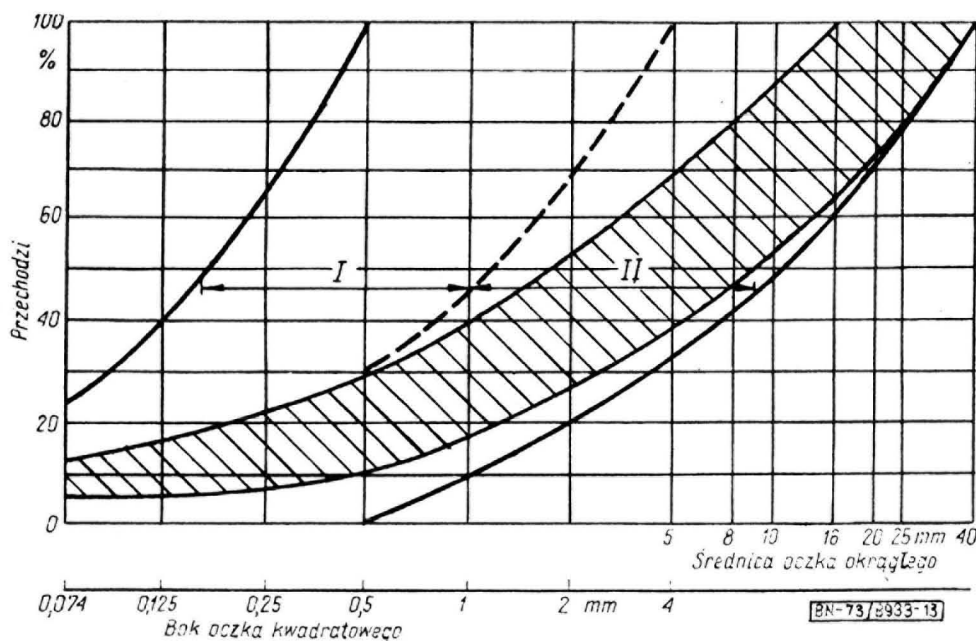
2.1.1. Kruszywo. Do wykonania betonów popiołowych należy stosować kruszywo naturalne (piaski wg BN-73/6774-04, pospółki i żwiry wg BN-66/6774-01), kruszywo łamane z kamieni naturalnych wg BN-74/6774-02, kruszywo żuźłowe z żużla wielkopieczowego kawałkowego wg PN-64/B-23004, łupkoporyt wg BN-69/6722-01, agloporyt wg BN-64/6722-07, keramzyt wg BN-76/6722-04, popioły granulowane, popioły z hałd, albo mieszaninę tych kruszyw, których krzywe uziarnienia powinny się mieścić w granicach podanych na rysunku.

Kruszywo powinno odpowiadać następującym wymaganiom:

- zawartość siarczanów i siarczków w przeliczeniu na SO_3 nie powinna przekraczać 1%,
- zawartość ziarn wydłużonych i płaskich wg BN-74/6774-02, nie więcej niż 20%,
- odporność kruszywa żuźłowego na rozpad krzemianowy i żelazawy — całkowita.

2.1.2. Popioły lotne

2.1.2.1. Popioły lotne z węgla kamiennego jako składnik kruszywa lub wypełniacza powinny spełniać wymagania określone w BN-63/6722-02 dla odmiany WKb, zaś jako dodatek puculanowy do materiałów wiążących — wg BN-63/6722-02 dla odmiany WKa. Wymagane jest, aby wskaźnik W_{sp} określony wg BN-73/8931-10 nie był mniej-



Graniczne krzywe uziarnienia kruszywa

I — kruszywo drobnoziarniste, II — kruszywo gruboziarniste, pole zakreskowane — obszar optymalnego uziarnienia kruszywa używanego w przypadku konieczności dopuszczenia ruchu bezpośredniego po zagęszczeniu podbudowy

szy niż 1,0, a przyrost temperatury Δt był większy niż 20°C.

2.1.2.2. Popioły lotne z węgla brunatnego stosowane jako spoiwo powinny spełniać wymagania określone w BN-63/6722-02 dla odmiany WBc oraz w BN-71/8933-10 ($\Delta t \geq 40$).

Dopuszcza się stosowanie jako dodatków pucolanowych nieaktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego odmiany WBa i WBb wg BN-63/6722-02 gdy zawartość w nich SO_3 jest mniejsza niż 1,0% oraz wskaźnik $W_{ap} \geq 1,0$.

2.1.3. Wapno niegaszone — wg BN-76/6715-01 lub wapno suchogaszone wg BN-76/6715-16 jako spoiwo użyte zamiast aktywnych popiołów lotnych.

Dopuszcza się stosowanie jako spoiwa wapna pokarbidowego, jeżeli zapewni ono wytrzymałość betonów popiołowych zgodnie z 2.2.2.

2.1.4. Woda stosowana do betonów popiołowych powinna odpowiadać wymaganiom PN-75/C-04630.

2.1.5. Dodatki ulepszące. Przy wykonywaniu podbudów z betonów popiołowych w uzasadnionych przypadkach mogą być stosowane następujące dodatki:

- a) asfalt upłynniony wg PN-70/C-96171,
- b) emulsja asfaltowa wg BN-71/6771-02,
- c) cement portlandzki marki 250 lub 350 wg PN-74/B-30000,
- d) chlorek wapniowy wg PN-75/C-84127,
- e) wodorotlenek sodowy.

Dopuszcza się stosowanie innych dodatków, których skuteczność zostanie sprawdzona pełnymi badaniami wytrzymałościowymi, przy różnych okresach i sposobach pielęgnacji próbek.

2.2. Mieszanka

2.2.1. Ustalenie składu mieszanki. Przy ustalaniu właściwego składu mieszanki kruszywa, popiołów lotnych nieaktywnych, popiołów lotnych aktywnych bądź wapna oraz dodatków ulepszących i wody powinny być uwzględnione następujące czynniki:

- a) dobór kruszywa o właściwościach podanych w 2.1.1, przy czym ciągłość uziarnienia w przedziałach I lub II wg rysunku uzyskiwać można także z połączenia materiałów o różnym uziarnieniu;
- b) zawartość odpowiedniej ilości w mieszance popiołów lotnych z węgla kamiennego odmiany WKa;
- c) zawartość odpowiedniej ilości w mieszance aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego odmiany WBc lub wapna;
- d) niezbędną ilość wody ustaloną na podstawie optymalnej wilgotności mieszanki metodą normal-

ną wg PN-75/B-04481 i z uwzględnieniem naturalnej wilgotności składników;

e) zastosowanie dodatków ulepszących w ilościach orientacyjnych — asfaltu upłynnionego około 2%, bądź emulsji asfaltowej około 3% lub w przypadkach uzasadnionych 2÷4% cementu, 2÷3% wapna, bądź 0,5÷1,5% chlorku wapnia lub wodorotlenku sodowego w stosunku wagowym do mieszaniny kruszywa i popiołów lotnych.

Orientacyjna zawartość podstawowych składników w mieszankach na górną lub dolną warstwę podbudowy należy przyjmować następująco:

- kruszywo dobrane wg rysunku 60÷80%,
- popioły lotne z węgla kamiennego o wskaźniku $W_{ap} \geq 1,0$ i $\Delta t \geq 20^\circ C$ 10÷35%,
- aktywne popioły lotne z węgla brunatnego o $\Delta t \geq 40$ 5÷12% lub wapno 4÷10%.

Należy zwracać uwagę, żeby w mieszance na dolną warstwę podbudowy zawartość SO_3 była nie większa niż 3%, a na górną warstwę podbudowy — nie większa niż 2%.

Ostateczne proporcje składu mieszanki uzależnia się od uzyskiwanych wytrzymałości oraz odporności próbek na cykle zamrażania-odmrażania.

2.2.2. Wytrzymałość na ściskanie próbek betonu popiołowego. Wymagane wytrzymałości na ściskanie próbek betonu popiołowego w zależności od rodzaju warstwy konstrukcji nawierzchni drogowej podano w tablicy.

Na dolną warstwę podbudów można stosować kruszywa wg uziarnienia mieszającego się w przedziale I lub II wg rysunku, natomiast na górną warstwę podbudowy — kruszywa o uziarnieniu mieszającym się w polu II wg rysunku dla dowolnego obciążenia ruchem.

Dla dróg o obciążeniu ruchem lekkim lub średnim dopuszcza się projektowanie górnej warstwy z kruszywem mieszającym się w polu I rysunku.

2.3. Warunki techniczne wykonania

2.3.1. Podłoże. Podbudowa powinna być wykonana na podłożu odpowiednio sprofilowanym do wymaganych projektem spadków poprzecznych i podłużnych oraz przechyłek na łukach. Podłoże powinno być zagęszczone do co najmniej 100% maksymalnego zagęszczenia metodą normalną wg PN-75/B-04481.

W przypadku podłoża wysadzinowego podbudowę z betonu popiołowego należy zabezpieczyć przed skutkami mrozu.

2.3.2. Grubość podbudowy. Podbudowę z betonu popiołowego wykonuje się w jednej warstwie grubości 10÷20 cm lub w dwóch warstwach o łącznej grubości 25÷40 cm. Grubość górnej warstwy powinna być nie mniejsza niż 10 cm. W przypad-

Lp.	Rodzaj warstwy w konstrukcji nawierzchni drogowej	Wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą wg 3.2.6.11			Wytrzymałość po cyklach zamrażania-odmrażania wg 3.2.6.11
		poz. a)	poz. b)	poz. c)	poz. d)
		R_3^t	R_{14}^m	R_{42}^m	R_{42}^{zo}
		kG/cm ² (MN/m ²)			
1	Górna warstwa podbudowy dla ruchu ciężkiego i bardzo ciężkiego	50÷80 (5÷8)	≥ 25 (≥ 2,5)	50÷80 (5÷8)	≥ 40 (≥ 4)
2	Górna warstwa podbudowy dla ruchu lekkiego i średniego, bądź dolna warstwa podbudowy dla ruchu ciężkiego i bardzo ciężkiego	30÷50 (3÷5)	≥ 15 (≥ 1,5)	30÷50 (3÷5)	≥ 20 (≥ 2)
3	Dolna warstwa podbudowy dla ruchu lekkiego i średniego	15÷30 (1,5÷3)	≥ 10 (≥ 1)	15÷30 (1,5÷3)	≥ 8 (≥ 0,8)

Za miarodajne (obowiązujące) przy projektowaniu składu betonu należy przyjmować wytrzymałość R_{42}^m i R_{42}^{zo} , zaś R_3^t i R_{14}^m mają charakter pomocniczy: określenie R_3^t umożliwia przyspieszenie projektowania mieszanki, a R_{14}^m informuje o szybkości twardnienia betonu.

Określenie ruchu należy przyjmować wg Wytycznych WP-DP-20.

Górną warstwę podbudowy należy przykrywać warstwą masy bitumicznej o grubości wynoszącej co najmniej:

- 3 cm — przy ruchu lekkim,
- 6 cm — przy ruchu średnim,
- 10 cm — przy ruchu ciężkim,
- 12 cm — przy ruchu bardzo ciężkim.

Dolna warstwa podbudowy powinna znajdować się co najmniej:

- 8 cm poniżej niwelety nawierzchni o ruchu lekkim,
- 16 cm poniżej niwelety nawierzchni o ruchu średnim,
- 25 cm poniżej niwelety nawierzchni o ruchu ciężkim,
- 30 cm poniżej niwelety nawierzchni o ruchu bardzo ciężkim.

ku układania betonu popiołowego na innych warstwach nośnych grubość betonu popiołowego powinna wynosić 10÷20 cm.

Dopuszczalne odchyłki od zaprojektowanej grubości podbudowy nie powinny przekraczać ±10%.

2.3.3. Wytwarzanie mieszanki. Mieszanie kruszywa z popiołami lotnymi i z wodą oraz ewentualnymi dodatkami ulepszającymi należy wykonywać w betoniarkach lub mieszarkach stacjonarnych typu ciągłego mieszania zapewniających jednorodność masy.

Przy ustalaniu składu mieszanki należy uwzględnić wilgotność naturalną składników.

2.3.4. Układanie masy betonu popiołowego. Masę betonu popiołowego zaleca się układać mechanicznie.

Masa powinna być ułożona ściśle do przewidzianego profilu podbudowy z zapasem na zagęszczenie, określonym w czasie budowy.

W przypadku wykonywania dwóch warstw podbudowy z betonu popiołowego, układanie górnej warstwy powinno następować bezpośrednio po zagęszczeniu dolnej.

2.3.5. Zagęszczanie masy powinny być zakończone w dniu ułożenia masy. Zagęszczenie należy wykonywać w sposób mechaniczny, np. płytami wibracyjnymi lub walcami wibracyjnymi bądź walcami statycznymi.

Zagęszczenie należy rozpoczynać przy wilgotności optymalnej z dopuszczalną odchyłką ±2%. Wskaźnik zagęszczenia na budowie powinien być nie mniejszy niż:

- 100% przy ruchu ciężkim i bardzo ciężkim,
 - 98% przy ruchu lekkim i średnim,
- maksymalnego zagęszczenia metodą normalną wg PN-75/B-04481.

2.3.6. Warunki atmosferyczne. Podbudowę z betonu popiołowego należy wykonywać przy minimalnej temperaturze 5°C oraz w okresie suchym, przy czym nie później niż do października włącznie.

2.3.7. Prowadnice. W celu utrzymania prawidłowego profilu w czasie układania i zagęszczania oraz w celu zabezpieczenia krawędzi podbudowy należy stosować prowadnice.

2.3.8. Równość w profilu podłużnym mierzona zgodnie z BN-68/8931-04 powinna być taka, aby nierówności nie przekraczały:

9 mm — gdy na podbudowie ma leżeć jedna warstwa nawierzchni,

12 mm — gdy na podbudowie mają leżeć dwie lub więcej warstw nawierzchni.

2.3.9. Prawidłowość przekroju poprzecznego na odcinkach prostych powinna być taka, aby po przyłożeniu i spoziomowaniu łaty profilowej (szablону) prostopadle do osi drogi prześwity pomiędzy łatą profilową a powierzchnią podbudowy nie przekraczały wartości podanych w 2.3.8.

2.3.10. Szerokość podbudowy. Dopuszczalne odchyłki zarówno na prostych, jak i na łukach nie powinny przekraczać $-5 \div +20$ cm szerokości przewidzianej projektem.

2.3.11. Pielęgnacja zagęszczonej podbudowy (masy). Zagęszczoną masę należy poddać pielęgnacji jednym z niżej podanych sposobów:

a) spryskanie asfaltem upłynnionym w ilości 0,3 kg na 1 m² podbudowy,

b) spryskanie emulsją asfaltową w takiej samej ilości,

c) spryskanie hydrolitem,

d) przykrycie warstwą bitumiczną.

2.3.12. Ochrona zagęszczonej masy przed obciążeniami. Ruch pojazdów ogumionych można dopuścić nie wcześniej niż po 30 dniach po zagęszczeniu warstwy podbudowy, z wyjątkiem warstw wzmacniających o dobranym uziarnieniu (pole zakresowane na rysunku), po których dopuszcza się ruch bezpośrednio po zagęszczeniu.

2.3.13. Układanie warstw bitumicznych nawierzchni na podbudowie z betonu popiołowego należy wykonać nie wcześniej niż po 30 dniach od zagęszczenia masy. W przypadku sprzyjających warunków atmosferycznych (bezdeszczowa pogoda, temperatura powyżej 15°C) można ten okres skrócić do 20 dni. Układanie warstwy z asfaltu lanego jest możliwe już po 14 dniach twardnienia masy betonu popiołowego.

3. BADANIA

3.1. Program badań. W zależności od etapu robót badania dzieli się na:

- badania wstępne,
- badania w czasie budowy,
- badania odbiorcze po wykonaniu podbudowy.

3.2. Badania wstępne

3.2.1. Zakres badań. Badania wstępne obejmują:

a) sprawdzenie kruszywa, popiołów lotnych, wody i dodatków ulepszających,

b) projektowanie składu mieszanki.

3.2.2. Sprawdzenie kruszywa. Badanie cech fizycznych i chemicznych kruszyw należy przeprowadzać wg PN-66/B-06714, PN-75/B-04481. Badanie odporności na rozpad krzemianowy i żelazawy kruszywa z żużla wielkopieczowego kawałkowego należy przeprowadzać wg PN-63/B-06731.

3.2.3. Sprawdzenie popiołów lotnych

3.2.3.1. Sprawdzenie popiołów lotnych z węgla kamiennego należy przeprowadzać wg BN-63/6722-02 i BN-73/8931-10.

3.2.3.2. Sprawdzenie aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego — wg BN-63/6722-02 i BN-71/8933-10.

3.2.4. Sprawdzenie wody. W przypadku podejrzenia, że woda jest zanieczyszczona, należy wykonać z zaprojektowanego składu betonu popiołowego trzy próbki walcowe o wysokości i średnicy 8 cm, zarobione wodą odpowiadającą PN-75/C-04630, i trzy takie same próbki zarobione wodą, która ma być użyta do budowy. Średnia wytrzymałość próbek zarobionych badaną wodą nie powinna być mniejsza od wytrzymałości próbek zarobionych wodą odpowiadającą PN-75/C-04630.

3.2.5. Badanie dodatków ulepszających przeprowadza się wg norm:

- dla asfaltu upłynnionego — PN-70/C-96171,
- dla emulsji asfaltowej — BN-71/6771-02,
- dla cementu — PN-73/B-04300 i PN-73/B-04302,
- dla chlorku wapnia — PN-65/C-84127.

3.2.6. Projektowanie mieszanki

3.2.6.1. Zakres czynności. Projektowanie mieszanki obejmuje:

- ustalenie krzywej uziarnienia kruszywa,
- ustalenie optymalnej zawartości popiołów lotnych z węgla kamiennego,
- ustalenie optymalnej zawartości aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego lub wapna,
- ustalenie zawartości dodatków ulepszających,
- oznaczanie gęstości (ciężaru właściwego) kruszywa,
- oznaczanie gęstości pozornej i wilgotności optymalnej mieszanki kruszywa z popiołami lotnymi,
- wstępne ustalenie składu mieszanki,
- obliczanie ilości składników na 1 m³ mieszanki,
- wykonanie próbek,
- przechowywanie próbek,
- oznaczanie wytrzymałości na ściskanie,

m) ustalenie ostatecznego składu mieszanki.

3.2.6.2. Ustalenie krzywej uziarnienia kruszywa. Krzywa uziarnienia kruszywa powinna się mieścić w granicach uwidoczonych na rysunku.

Ustalenie odpowiednich proporcji materiałów dla uzyskania wymaganej ciągłości uziarnienia wg rysunku należy ustalać analogicznie jak przy doborze mieszanki optymalnej.

W przypadku np. piasku równoziarnistego można go doziarniać w górnej części pospółką lub żwirem, bądź w dolnej części popiołami lotnymi nawet frakcji grubszej. Do tego celu dopuszcza się stosowanie popiołów lotnych z węgla kamiennego z hałd.

3.2.6.3. Ustalenie optymalnej zawartości popiołów lotnych z węgla kamiennego można przeprowadzić w dwojaki sposób:

a) jako uzupełnienie kruszywa w celu uzyskania ciągłości uziarnienia mieszającego się w jednym z przedziałów uziarnienia wg rysunku w tym przypadku dopuszcza się zawartość popiołów w granicach 20÷45%;

b) jako wypełnienie porów kruszywa mieszającego się w jednym z przedziałów uziarnienia podanego na rysunku wg wzoru

$$p_k = 100 \frac{\varrho^k - \varrho_{ps \max}^k}{\varrho^k} \left(\frac{\varrho_{ps \max}^{pk}}{\varrho_{ps \max}^k} \right) \quad (1)$$

Procentowa zawartość popiołów lotnych z węgla kamiennego (p_k) dla kruszywa o uziarnieniu ciągłym może wynosić 10÷25%, a o uziarnieniu nieciągłym 20÷35%.

3.2.6.4. Ustalenie optymalnej zawartości aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego lub wapna. Do sporządzania próbnych mieszanek przyjmuje się orientacyjnie zawartość 5÷12% aktywnych popiołów lotnych z węgla brunatnego lub 4÷10% wapna, przy czym ostateczną ilość ustala się na podstawie wyników wytrzymałości próbek na ściskanie.

3.2.6.5. Ustalenie zawartości dodatków ulepszających. Dodatki ulepszające należy przyjmować orientacyjnie w ilościach określonych w 2.2.1 e), przy czym dodatek asfaltu upłynnionego lub emulsji asfaltowej należy stosować dla zmniejszenia nasiąkliwości i zwiększenia odporności na zamrażanie-odmrażanie betonu popiołowego, a pozostałe dodatki, jak: cement, chlorek wapnia bądź wodorotlenek sodu — w celu przyspieszenia twardnienia i podwyższenia wytrzymałości szczególnie w okresach, gdy temperatury powietrza mogą spadać poniżej 10°C.

3.2.6.6. Oznaczanie gęstości (ciężaru właściwego) kruszywa. Gęstość kruszywa należy oznaczać wg PN-66/B-04100.

3.2.6.7. Oznaczanie gęstości pozornej i wilgotności optymalnej mieszanki kruszywa z popiołami lotnymi. Oznaczanie wilgotności optymalnej w_{opt}^m i maksymalnej gęstości pozornej $\varrho_{ps \max}^m$ mieszanki ustalonej wg 3.2.6.8 a) należy wykonać wg PN-75/B-04481 stosując cylinder typu A przy kruszywie z przedziału I wg rysunku lub cylinder typu B przy kruszywie z przedziału II wg rysunku i normalną metodą zagęszczania.

W przypadku konieczności przyspieszenia badań oznaczenia gęstości pozornej wysuszonych składników mieszanki, tj. kruszywa, popiołów lotnych z węgla kamiennego, popiołów lotnych z węgla brunatnego można określać wg PN-75/B-04481 w cylindrze znanej objętości po maksymalnym zagęszczeniu przez wibrację osobno dla każdego z badanych materiałów.

3.2.6.8. Wstępne ustalenie składu mieszanki. Wstępny skład mieszanki należy ustalić na podstawie wyników oznaczenia wytrzymałości R_3^t na próbkach o przyspieszonym dojrzewaniu wykonanych dla kilku mieszanek.

Do każdego rodzaju badań wytrzymałościowych należy wykonać po 3 próbki, do pełnych zatem badań, obejmujących oznaczenie: R_3^t , R_{14}^m , R_{42}^m i R_{42}^{zo} należy wykonać serię składającą się z 12 próbek.

Ustalenie wstępne procentowego składu mieszanki należy przeprowadzać w sposób następujący:

a) Mając ustalony procentowy udział kruszywa oraz popiołów lotnych z węgla kamiennego, np. kruszywa $k\%$ i popiołów lotnych z węgla kamiennego $p_k\%$, i chcąc wprowadzić $p_b\%$ popiołów lotnych z węgla brunatnego — zmniejszony procentowy udział poprzednich dwóch składników (k' i p'_k) należy obliczyć wg następujących wzorów:

$$k' = k \left(1 - \frac{p_b}{100} \right) \quad (2)$$

$$p'_k = p_k \left(1 - \frac{p_b}{100} \right) \quad (3)$$

W przypadku wprowadzenia do mieszanki oprócz popiołów również dodatku cementu w ilości $c\%$, skorygowaną ilość kruszywa (k'') oraz popiołów lotnych z węgla kamiennego (p''_k) należy obliczać wg następujących wzorów:

$$k'' = k \left(1 - \frac{p_b + c}{100} \right) \quad (4)$$

$$p''_k = p_k \left(1 - \frac{p_b + c}{100} \right) \quad (5)$$

b) Procentową optymalną zawartość wody w_{opt}^m dla mieszanki należy oznaczać wg 3.2.6.7.

Uwzględniając naturalną wilgotność mieszanki w_n^m , potrzebny procentowy dodatek wody w_1^m należy obliczyć ze wzoru

$$w_1^m = w_{\text{opt}}^m - w_n^m \quad (6)$$

Przy wprowadzaniu do mieszanki dodatku asfaltu upłynnionego lub emulsji asfaltowej $a\%$, potrzebny procentowy dodatek wody w_2^m oblicza się ze wzoru

$$w_2^m = w_{\text{opt}}^m - \frac{a}{2} \quad (7)$$

c) Przy stosowaniu do mieszanki chlorku wapnia lub wodorotlenku sodu, sole te należy rozpuszczać w wodzie i wprowadzać łącznie z wodą wynikającą z ustalonej wartości w_{opt}^m , skorygowanej jedynie z uwagi na parowanie wody.

3.2.6.9. Obliczanie ilości składników na 1 m³ mieszanki. Skład ramowy na 1 m³ mieszanki w kg oblicza się następująco:

a) kruszywo — wg wzoru

$$K = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot k \left(1 + \frac{w_n^k}{100} \right) \quad (8)$$

b) popioły lotne z węgla kamiennego — wg wzoru

$$P_k = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot p_k \left(1 + \frac{w_n^{pk}}{100} \right) \quad (9)$$

c) popioły lotne z węgla brunatnego — wg wzoru

$$P_b = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot p_b \left(1 + \frac{w_n^{pb}}{100} \right) \quad (10)$$

d) dodatek cementu — wg 3.2.6.8,

e) woda — wg wzoru

$$W = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot (w_{\text{opt}}^m - w_n^m) \quad (11)$$

W przypadku stosowania do mieszanki dodatku asfaltu upłynnionego lub emulsji asfaltowej, ilość wody W' należy obliczyć ze wzoru

$$W' = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot \left(w_{\text{opt}}^m - w_n^m - \frac{a}{2} \right) \quad (12)$$

f) Dodatek chlorku wapnia lub wodorotlenku sodu należy obliczyć w kg wg wzoru

$$CH = 10 \varrho_{\text{ps max}}^m \cdot ch \quad (13)$$

3.2.6.10. Wykonanie próbek. Ustalone ilości składników betonu popiołowego należy wymieszać aż do uzyskania jednorodnej mieszanki w następującej kolejności:

- mieszanie „na sucho” lub przy wilgotności naturalnej kruszywa z popiołami lotnymi z węgla kamiennego, a następnie z popiołami lotnymi z węgla brunatnego lub z wapnem;
- mieszanie po ewentualnych dodatkach ulepszających „na sucho”, np. przy dodatku cementu, lub „na mokro”, gdy dodatki ulepszające są rozpuszczane w wodzie — np. przy dodatku wodorotlenku sodu lub chlorku wapnia;

- mieszanie składników mieszanki z wodą;
- mieszanie z ewentualnym dodatkiem asfaltu upłynnionego lub emulsji asfaltowej.

Zagęszczanie mieszanki w formach do próbek należy rozpocząć po upływie dwóch godzin od chwili wymieszania składników z wodą.

Przygotowaną mieszankę należy zabezpieczyć przed wysychaniem.

Próbki formuje się w postaci walców o wymiarach $d=h=8$ cm.

Maksymalne średnice ziarn kruszywa nie powinny być większe od $1/4$ średnicy próbki, tzn. niż 20 mm. Ziarna o wymiarach większych niż 20 mm powinny być zastąpione ziarnami frakcji 10÷20 mm.

Próbki należy zagęszczać dynamicznie przy wilgotności optymalnej mieszanki metodą normalną wg PN-75/B-04481 przy użyciu energii 6000 kG·cm/dm³.

Ubijanie mieszanki należy przeprowadzać dwoma warstwami po 15 uderzeń na każdą warstwę, przy czym po zagęszczeniu pierwszej warstwy, a przed wsypaniem porcji mieszanki na drugą warstwę, powierzchnię pierwszej, ubitej warstwy należy wzruszyć na głębokość około $1/2$ cm, w celu lepszego zespolenia warstw.

3.2.6.11. Przechowywanie próbek. W zależności od rodzaju badanej wytrzymałości, próbki należy przechowywać jak następuje:

a) Przy oznaczaniu wytrzymałości R_3^t — 3 próbki po uformowaniu umieszcza się w szczelnie zamkniętych pudełkach metalowych i po dwóch godzinach od uformowania przechowuje się je przez następne 42 h w suszarce w temperaturze $60 \pm 2^\circ\text{C}$. Po tym okresie pudełka z próbkami studzi się bez zdejmowania pokrywek do temperatury pokojowej przez 4 h, a następnie wyjmuje się z pudełek i na 24 h zanurza w wodzie o temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$ w celu nasycenia ich przed ścisaniem w prasie.

Należy zwracać szczególną uwagę na dokładne utrzymanie temperatury oraz czas przechowywania próbek w suszarce.

b) Przy oznaczaniu wytrzymałości R_{14}^m — 3 próbki przechowuje się przez 13 dob w temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$ z zabezpieczeniem przed wyschnięciem w szczelnie zamkniętej komorze, w warunkach powietrzno-wilgotnych, ustawiając je z tacą na perforowanej półce umieszczonej nad wodą, a następnie próbki zanurza się całkowicie na 24 h w wodzie o temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

c) Przy oznaczaniu wytrzymałości R_{42}^m — 2 próbki przechowuje się przez 28 dob z zabezpieczeniem przed wyschnięciem jak w b), a następnie próbki zanurza się całkowicie na 14 dob w wodzie o temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Dopuszcza się również zabezpieczenie próbek przed wyschnięciem przez ich oparafinowanie po upływie 14 dob twardnienia w warunkach powietrzno-wilgotnych w szczelnej komorze jak w b).

d) Przy oznaczaniu wytrzymałości R_{42}^{zo} — 3 próbki przechowywane przez 28 dob, z zabezpieczeniem przed wyschnięciem jak w c), a następnie poddaje się je czternastu cyklom zamrażania-odmrażania. Cykl zamrażania-odmrażania polega na siedmiodzinnym zamrażaniu w temperaturze $-23 \pm 2^\circ\text{C}$ próbek wyjętych z wody i siedemnastogodzinnym odmrażaniu próbek całkowicie zanurzonych w wodzie o temperaturze $+18 \pm 2^\circ\text{C}$. Przed pierwszym cyklem zamrażania, próbki należy wstawić do wody na jedną godzinę.

3.2.6.12. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie. Po każdym ze sposobów przechowywania, próbki poddaje się badaniom wytrzymałości na ściskanie wzdłuż kierunku osi walca, z zastosowaniem podkładek elastycznych przy powierzchniach dociskowych. Ciśnienie wywierane na próbkę powinno wzrastać z szybkością $2 \div 3 \text{ kG/cm}^2$ na sekundę.

Wytrzymałość na ściskanie próbek (R) określa się w kG/cm^2 (MN/m^2) wg wzoru

$$R = \frac{P}{F} \quad (14)$$

w którym:

P — siła niszcząca, kG (MN),

F — pole przekroju poprzecznego próbki, cm^2 (m^2).

Wytrzymałość betonu popiołowego oblicza się z dokładnością do 1 kG/cm^2 ($0,1 \text{ MN/m}^2$) jako średnią arytmetyczną trzech wyników. Przy obliczaniu średniej arytmetycznej należy odrzucić wynik niższy lub wyższy o 20% od tej średniej i wyznaczyć średnią arytmetyczną pozostałych wyników.

3.2.6.13. Ustalenie ostatecznego składu mieszanki. Ostateczny skład mieszanki ustala się na podstawie wyników wytrzymałościowych próbek na ściskanie (R_{42}^m) oraz odporności próbek na zamrażanie-odmrażanie (R_{42}^{zo}) z uwzględnieniem wymagań określonych w 2.2.2.

3.3. Badania w czasie budowy

3.3.1. Zakres badań. Badania w czasie budowy obejmują sprawdzenie:

- zagęszczenia podłoża,
- uziarnienia i wilgotności kruszywa oraz jakości aktywnych popiołów lotnych,
- wskaźnika zagęszczenia mieszanki,
- wytrzymałości na ściskanie betonu popiołowego,
- grubości warstwy betonu popiołowego,
- szerokości podbudowy,
- prawidłowości profilu podłużnego i poprzecznego.

3.3.2. Sprawdzenie zagęszczenia podłoża. Zagęszczenie podłoża należy sprawdzać na każdej dziennej działce roboczej przynajmniej w dwóch miejscach. Kontrolę należy przeprowadzać bezpośrednio przed układaniem masy.

Badanie maksymalnej gęstości pozornej (maksymalnego ciężaru objętościowego szkieletu gruntu) wg PN-75/B-04481 powinno objąć każdą dzienną działkę roboczą przy użyciu materiału pobranego z dołków próbnych.

3.3.3. Sprawdzenie uziarnienia i wilgotności kruszywa oraz jakości aktywnych popiołów lotnych. Uziarnienie i wilgotność kruszywa sprawdza się raz dziennie pobierając średnią próbkę laboratoryjną o masie co najmniej 5 kg z kosza zasypowego betoniarki.

Jakość aktywnych popiołów lotnych należy sprawdzać dla każdej dostarczonej partii popiołów wg BN-71/8933-10.

3.3.4. Sprawdzenie wskaźnika zagęszczenia mieszanki wykonuje się w jednym miejscu na dziennej działce roboczej. Bezpośrednio po zakończeniu zagęszczenia należy w ułożonej warstwie wykonać otwór o objętości co najmniej 2 dm^3 . Wybraną mieszankę należy zważyć, oznaczyć wilgotność próbki, a objętość otworu pomierzyć piaskiem kalibrowanym lub inną sprawdzoną metodą.

Wskaźnik zagęszczenia (W_z) oblicza się w procentach wg wzoru

$$W_z = \frac{\rho_{ps}^m}{\rho_{ps \max}^m} \cdot 100 \quad (15)$$

3.3.5. Sprawdzenie wytrzymałości na ściskanie. Bezpośrednio przed wbudowaniem mieszanki należy z dziennej działki roboczej pobrać serię sześciu próbek walcowych o średnicy i wysokości 8 cm . Probki należy formować i przechowywać zgodnie z 3.2.6.10 i 3.2.6.11.

Z każdej serii należy poddać badaniu 3 próbki po trzech dobach i 3 próbki po 42 dobach. Wytrzymałość na ściskanie R_3^m i R_{42}^m określa się wg 3.2.6.12.

3.3.6. Sprawdzenie grubości warstwy wykonuje się w miejscach badania wskaźnika zagęszczenia. W przypadku większych różnic niż podane w 2.3.2 należy sprawdzić dodatkowo grubość w dwóch miejscach.

3.3.7. Sprawdzenie szerokości podbudowy wykonuje się przez pomiar co najmniej w trzech miejscach na dziennej działce roboczej.

3.3.8. Sprawdzenie prawidłowości profilu podłużnego i poprzecznego. Sprawdzenie prawidłowości profilu podłużnego przeprowadza się wg BN-68/8931-04, a profilu poprzecznego w 10 miejscach na każdym hektometrze łątą profilową i poziomnicą.

3.4. Badania odbiorcze

3.4.1. Zakres badań. Badania odbiorcze polegają na sprawdzeniu:

- a) technicznych dokumentów budowy,
- b) grubości warstwy betonu popiołowego, szerokości podbudowy oraz prawidłowości profilu podłużnego i poprzecznego.

3.4.2. Sprawdzenie technicznych dokumentów budowy. Przy odbiorze należy sprawdzić następujące techniczne dokumenty budowy:

- a) projekt techniczny,
- b) dziennik budowy,

- c) dokumentację badań laboratoryjnych,
- d) dokumentację badań podbudowy, jeżeli była prowadzona osobno.

3.4.3. Sprawdzenie grubości i szerokości podbudowy oraz prawidłowości profilu. W czasie odbioru należy sprawdzić co najmniej:

- a) grubość — w dwóch miejscach na każdym kilometrze wg 3.3.6,
- b) szerokość — w trzech miejscach na każdym kilometrze,
- c) profil poprzeczny raz na każdym hektometrze łąką profilową z poziomnicą, a profil podłużny wg BN-68/8931-04.

K O N I E C

Informacje dodatkowe

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Badawczy Dróg i Mostów.

2. Normy i dokumenty związane

PN-66/B-04100 Materiały kamienne. Badanie gęstości porowej (ciężaru objętościowego), gęstości (ciężaru właściwego), porowatości i szczelności

PN-73/B-04300 Cement. Oznaczanie cech fizycznych

PN-73/B-04302 Cement. Metody badań. Oznaczanie wytrzymałości

PN-75/B-04481 Grunty budowlane. Badania laboratoryjne

PN-66/B-06714 Kruszywo mineralne. Kruszywo kamienne budowlane. Badania techniczne

PN-63/B-06731 Żużel wielkopiecowy kawałkowy. Kruszywo budowlane i drogowe. Badania techniczne

PN-64/B-23004 Żużel wielkopiecowy kawałkowy. Kruszywo drogowe i budowlane

PN-74/B-30000 Cement portlandzki

PN-75/C-04630 Woda do celów budowlanych. Wymagania i badania

PN-75/C-84127 Chlorek wapniowy techniczny

PN-70/C-96171 Przetwory naftowe. Asfalt upłynniony AUG do stabilizacji gruntów

BN-76/6715-01 Wapno niegaszone

BN-76/6715-16 Wapno suchogaszone

BN-69/6722-01 Kruszywo mineralne. Naturalne kruszywo budowlane. Łupkoporyt ze zwałów

BN-63/6722-02 Drogi samochodowe. Popioły lotne do stabilizacji gruntu

BN-76/6722-04 Kruszywa mineralne. Lekkie kruszywo budowlane. Keramzyt

BN-64/6722-07 Kruszywo lekkie. Agloporyt z popiołów lotnych

BN-71/6771-02 Masy bitumiczne. Asfaltowe emulsje kationowe

BN-66/6774-01 Kruszywo naturalne do nawierzchni drogowych i kolejowych. Żwir i pospółka

BN-74/6774-02 Kruszywo mineralne. Kruszywo kamienne łamane do nawierzchni drogowych i kolejowych

BN-73/6774-04 Kruszywo mineralne. Kruszywo naturalne drobne drogowe

BN-64/8931-02 Drogi samochodowe. Oznaczenie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążanie płytą

BN-68/8931-04 Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łątą

BN-70/8931-06 Drogi samochodowe. Pomiar ugięć nawierzchni podatnych ugięciomierzem belkowym

BN-73/8931-10 Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika aktywności pucolanowej popiołów lotnych z węgla kamiennego

BN-71/8933-10 Drogi samochodowe. Podbudowa z gruntów stabilizowanych aktywnymi popiołami lotnymi

WP-DP-20 Wytyczne projektowania drogowych nawierzchni podatnych. Zatwierdzone zarządzeniem nr 17 Ministra Komunikacji (Dziennik Budownictwa nr 8 z dnia 11 lipca 1966 r.)

3. Autor projektu normy — doc. dr inż. Jan Pachowski — Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa.

4. Moduły odkształcenia podbudowy określone wg BN-64/8931-02 powinny być większe niż:

a) 800 kG/cm² (80 MN/m²) dla dolnej warstwy podbudowy,

b) 1500 kG/cm² (150 MN/m²) dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu lekkim i lekko średnim,

c) 2000 kG/cm² (200 MN/m²) dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu średnim i ciężkim,

d) 2500 kG/cm² (250 MN/m²) dla górnej warstwy podbudowy przy ruchu bardzo ciężkim.

Oznaczanie modułów odkształcenia na podbudowie z betonów popiołowych należy przeprowadzać po upływie co najmniej 30 dni od dnia ich wykonania i przy temperaturze dojrzewania powyżej 15°C. W przypadku temperatur niższych niż 15°C badania należy przeprowadzać po kilkumiesięcznych okresach twardnienia mieszanek.

5. Ugięcia górnej warstwy podbudowy mierzone ugięciomierzem belkowym należy określać zgodnie z BN-70/8931-06 po okresach twardnienia mieszanki jak w Informacjach dodatkowych p. 4.